



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Artur Borges de Seixas

ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA PROVENIENTE DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO PARA FINS NÃO POTÁVEIS

**Palmas – TO
2016**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Artur Borges de Seixas

ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA PROVENIENTE DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCCII) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor MSc. José Geraldo Delvaux Silva.

**Palmas – TO
2016**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

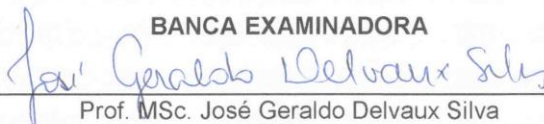
COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Artur Borges de Seixas

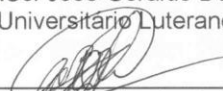
ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA PROVENIENTE DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO PARA FINS NÃO POTÁVEIS


Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor MSc. José Geraldo Delvaux Silva

BANCA EXAMINADORA



Prof. MSc. José Geraldo Delvaux Silva
Centro Universitário Luterano de Palmas


Prof. MSc. Joaquim José de Carvalho
Centro Universitário Luterano de Palmas


Profª. MSc. Walkíria Régis de Medeiros
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas – TO
2016

*Aos meus pais, **Adeilze Borges de Melo Seixas** e **Wilson Charles Sousa de Seixas**, por todo amor e incentivo recebidos para ir em busca da realização dos meus objetivos profissionais.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, **Wilson Charles Sousa de Seixas**, a minha mãe, **Adeilze Borges de Melo Seixas** e ao meu irmão, **Yuri Borges Seixas**, por todo apoio e força recebidos ao longo desta jornada. Serei eternamente grato a vocês.

A minha namorada, **Celina Borges das Neves**, pela atenção que lhe faltei durante o tempo dedicado ao estudo.

A empresa **Ortomaq**, que abrigou tantas noites de estudo.

Ao meu Orientador, **Prof. MSc. José Geraldo Delvaux Silva**, pelo conhecimento compartilhado, dedicação e paciência em me conduzir pelos caminhos do aprendizado, principalmente na elaboração desse trabalho monográfico.

Aos **amigos e colegas** de curso, companheiros desta jornada inesquecível.

A amiga **Animércia**, pelos conselhos na produção do material monográfico.

A Deus pela oportunidade de vivenciar tamanha experiência e acreditar na concretização dos meus sonhos.

Muito obrigado.

“O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”.

Fernando Pessoa

RESUMO

A água é um elemento de fundamental importância à vida e indispensável às atividades humanas. Embora, o Brasil seja potencialmente rico em recursos hídricos, as últimas décadas têm sido marcadas por graves problemas advindos da sua escassez, haja vista que as grandes metrópoles já vivenciam situações de falta de água. Mediante este cenário, a engenharia tem o importante papel de criar mecanismos de aproveitamento e reaproveitamento de água de diversas formas, como exemplo a água gerada pelos sistemas de refrigeração de ar-condicionado, que podem ser aproveitadas para fins não potáveis. Diante desta realidade, são necessárias medidas preventivas que visem o consumo responsável da água e o combate aos desperdícios, como a reutilização da água, para diversos fins. Este estudo teve por objetivo geral analisar a possibilidade de aproveitamento da água proveniente de sistema de refrigeração de ar para fins não potáveis. E como objetivos específicos analisar os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água proveniente de sistema de refrigeração; além de verificar por meio de análise microbiológica: coliformes totais e termotolerantes, se a água proveniente do sistema de refrigeração de ar é aceitável para uso de irrigação de hortaliças, plantas ornamentais e outros fins não potáveis; e ainda comparar com os padrões de potabilidade da Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde. Para alcançar os objetivos propostos, a técnica de pesquisa empregada foi a descritiva dedutiva, buscando-se analisar a possibilidade de aproveitamento da água proveniente de sistema de refrigeração para fins não potáveis. Os resultados totais obtidos com as análises físico-químicas da água proveniente do sistema de refrigeração de ar-condicionado apresentaram um grau de 95% de confiabilidade para potabilidade da água.

Palavras-Chaves: Água. Ar-Condicionado. Desperdício. Escassez. Reutilização.

ABSTRACT

Water is an element of fundamental importance to life and indispensable to human activities. Although Brazil is potentially rich in water resources, the last decades have been marked by serious problems arising from their scarcity, given the large cities already experiencing situations of lack of water. Through this scenario, the engineering has an important role to create utilization mechanisms and water reuse in different ways, for example the water generated by the air-conditioning cooling systems, which can be utilized for non-potable purposes. Given this reality, preventive measures are needed that address responsible water consumption and combating waste, as the reuse of water for various purposes. This study had the main objective to analyze the possibility of using the system from cooling water for non-potable purposes. And as specific objectives analyze the physical, chemical and biological parameters of water from cooling system; besides checking through microbiological analysis: total and fecal coliforms, the water from the air cooling system is acceptable for use in irrigation of vegetables, ornamental plants and other non-potable purposes; and even compare with potability standards of Ordinance No. 2914 of 12 December 2011, the Ministry of Health. To achieve the proposed objectives, the search technique employed was deductive descriptive, seeking to analyze the possibility of using the water from cooling system for non-potable uses. The overall results obtained with the physical and chemical analyzes of water from the air-conditioning cooling system showed a degree of 95% reliability for water potability.

Keywords: *Water. Air conditioning. Waste. Scarcity. Reusability.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APHA	<i>American Public Health Association</i>
DQOI	Demanda Química de Oxigênio
FNS	Fundação Nacional de Saúde
IFTO	Instituto Federal do Tocantins
MS	Ministério da Saúde
OD	Oxigênio Dissolvido
<i>pH</i>	Potencial Hidrogeniônico
PURA	Programa de Uso Racional de Água
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SP	Solos Sedimentares
UFT	Universidade Federal do Tocantins
WRAC	<i>Window Room Air Conditioner</i>

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise dos Parâmetros Físico-Químicos da Água proveniente de refrigeração	34
Tabela 2: Metais e Análises Microbiológicas	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	13
1.1.1 Objetivo Geral	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Água	14
2.2 Estimativa de Demanda Industrial de Água Potável	15
2.3 Escassez de água nas grandes metrópoles	16
2.4 Ar condicionado	17
2.5 Água proveniente de sistema de refrigeração de ar (ar-condicionado)	18
2.6 Uso Racional da Água	18
2.7 Características Química, Física e Biológicas da Água	19
2.7.1 Características Químicas da Água	20
2.7.2 Características Físicas da Água.....	23
3 METODOLOGIA	27
3.1 Caracterização da Área de Estudo	27
3.2 Levantamento dos Dados	28
3.3 Procedimentos para Coleta de Amostras	28
3.4 Metodologia das Análises	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1 Análises dos Parâmetros Físicos, Químicos e Biológicos da Água Proveniente de Refrigeração	32
4.2 Verificação da Análise Microbiológica da água proveniente do Sistema de Refrigeração de Ar-Condicionado.....	36
4.3 Comparação dos padrões de potabilidade, segundo a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais essencial à vida e como recurso natural deve estar disponível em quantidade e qualidade suficientes para a população mundial (CARVALHO, 2008).

Atualmente, apenas 2,5 por cento de toda água existente no planeta é água doce e 68,9% da água doce estão congeladas em calotas polares do Ártico, Antártica e nas regiões montanhosas. A água subterrânea compreende 29,9% do volume total de água doce do planeta, somente 0,266% da água doce representa toda a água dos lagos, rios e reservatórios. Todo o restante, ou seja, 97,5% é água salgada (TOMAZ, 2002).

Nesse contexto, estudos realizados indicam que ao longo do tempo, a utilização da água pelo homem como consumo pessoal e de industrialização, tornou este recurso natural mais escasso e poluído. Além disso, a quantidade de água disponível e qualidade adequada têm componentes que são fundamentais para a economia regional, continental e mundial (TUNDISI, 2003).

A escassez de água nos grandes centros urbanos e em algumas metrópoles, já é um fato comprovado em todos os períodos de estiagem, piorando ano a ano conforme se vê em noticiários e diversos outros meios de comunicação. Sendo, em muitos casos, necessário o racionamento da água para distribuição pelas concessionárias responsáveis pelo abastecimento de água e Companhias de Saneamento básico.

O Ministério da Saúde aponta que na maioria dos casos, as doenças são contraídas pelo consumo de água dentro das residências, ocasionando grande número de internações hospitalares em decorrência do consumo de água de má qualidade, seja para beber ou para uso direto doméstico como tomar banho, molhar hortaliças, entre outros fins. Considerando a qualidade da água exigida pelo Ministério da Saúde para consumo, este estudo teve o seguinte problema de pesquisa: A água proveniente de sistema de refrigeração pode ser utilizada para fins não potáveis?

A realização deste estudo é de grande relevância acadêmica e social, haja vista que um dos grandes problemas que afetam a sociedade atual refere-se à

escassez da água em função do elevado consumo pelo contingente populacional e principalmente, devido ao desperdício.

A água é um elemento de fundamental importância para a vida humana, sendo, portanto, indispensável ao desenvolvimento das atividades tanto no aspecto pessoal, como também nos setores industrial e comercial. Além disso, é essencial à manutenção da flora e fauna. No entanto, as últimas décadas têm sido marcadas por grandes problemas sociais advindos da sua escassez.

Nesse sentido, verifica-se que embora o Brasil seja potencialmente rico em recursos hídricos, nas grandes metrópoles se vivencia situações de falta de água e a engenharia entra nesse momento com o importante papel de criar mecanismos de aproveitamento e reaproveitamento de água de diversas formas.

Desta maneira, vale lembrar que o processo de urbanização no país foi em decorrência do êxodo rural principalmente a partir da década de 1970, o que acarretou diversos problemas relacionados à questão da água. Dentre os principais estão o aumento no consumo de água e maior poluição ambiental, visto que atualmente, tem-se um grande incremento de águas residuárias de diversas origens.

Em vista desta realidade, o Ministério da Saúde alerta a população para o fato de que “mais de 40%, das doenças são contraídas pelo consumo de água imprópria que ocorre dentro das residências” (BRASIL/MS, 2015). Além disso, 65% das internações hospitalares são decorrentes de água de má qualidade. Esta constatação decorre de que apenas 51,3% das residências brasileiras têm saneamento básico.

Tendo em vista os desperdícios ora praticados, como exemplo a água gerada pelos sistemas de refrigeração (ar condicionados) que poderiam ser aproveitadas para fins não potáveis, se coletadas e armazenadas de forma adequada e distribuídas atendendo as necessidades de uso se evitaria o desperdício.

Diante desta realidade faz-se necessário como medida preventiva que se planeje o consumo responsável da água e o combate aos desperdícios. E uma das medidas urgentes a se adotar é a possibilidade de reutilização da água, para diversos fins. Em função do exposto, este estudo teve como principal foco, propor alternativas viáveis de reaproveitamento da água, para outros fins.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a possibilidade de aproveitamento da água proveniente de sistema de refrigeração de ar, para fins não potáveis.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água proveniente de refrigeração;
- Verificar por meio de análise microbiológica: coliformes totais e termotolerantes, se a água proveniente do sistema de refrigeração de ar é aceitável para uso de irrigação de hortaliças, plantas ornamentais e outros fins não potáveis;
- Comparar com os padrões de potabilidade segundo a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde.



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Água

A água é composta por três átomos, sendo dois de Hidrogênio (H) e um de Oxigênio (O). A água ocupa cerca de 75% da superfície do planeta, sendo estimado em $1,36 \times 10^9$ a $1,46 \times 10^9$ km³ o volume de água existente (LIBÂNIO, 2010).

Além de ser uma das substâncias mais abundantes do planeta, a água também é encontrada em três estados físicos: sólido (geleiras), líquido (oceanos e rios), e gasoso (vapor d'água na atmosfera) (FRANCISCO, 2002).

Costa (2010) alerta que embora a Terra possua quase toda sua extensão ocupada por água, a maior parte desse volume corresponde à água salgada e uma menor parcela de água doce, sendo que o maior percentual dessa água doce se concentra nas calotas polares e geleiras.

As águas doces são assim denominadas as águas terrestres que têm uma salinidade muito baixa, sendo que a sua principal fonte é a chuva, que é a água quase pura, pois contém apenas uma pequena quantidade de oxigênio e de dióxido de carbono (CO₂) em solução (GOMES & CLAVICO, 2005).

Em comparação com a água doce, a água dos mares e oceanos contém grandes quantidades de sais, embora tal salinidade não seja igual em todos eles. A maior salinidade registrada encontra-se no Mar Vermelho, com 39 gramas por litro, e a menor, a do Mar Báltico, com 30 gramas por litro. Dentre os elementos dissolvidos na água do mar, existem seis que perfazem mais de 99% da massa dos sais: cloro, sódio, enxofre (sob a forma de íon sulfato), magnésio, cálcio e potássio. O cloreto de sódio (NaCl) corresponde a 77% dos sais contidos na água do mar, dando-lhe assim um sabor salgado (GOMES & CLAVICO, 2005).

A grande demanda de água para as atividades sociais e econômicas da humanidade provém dos rios e lagos de água doce, que somam apenas cerca de 200.000 Km³. Diante desse fato há uma preocupação de especialistas e estudiosos para a crise da água, pois estatisticamente é possível que o volume da água se esgote em 30 ou 40 anos, isso devido ao alto crescimento populacional Segundo (COSTA, 2010).

O Brasil é considerado o quinto no mundo em extensão territorial, com uma área de 8.547.403 Km², ocupando 20,8% do território das Américas e 47,7% da América do Sul, e ainda possui 55.457 Km² de água doce, o que equivale a 1,66% da superfície do planeta, sendo também considerado um país rico em recursos hídricos, detém aproximadamente 12% de toda a água doce do mundo, possuindo uma disponibilidade hídrica de 35.732m³/hab/ano. No entanto, esta água não está distribuída de forma homogênea a toda a população do território nacional(NUNES, 2006).

2.2 Estimativa de Demanda Industrial de Água Potável

O setor industrial demanda o uso de muita água seja para funcionamento dos seus sistemas de utilidades (resfriamento, caldeiras etc.), como também para fins sanitários.

Segundo CNI (2013), no processo de fabricação de artefatos de concreto, cimento, fibrocimento, gesso e materiais semelhantes, é utilizado um coeficiente técnico de uso de água (m³/unidade de atividade) de 0,25 no consumo [...] nas indústrias o consumo de água em bacias sanitárias chega a 70l/operário/dia. É que grande parte de água potável é utilizada para outros fins menos nobres como, lavagem de pisos, rega de jardim e outros (WEIERBACHR, 2008).

Pode-se considerar positivo o uso de água para fins não potáveis em locais como escolas, prédios públicos e até mesmo em indústrias, podendo ser armazenada para uso posterior e utilizada em torres de resfriamento. Nesse caso, o processo produtivo pode responder por mais de 50% do consumo.

2.3 Escassez de água nas grandes metrópoles

Os alertas e a consciência de que a água deve ser economizada por se tratar de um recurso finito e que não é tão abundante quanto pode parecer, é uma noção que só começou a ser difundida nos últimos anos, na medida em que os racionamentos se tornaram urgentes e necessários. Entretanto, existem vários meios de diminuir o uso desenfreado da água, uns mais complexos e outros mais simples, como a do reuso da água condensada dos condicionadores de ar, gerando vários benefícios, dentre os quais o ambiental e financeiro (BRITO, 2014).

Na perspectiva de Barros (2005), a importância da água é indiscutível para a sobrevivência da humanidade, mas passou a ser realmente percebida quando esse recurso ambiental já não mais vinha sendo encontrado em abundância naqueles locais onde, tradicionalmente, a sua falta nunca fora sentida antes.

A água é essencial para a sobrevivência humana e de praticamente todos os organismos existentes no planeta, é primordial na qualidade do equilíbrio ecológico e ambiental, além de exercer grande importância no desenvolvimento socioeconômico (SILVA et al, 2013).

Na avaliação de Miranda (2003), os vegetais e os animais, inclusive o homem, necessitam de água o suficiente e limpa em determinados locais e em certas épocas, para poderem viver e reproduzirem. Mas, além destas necessidades naturais, o homem ainda tem suas necessidades domésticas e industriais, que sem a água não seria possível no padrão atual.

Nunes (2006) o ambiente urbano sofre também as pressões da crescente demanda de água decorrente do aumento populacional, da intensificação das indústrias, indústrias, edificações, entre outros, de um modo geral, provocam desperdícios de água por vazamentos nos sistemas hidráulicos, peças sanitárias, uso de condicionamentos de ar. A causa desses elevados volumes de água utilizada e desperdiçada no sistema, muitas vezes, é decorrente de concepções inadequadas de projeto, de procedimentos incorretos de manutenção e maus hábitos dos usuários.

2.4 Ar condicionado

Segundo Stoecker e Jones (1985), “ar condicionado é definido como o processo de condicionamento de ar, objetivando o controle de sua temperatura, umidade, pureza e distribuição no sentido de proporcionar conforto aos ocupantes do recinto condicionado”.

O condicionador de ar é um aparelho que tem como objetivo tratar do ar de um ambiente, proporcionando condições de temperatura e umidade ideais para o ser humano. Projetado para proporcionar conforto térmico a um ambiente fechado e para ser instalado em janelas, paredes, casas de máquinas, etc., compõe-se de um sistema de refrigeração e desumidificação com circulação e filtragem do ar, podendo, ainda, incluir renovação do ar e aquecimento (GONÇALVES, 2005).

Existem hoje no mercado diversos tipos de ar condicionado, que podem ser adequados conforme o ambiente:

- ✓ Ar condicionado tipo Janela também é chamado de WRAC (*WindowRoom Air Conditioner*).
- ✓ Ar-condicionado do tipo Hi-Wall também chamado de split que permite a instalação na parede.
- ✓ Ar-condicionado Split Cassete que possui até quatro vias para a saída do ar e pode ser instalado no teto ou no forro.
- ✓ Ar-condicionado Split Piso-teto é um modelo que traz a possibilidade de ser instalado no piso ou no teto e conta com um forte desempenho para refrigeração.
- ✓ Ar Condicionado Dutado ou Split Built indicado para ambientes de carga térmica elevada, climatizar vários ambientes simultaneamente, ambientes que necessitem de uma melhor distribuição do ar e ambientes considerados grandes

Quanto à capacidade, os aparelhos podem ser pequeno, médio ou grande porte. Quanto à utilização, eles podem ser do tipo residencial, comercial, hospitalar, industrial ou automotivo, os quais serão destacados na sequência deste estudo.

2.5 Água proveniente de sistema de refrigeração de ar (ar-condicionado)

Os aparelhos de ar condicionados promovem a geração de água resultante da condensação, que na maioria das vezes é desperdiçada para o solo ou para o esgoto.

Segundo Stoecker e Jones (1985) o condensador é um equipamento destinado a retirada de calor do fluido refrigerante até que o mesmo se condense. Para isto acontecer é necessário que haja um outro fluido para fazer a transferência deste calor para o ambiente e é a partir desta característica que os condensadores são classificados em: resfriados a ar, resfriados a água ou evaporativos.

Na avaliação de Costa (1982), o condensador tem por finalidade esfriar e condensar o vapor superaquecido, proveniente da compressão, nas instalações de refrigeração mecânica por meio de vapores. Esta operação é feita transferindo-se o calor do fluido aquecido para o meio (fonte quente), usando-se para isto água, ar ou mesmo ar e água em contato.

O aproveitamento desta água depende da coleta eficiente de cada sistema de drenagem dos aparelhos que podem ser direcionados para um sistema de coleta e armazenamento.

De acordo com Mota, Oliveira e Inada (2011) o reuso de água é entendido como uma tecnologia desenvolvida em menor ou maior grau, dependendo dos fins ao qual se destina a água e de como ela tenha sido usada anteriormente.

2.6 Uso Racional da Água

Conforme a Sabesp (2013), com o grande crescimento dos centros urbanos, ocasionado pelo êxodo rural, a água tornou-se um recurso natural ainda mais escasso.

Estudos realizados indicam o que tem contribuído de forma significativa para a escassez da água está relacionada principalmente a poluição dos recursos hídricos, que acabou ocasionando a diminuição da qualidade da água para outros tipos de usos, bem como o incremento na melhoria do bem-estar da população que está diretamente relacionado com o aumento do consumo individual de água, com o acréscimo de mais equipamentos domésticos (lava-louça, jatos d'água, dentre

outros) que necessitam de água para o funcionamento. O uso racional da água pode incluir tanto o uso eficiente quanto o uso de fontes alternativas de água (GONÇALVES; JORDÃO, 2006).

Segundo Costa (2010), no Brasil, a maior parte da população vive em regiões onde se concentra menores quantidades de água. Além disso, parte destas são semiáridas ou mesmo áridas. Dessa maneira, o avanço demográfico vem exigindo cada vez mais uma maior preocupação com as necessidades do uso da água para as mais distintas finalidades.

No contexto dessas demandas, algumas iniciativas têm surgido com o objetivo de se aderir a práticas de uso racional de água. Um bom exemplo nesse sentido é o Programa de Uso Racional de Água (PURA) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), que adotou uma política de incentivo ao uso racional da água, englobando ações tecnológicas e mudanças culturais para a conscientização da população em relação ao desperdício de água.

Em 1996, foi criado o PURA com objetivos, entre outros, de conscientizar a população da questão do uso da água, visando mudanças de hábitos na questão do desperdício, focando a sua conservação e estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias para a redução do consumo de água. O programa tem como principal foco, as bacias hidrográficas com condições críticas de disponibilidade hídrica (SABESP, 2013, p. 45).

Em relação a ações tecnológicas, Mendes (2006) ressalta que é muito importante o uso de equipamentos econômicos, já que são estes tipos de equipamentos que fundamentalmente, proporcionam a otimização do uso da água, permitindo que isso aconteça independente da participação consciente dos usuários.

2.7 Características Química, Física e Biológicas da Água

A água contém vários componentes do próprio ambiente natural, ou mesmo introduzidos a partir das atividades antrópicas. Desta maneira, para caracterizar uma água são necessários diversos parâmetros conhecidos como indicadores de qualidade, os quais são levados em consideração, para representar suas características físicas, químicas e biológicas (MOTA, 1997).

Em seu estado natural mais comum, a água é um líquido transparente, assumindo a cor azul esverdeada em lugares profundos. Possui uma densidade máxima de 1 g/cm^3 a 4°C e seu calor específico é de $1 \text{ cal/}^\circ\text{C}$. No estado sólido, sua densidade diminui até $0,92 \text{ g/cm}^3$, mas são conhecidos gelos formados sob pressão que são mais pesados que a água líquida (GOMES & CLAVICO, 2005).

Suas temperaturas de fusão e ebulição à pressão de uma atmosfera são de 0 e 100°C , respectivamente, muito superiores às temperaturas de fusão e ebulição de outros compostos parecidos com a água.

Assim, conforme Gomes & Clavico (2005), a água é um composto estável que não se decompõe em seus elementos até 1.300° . Reage com os metais alcalinos (Li, Na, K, Rb e Cs), formando uma base e despreendendo hidrogênio: $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$. Reage com alguns óxidos metálicos para formar hidróxidos, como por exemplo: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$, e com os não-metálicos para formar ácidos, $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$.

2.7.1 Características Químicas da Água

Em relação ao ponto de vista sanitário, as características químicas da água são de altíssima importância, uma vez que pode tornar a água inviável para o tratamento, já que cada situação exige uma tecnologia diferenciada para a transformação em água potável, e dependendo da maneira que esses elementos ou compostos químicos se encontram na água é irrealizável a sua remoção (CORRÊA, 2007).

Na perspectiva de Francisco (2002), a água é uma das substâncias mais abundantes no planeta, podendo ser encontrada em três estados físicos: sólido (geleiras), líquido (oceanos e rios), e gasoso (vapor d'água na atmosfera).

Dada à importância da água, a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e se aplica à água proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento de água e suas disposições não se aplicam à água mineral natural, à água natural e às águas adicionadas de sais, destinadas ao consumo humano após o envasamento, e a outras águas utilizadas como matéria prima para elaboração de produtos,

conforme Resolução (RDC) nº 274, de 22 de setembro de 2005, da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 2011).

Assim sendo, “Toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água” (Art. 3º, BRASIL, 2011).

Além disso, conforme determina o Art. 4º da referida Portaria, “Toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água”. E deve obedecer ao padrão de potabilidade, ou seja, deve estar em conformidade com os parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e radioativos (BRASIL, 2011).

Nesse contexto, vale ressaltar que a Portaria nº 2.914/2011, especifica que do ponto de vista sanitário, as características químicas da água são de altíssima importância, uma vez que pode determinar a água como sendo inviável para tratamento. Além disso, cada situação exige uma tecnologia diferenciada para a transformação em água potável e dependendo da maneira como esses elementos ou compostos químicos se encontram na água, sua remoção torna-se impossível.

Desta maneira, para a avaliação das características químicas da água deve-se seguir os seguintes parâmetros:

✓ Potencial Hidrogeniônico (pH): o pH indica se a água é ácida, básica ou neutra. A água é considerada neutra, quando o seu pH está em torno de 7; ela será ácida quando o intervalo estiver entre 0 e 7; e será básica quando estiver entre 7 e 14. Em água destinada à irrigação de culturas a faixa de pH adequada varia de 6,5 a 8,4. Valores fora desta faixa podem provocar deterioração de equipamentos de irrigação (AYRES & WESTCOT, 1991). A faixa de valores limite de pH para o padrão de potabilidade da Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde está entre 6,0 e 9,5. (BRASIL, 2011).

✓ Alcalinidade: a alcalinidade da água é representada pela presença dos íons hidróxido, carbonato e bicarbonato (APHA et al., 2005). Conhecer o nível de concentração dos íons permitirá dizer qual a medida de agentes flocculantes e também informar as características corrosivas ou incrustantes da água analisada. Em teores elevados, a alcalinidade pode proporcionar sabor desagradável à água.

✓ Acidez: está relacionada com o condicionamento final da água em uma estação de tratamento, podendo ser necessário estabilizar o carbonato de cálcio por meio da adição de um alcalinizante, a fim de evitar problemas de corrosão no sistema de abastecimento (RITCHER & AZEVEDO NETTO, 2003).

✓ Dureza: característica conferida à água devido a presença de sais alcalino terrosos (cálcio, magnésio e outros) e de alguns metais, em menor intensidade. Quando a dureza é devida aos sais bicarbonatos e carbonatos (de cálcio, magnésio e outros), denomina-se temporária, pois pode ser eliminada quase totalmente pela fervura; quando é devida a outros sais, denomina-se permanente. As águas duras, em função de condições desfavoráveis de equilíbrio químico, podem incrustar nas tubulações e dificultar a formação de espumas com o sabão (NBR 9896/1993). A Portaria nº 2914 do MS permite até 500 mg/L de dureza em água potável (BRASIL, 2011).

✓ Cloretos: a presença de cloretos numa concentração mais elevada que a encontrada nas águas naturais de uma região é indicação de poluição. Um excesso de cloretos é usualmente um sinal de perigo. Como os cloretos solúveis não são comumente afetados pelos processos biológicos, são reduzidos em concentrações principalmente por diluição (BABBITT, 1973). A Portaria nº 2914 do MS (BRASIL, 2011) exige que a água potável tenha um máximo de 250 mg/L destes parâmetros.

✓ DQO (Demanda Química de Oxigênio): a DQO se baseia no fato de alguns compostos orgânicos serem oxidados por agentes químicos oxidantes considerados fortes, como por exemplo, o $K_2Cr_2O_7$ (dicromato de potássio) em meio ácido, sendo o resultado final desta oxidação o dióxido de carbono e água. É a quantidade de O_2 necessária para a oxidação da matéria orgânica através de um agente químico (SILVEIRA, 2007).

✓ OD (Oxigênio Dissolvido): indica o grau de arejamento da água. É um excelente indicativo da qualidade da água. A presença de oxigênio dissolvido é de vital importância para os seres aquáticos aeróbios. A introdução de OD no recurso hídrico ocorre através da fotossíntese, da ação de aeradores ou do próprio contato do ar atmosférico, e segundo CARMOUZE (1994) a sua determinação é significativa para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica.

✓ Ferro e Manganês: basicamente, o ferro pode se apresentar nas águas nos estados de oxidação Fe^{+2} e Fe^{+3} . O íon ferroso (Fe^{+2}) é mais solúvel do que o férrico

(Fe^{+3}). Portanto, os inconvenientes que o ferro traz às águas devem ser atribuídos principalmente ao ferro “ferroso”, que, por ser mais solúvel, é mais frequente. Quando se pretende determinar apenas a fração solúvel, as amostras de água são filtradas antes de serem submetidas à determinação da concentração de ferro. Este parâmetro é denominado “ferro solúvel”. É também comum o uso da expressão “ferro coloidal”, pois as partículas de ferro podem apresentar tal comportamento na água (PIVELI, 1996). Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L na Portaria nº 2914 do MS (BRASIL, 2011).

✓ Flúor (Fluoretos): é um elemento químico importante no que se refere à saúde bucal, já que, quando em baixas concentrações na água distribuída à população, proporciona problema de aparecimento de cáries e, em excesso pode causar problema de flurose (desgaste do esmalte e manchas nos dentes). Nas águas naturais, já foi detectado na forma de fluoreto (F^-) em níveis que alcançam até 50 mg/L de F^- , porém, valores acima de 10 mg/L de F^- são raros, estando a concentração normal até 1 mg/L de F^- (MACEDO, 2003). A Portaria nº 2.914 do MS permite até 1,5 mg/L de fluoretos em água potável (BRASIL, 2011).

2.7.2 Características Físicas da Água

As características físicas da água, do ponto de vista sanitário, têm importância relativamente baixa, contudo, são determinantes na escolha da tecnologia para o tratamento ou condições para a realização das operações necessárias (CORRÊA, 2007).

As características físicas são facilmente determináveis, dentre as principais estão: cor, turbidez, sabor e odor, temperatura e condutividade elétrica. Além dessas, a temperatura tem influência na desinfecção, haja vista que influencia nas reações de hidrólise, na eficiência da desinfecção, solubilidade dos gases, sensação do sabor e odor e também nas unidades de mistura rápida, floculação, decantação e filtração.

2.7.2.1 Cor

Segundo Babbitt(1973) a cor é, geralmente, devida à matéria orgânica em suspensão coloidal, podendo ser devida à matéria mineral em solução, como um colóide, ou em suspensão.

A água pura deve ser incolor, mas devido à presença de substâncias coloridas dissolvidas, como resíduos industriais ou compostos de ferro, e coloidais (partículas minúsculas de dimensões inferiores a 1mm), devido ao contato com resíduos orgânicos ou vegetais, a água pode adquirir certa cor. Essas cores resultantes do contato com diferentes substâncias são denominadas de cor aparente (causada por matéria em suspensão) ou cor verdadeira (causada por extratos vegetais ou orgânicos). Normalmente, a cor aparente pode ser removida mais facilmente nas etapas do tratamento de água convencional (CASTRO, 2009).

O padrão de potabilidade da Portaria nº 2.914/2011 apresenta um valor máximo permitido de cor na água que é de 15 uC.

2.7.2.2 Sabor e Odor

Embora o sabor e odor sejam duas sensações distintas e não mensuráveis, o conceito de sabor envolve uma interação de gosto (salgado, doce, azedo e amargo) com o odor e, por isso, usualmente, são referenciadas em conjunto o que explica que a origem do sabor e odor da água estão associados à presença de substâncias químicas ou gases dissolvidos (que podem ser utilizados no próprio tratamento, como o cloro) ou atuação de microrganismos, como algas e cianobactérias (BRASIL, 2006).

Para consumo humano e usos mais nobres, o padrão de potabilidade da Portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saúde exige que a água não apresente tais características (BRASIL, 2011).

2.7.2.3 Turbidez

De acordo com Farias (2006), quando a água recebe certa quantidade de partículas que permanecem por algum tempo em suspensão ela é considerada

turva. Estas partículas podem ser oriundas do próprio solo quando não há mata ciliares ou provenientes de atividades minerais, como portos de areia, exploração de argila, indústrias, ou mesmo de esgoto das cidades.

O valor máximo permitido pela Portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saúde é de 5uT (BRASIL, 2011). Esta restrição é baseada na influência da turbidez nos processos usuais de desinfecção, atuando como escudo aos microrganismos patogênicos e assim minimizando a ação do desinfetante (BRASIL, 2006).

2.7.2.4 Sólidos

Em saneamento, os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água: sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis. (PIVELI, 1996).

O valor máximo permitido pela Portaria nº 2.914/2011 é de 1000 mg/L de sólidos totais em água potável (BRASIL, 2011).

2.7.2.5 Temperatura

A temperatura é uma medida da intensidade de calor, sendo importante, uma vez que interfere na velocidade das reações químicas, na solubilidade dos gases e pode acentuar a sensação de sabor e odor. Além disso, também interfere na eficiência da desinfecção e no desempenho das unidades de mistura rápida, floculação, decantação e filtração (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. Em relação às águas para consumo humano, temperaturas elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso (BRASIL, 2006).

Nesse contexto, a alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais, principalmente a energia solar, ou antropogênicas, que se refere aos despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas (BRASIL, 2006)..

2.7.2.6 Característica Biológica da Água

A Portaria nº 2.914/2011 determina que a água potável deve comprovar ausência de bactérias, coliformes totais ou *Escherichia coli*, em volume de amostragem de 100mL (BRASIL, 2011).

As bactérias do grupo coliforme habitam o intestino de homens e animais de sangue quente e são eliminados nas fezes em números elevados ($10^6/g$ a $10^8/g$). Dessa forma havendo contaminação da água por esgotos domésticos, é elevada a chance de se encontrar coliformes em pequenas amostragens. Principalmente em climas tropicais, os coliformes apresentam capacidade de se multiplicar na água. Além disso, sua identificação é relativamente fácil, pois esse grupo fermenta a lactose, produzindo gases que são observados durante os ensaios (BRASIL, 2006).

Na avaliação de Richter e Netto (1991), os coliformes fecais são bactérias que normalmente habitam no intestino dos animais superiores e a sua presença indica a possibilidade de contaminação da água por organismos patogênicos, porém nem toda água que contenha coliformes é contaminada, já que existem os coliformes totais que tem a sua origem do solo e como tal, podem veicular doenças de transmissão hídrica.

3 METODOLOGIA

Para tanto foram elaborados os seguintes objetivos específicos: analisar os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água proveniente de sistema de refrigeração de ar; bem como verificar por meio de análise microbiológica: coliformes totais e termotolerantes, se a água proveniente do sistema de refrigeração de ar é aceitável para uso de irrigação em hortaliças, plantas ornamentais e outros fins não potáveis; e ainda comparar com os padrões de potabilidade segundo a Portaria N° 2.914 do Ministério da Saúde de 2011.

Além disso, verificar por meio de análise microbiológica: coliformes totais e termotolerantes, se a água proveniente do sistema de refrigeração de ar é aceitável para uso de irrigação em hortaliças, plantas ornamentais e outros fins não potáveis.

Desta maneira, primeiramente foi feito um levantamento bibliográfico a partir de referências específicas sobre as questões ambientais e climáticas nas quais estão inseridas a escassez da água potável no planeta, estimativas de demanda industrial, uso racional da água e as possibilidades de aproveitamento e reuso da água na atualidade.

Para alcançar os objetivos propostos, a técnica de pesquisa empregada foi a descritiva dedutiva, buscando-se assim analisar a possibilidade de aproveitamento da água proveniente de sistema de refrigeração para fins não potáveis.

3.1 Caracterização da Área de Estudo

Este estudo teve por objeto de pesquisa o sistema de refrigeração utilizado na empresa **Ortomaq Ltda**, situada na 103 Norte, Rua de Pedestre, nº.03, Lote 22 localizada na região central de Palmas.

Atualmente, a maior parte dos equipamentos de refrigeração utilizados nas empresas são os sistemas de refrigeração por aparelhos ar-condicionado, os quais serviram de parâmetro para a pesquisa deste estudo que foi desenvolvido na sede da empresa supracitada.

3.2 Levantamento dos Dados

Para avaliar os parâmetros de potabilidade da água gerada pelo sistema de refrigeração da localidade selecionada para este estudo, foram coletadas amostras de água provenientes do sistema de refrigeração da empresa **Ortomaq Ltda.**

Vale ressaltar, que as coletas da água foram feitas mediante o acompanhamento de técnicos em saneamento urbano. As amostras foram coletadas dos aparelhos de ar-condicionado que são utilizados com maior frequência, cuja média de uso é de 6(seis) dias por semana, durante o horário de funcionamento que é de 10 (dez) horas por dia. Após as coletas, as amostras de água foram encaminhadas ao Instituto Federal do Tocantins (IFTO) e a Universidade Federal do Tocantins (UFT), em Palmas, TO.

3.3 Procedimentos para Coleta de Amostras

O procedimento utilizado para as coletas das amostras de água provenientes dos sistemas de refrigeração pesquisados seguiram as recomendações da Fundação Nacional de Saúde (FNS), através do Manual Prático de Análise de Água (BRASIL, 2006).

3.4 Metodologia das Análises

A metodologia adotada para as análises das amostras seguiram os parâmetros especificados pela *American Public Health Association* (APHA, 2005) e por Matos (2012), os quais já foram supracitados no referencial teórico deste trabalho e descritos na sequência.

- ✓ **Turbidez**: segundo Matos (2012), o método originalmente utilizado na medição da turbidez de uma amostra de água consiste na visualização da luz de uma vela através de um recipiente com a amostra em análise. Este princípio mede a quantidade de raios refletidos pelas partículas em suspensão na amostra, sendo a alteração à penetração da luz na água

expressa por meio de unidades de turbidez também denominadas nefelométricas.

- ✓ **Escherichia Coli** - bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas, 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 recente e de eventual presença de organismos patogênicos
- ✓ **OD Oxigênio Dissolvido**: indica o grau de arejamento da água. É um excelente indicativo da qualidade da água. A presença de oxigênio dissolvido é de vital importância para os seres aquáticos aeróbios. A introdução de OD no recurso hídrico ocorre através da fotossíntese, da ação de aeradores ou do próprio contato do ar atmosférico, e segundo Carmouze(1994) a sua determinação é significativa para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica.
- ✓ **Alcalinidade**: é representada pela presença dos íons hidróxido, carbonato e bicarbonato (APHA et al., 2005). Conhecer o nível de concentração dos íons será possível determinar medida de agentes flocculantes e também informar as características corrosivas ou incrustantes da água analisada. Em teores elevados, a alcalinidade pode proporcionar sabor desagradável à água. Assim, a alcalinidade mede a capacidade da água em neutralizar os ácidos. A medida da alcalinidade é muito importante para o processo de tratamento de água, já que, “é em função do seu teor que se estabelece a dosagem dos produtos químicos utilizados” (BRASIL, 2006, p. 38).
- ✓ **Cloretos**: este método consiste na titulação da amostra contendo cloretos com a solução padrão de nitrato de prata, na presença do indicado ser cromato de potássio (APHA, 2005).
- ✓ **Sólidos**: uma das formas de caracterizar os sólidos presentes numa amostra de água é separando-os por tamanho (diâmetro) de partícula do material sólido total. A parte dos sólidos que sedimenta quando mantida em cone de Imhoff, após uma hora é denominada “sólidos sedimentares” (SP); a parte que não é retida em filtro “sólidos dissolvidos totais” (SDT); e a que ficou retida, “sólidos em suspensão totais” (SST) (MATOS, 2012).

- ✓ **Ferro:** basicamente, o ferro pode se apresentar nas águas nos estados de oxidação Fe^{+2} e Fe^{+3} . O íon ferroso (Fe^{+2}) é mais solúvel do que o férrico (Fe^{+3}). Portanto, os inconvenientes que o ferro traz às águas devem ser atribuídos principalmente ao ferro “ferroso”, que, por ser mais solúvel, é mais frequente (SABESP, 1994). Quando se pretende determinar apenas a fração solúvel, as amostras de água são filtradas antes de serem submetidas à determinação da concentração de ferro. Este parâmetro é denominado “ferro solúvel”. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L na Portaria nº 2.914/2011 do MS (BRASIL, 2011).
- ✓ **Zinco:** a análise de zinco é realizada com base no *Standard Methods*. O zinco e outros metais na amostra são complexados com cianeto. A adição de ciclohexanona causa a liberação seletiva do zinco até formar um composto azulado. A cor azul é mascarada pela cor marrom obtida pelo excesso.
- ✓ **Alumínio:** o método utiliza o reagente *AluVerAluminum*, (contém ácidosuccínico, succinatodissódico e ácido aurintricarboxílico) com base no *Standard Methods*. Esse reagente combina-se com o alumínio presente na amostra para a obtenção de uma coloração vermelho-laranja. A intensidade da cor é proporcional ao teor de alumínio. Além disso, é adicionado ácido ascórbico, para remover possíveis interferências causadas pela presença de ferro na água. Um terceiro reagente (*Bleaching*- composto por pirossulfato de potássio, pirofosfato de sódio e sulfato de magnésio) é utilizado na análise. A função desse reagente é neutralizar o alumínio existente na água para o ensaio em branco.
- ✓ **Potencial HidrogniónicopH:**o valor do pH das amostras deve ser medido imediatamente após a coleta (APHA, 2005). O *pH* pode ser determinado por um medidor de pH (também conhecido como pHmetro) que consiste em um eletrodo acoplado a um potenciômetro. O medidor de pH é um milivoltímetro com uma escala que converte o valor de potencial do eletrodo em unidades de pH.
- ✓ **Temperatura:** a temperatura das amostras deve ser medida “*in situ*” através de termômetro de mercúrio (0-100C) (APHA, 2005).
- ✓ **Coliformes:** os coliformes totais e termotolerantes podem ser quantificados pela técnica do número mais provável (NPM), com fermentação “m” tubos

múltiplos, por meio da técnica de filtração em membrana ou por meio de métodos mais modernos, como os que utilizam procedimentos enzimáticos. (APHA, 2005).

Na sequência são apresentados os resultados das análises da água proveniente do sistema de refrigeração de aparelhos de ar-condicionado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este estudo teve por objetivo geral analisar a possibilidade de aproveitamento da água proveniente de sistema de refrigeração para fins não potáveis, haja vista, que um dos grandes problemas enfrentados na contemporaneidade estão relacionados à escassez de água, fazendo-se necessário, portanto, a busca constante pela otimização dos recursos hídricos e as possibilidades de reuso da água.

A pesquisa de campo deste estudo foi desenvolvida durante o mês de fevereiro e março de 2016, na sede da empresa **Ortomarq Ltda.**, localizada na região central de Palmas, Tocantins, para verificar por meio de análise microbiológica, a presença de coliformes totais e termotolerantes, se a água proveniente do sistema de refrigeração de ar (aparelhos de ar-condicionado) é aceitável para uso de irrigação de hortaliças, plantas ornamentais e outros fins não potáveis.

Para melhor compreensão, os resultados do estudo estão apresentados a seguir por ordem dos objetivos específicos propostos na introdução deste trabalho.

4.1 Análises dos Parâmetros Físicos, Químicos e Biológicos da Água Proveniente de Refrigeração

Durante a realização deste estudo pôde-se verificar na literatura pesquisada os diversos trabalhos que já vem sendo realizados sobre as variadas formas de reaproveitamento e/ou reutilização da água para fins não potáveis, nos mais diferentes fins que incluem desde a irrigação de jardins, plantas ornamentais e canteiros de hortaliças até mesmo a limpeza das casas e lavagem de calçadas.

Na avaliação de Mota (1997), a água contém diversos componentes que são do próprio ambiente natural como também de outros introduzidos a partir de atividades antrópicas. Desta maneira, para identificar as características de uma água faz-se necessário avaliar diversos parâmetros como os indicadores de qualidade os quais irão representar suas características físicas, químicas e biológicas.

Entretanto, vale salientar que do ponto de vista sanitário as características químicas da água são de grande relevância, já que dependendo deste tipo de avaliação, pode tornar a água inviável para tratamento, já que cada situação exige uma tecnologia diferenciada para a transformação em água potável, e dependendo da maneira que esses elementos ou compostos químicos se encontram na água, torna-se impossível a sua remoção.

Segundo Corrêa (2007), as características físicas da água, do ponto de vista sanitário, tem importância relativamente baixa, no entanto, são determinantes na escolha da tecnologia para o tratamento ou condições para a realização das operações necessárias.

As características físicas da água podem ser facilmente determinadas pelas seguintes características: cor, turbidez, sabor e odor, temperatura e condutividade elétrica. A temperatura vai influenciar a desinfecção, já que influencia nas reações de hidrólise, na eficiência da desinfecção, solubilidade dos gases, sensação do sabor e odor e também nas unidades de mistura rápida, floculação, decantação e filtração.

Na sequência, a Tabela 1 apresenta os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos da água proveniente de refrigeração de condicionadores de ar, onde foram analisados os seguintes parâmetros: pH, Alcalinidade, Turbidez, Cloretos, Oxigênio Dissolvido, Temperatura e Sólidos.

Vale ressaltar, que todos os processos e valores obtidos para os parâmetros analisados neste estudo obedeceram à Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Assim sendo, conforme os resultados obtidos com a análise dos parâmetros físico-químicos da água proveniente de refrigeração (Tabela 1) estão dentro dos parâmetros de potabilidade da Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), conforme análises descritas a seguir:

Tabela 1: Análise dos Parâmetros Físico-Químicos da Água proveniente de refrigeração

MÉTODOS DE ANÁLISE DOS CORPOS DE PROVA	DATAS DAS COLETAS DOS CORPOS DE PROVA DE ÁGUA			Média	Desvio Padrão (≅)	Coeficiente de variação (≅)	Margem de erro (≅)	Resultado considerado	PARÂMETRO DE ANÁLISE VMP*
	24/02/2016	29/02/2016	02/03/2016						
pH	7,4	6,8	6,8	7,00	0,35	4,94	0,86	(7±0,86)=95%	6<pH<9,5
Temperatura (°C)	26,8	25,6	25	25,80	0,92	3,55	2,28	(25,80±2,28)=95%	-
Turbidez (NTU)	0,64	0,29	0,63	0,52	0,20	38,32	0,49	(0,52±0,49)=95%	5 NTU
Cloretos (mg/L)	42,2	44,7	43,5	43,47	1,25	2,88	3,11	(43,47±3,11)=95%	250 mg/L
Sólidos (mg/L)	55	58	38	50,33	10,79	21,43	26,80	(50,33±26,80)=95%	1000 mg/L
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,04	7,04	7,25	7,11	0,12	1,71	0,30	(7,11±0,30)=95%	-
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	6,9	8,1	5,8	6,93	1,15	16,59	2,86	(6,93±2,86)=95%	-

*Com nível de 95% de confiabilidade

Potencial Hidrogeniônico (pH): o pH obtido nos resultados da referida análise indicou o valor médio de 7, cujo resultado considerado pontuou $(7 \pm 0,86)=95\%$. Assim sendo, a água é considerada neutra, já que o seu pH está em torno de 7. Quando a água é destinada à irrigação de culturas a faixa de pH adequada varia de 6,5 a 8,4. Segundo Ayres & Westcot (1991), valores fora desta faixa podem provocar deterioração de equipamentos de irrigação. A faixa de valores limite de pH para o padrão de potabilidade da Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde está entre 6,0 e 9,5 (BRASIL, 2011).

Temperatura: os resultados da análise referente à temperatura indicaram o valor médio de 25,80(°C) e o resultado considerado foi $(25,80 \pm 2,28)=95\%$. A temperatura exerce influência determinante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. Em relação às águas para consumo humano, temperaturas elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso (BRASIL, 2006).

Alcalinidade: apresenta-se quando o pH da água está acima de 7. Os principais constituintes que determinam este parâmetro são os íons: bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}); e hidróxidos (OH^-). Este parâmetro indica a capacidade que a água tem de resistir à alteração de pH. Altos níveis de alcalinidade indicam que a água será capaz de oferecer grande resistência a alterações de pH. O resultado desta análise para alcalinidade teve média de 6,93(mgCaCO₃/L), com resultado considerado de $(6,93 \pm 2,86)=95\%$.

Turbidez: quando a água recebe certa quantidade de partículas que permanecem por algum tempo em suspensão ela é considerada turva. O valor máximo permitido pela Portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saúde é de 5uT(BRASIL, 2011). O valor médio da análise para turbidez da água foi 0,52NTU, tendo valor considerado $(0,52 \pm 0,49)=95\%$. A água doce destinada ao consumo humano deve possuir no máximo 40 NTU.

Cloretos: a presença de cloretos numa concentração mais elevada que a encontrada nas águas naturais de uma região indica que está poluída e é um sinal de perigo. A Portaria nº 2914 do MS (BRASIL, 2011) exige que a água potável tenha um máximo de 250mg/L destes parâmetros. O valor médio da análise de cloretos foi 43,47mg/L e o valor considerado de cloretos $(43,47 \pm 3,11)=95\%$.

OD (Oxigênio Dissolvido): indica o grau de arejamento e qualidade da água. A presença de O₂ na água é significativa para avaliar as condições naturais da

água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica. O valor médio da análise foi de 7,11mg/L, com valor considerado ($7,11 \pm 0,30$)=95%.

Sólidos: é o processo em que toda matéria permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. O valor máximo permitido pela Portaria nº 2.914/2011 é de 1000 mg/L de sólidos totais em água potável (BRASIL,2011).O valor médio da análise para sólidos foi 50,33 mg/L e valor considerado ($50,33 \pm 26,80$)=95%.

Desta maneira, os resultados totais obtidos com as análises físico-químicas da água proveniente do sistema de refrigeração de ar-condicionado apresentaram um grau de 95% de confiabilidade para potabilidade da água.

4.2 Verificação da Análise Microbiológica da água proveniente do Sistema de Refrigeração de Ar-Condicionado

De acordo com a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, a qualidade da água deve obedecer a um conjunto de condições e padrões necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais e futuros.

Em função disso, foi realizada também a análise microbiológica da água proveniente do sistema de refrigeração de ar-condicionado, quando então foram verificados os seguintes metais: Ferro, Zinco, Cromo, Cobre, Alumínio, Coliformes termotolerantes totais e Escherichia coli. A Tabela 2 apresenta os resultados dessas análises

Tabela 2: Metais e Análises Microbiológicas

Parâmetros	Corpo de prova	Parâmetro de análise VMP*	
	15/03/2016		
Metais	Ferro(mg/L)	0,09	0,3
	Zinco(mg/L)	0,03	5
	Cromo(mg/L)	<0,010	0,05
	Cobre(mg/L)	0,11	2
	Aluminio(mg/L)	>0,008	0,2
Coliformes Termotolerantes Totais (NMP/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente
Escherichia Coli (NMP/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente

Por meio dos dados obtidos nas análises microbiológicas, pode-se perceber conforme a Tabela 2, que os parâmetros que demonstraram maior destaque quando comparados com a Portaria nº 2.914/2011 foram os descritos a seguir:

Ferro: trata-se de *um* padrão de potabilidade da Portaria nº 2.914/2011, cuja concentração limite foi estabelecida em 0,3 mg/L (BRASIL, 2011). O corpo de prova da análise deste metal na água analisada foi de 0,09mg/L, com padrão de análise VMP de 0,3, ou seja, esta água está dentro dos padrões de potabilidade da Portaria citada.

Zinco: a análise é realizada com base no *Standard Methods*. A cor azul é mascarada pela cor marrom obtida pelo excesso. O corpo de prova de zinco da análise da água do sistema de refrigeração indicou 0,03mg/L e o padrão de análise VMP de 5.

Alumínio: o método utiliza o reagente *AluVerAluminum* com base no *Standard Methods*, cuja função é a de neutralizar o alumínio existente na água para o ensaio em branco. O corpo de prova de zinco na análise em foco foi >0,08mg/L.

Coliformes Termotolerantes Totais e Escherichia Coli: segundo a Portaria nº 2.914/2011, a análise deve comprovar ausência de *Coliformes* em 100 ml de amostra, nas amostras da saída do tratamento e do sistema de abastecimento (BRASIL, 2011). Na análise realizada com a água do sistema de refrigeração o resultado foi ausente para estas bactérias.

De acordo com os resultados das análises de água e dada a sua procedência, estas águas somente podem ser utilizadas para fins não potáveis.

No que diz respeito aos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saúde, verificou-se que muito embora a qualidade da água gerada pelo sistema de refrigeração de ar atenda aos padrões para utilização de fins não potáveis. Desta maneira, vale ressaltar que este tipo de água proveniente do sistema de refrigeração de ar é aceitável apenas para uso de irrigação de jardins, plantas ornamentais e canteiros de hortaliças.

4.3 Comparação dos padrões de potabilidade, segundo a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde

O reuso de água tornou-se, na atualidade, uma alternativa de grande relevância para otimizar as reservas hídricas e principalmente, permitir o desenvolvimento sustentável do planeta.

Na literatura pesquisada foi possível verificar as várias técnicas de tratamento de água que visam purificar a água das impurezas encontradas para um grau de pureza que seja adequada ao uso pretendido. Desta maneira, medidas de como conservar, aumentar a eficiência no consumo e reusar são cada vez mais estudadas e compartilhadas pelo mundo, para combater e evitar a escassez da água.

Em vista desta realidade, neste estudo comparativo verificou-se que enquanto a Portaria nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011) determina que a água potável deve comprovar ausência de bactérias coliformes totais ou *Escherichia coli* em volume de amostragem de 100 mL. Para consumo humano e usos mais nobres, o padrão de potabilidade da Portaria nº 2.914/2011, exige que a água não apresente tais características (BRASIL, 2011).

Além desses aspectos, as bactérias do grupo coliforme habitam o intestino de homens e animais de sangue quente e são eliminados nas fezes em números elevados ($10^6/g$ a $10^8/g$). Desta maneira, no caso de haver contaminação da água por esgotos domésticos, é elevada a chance de se encontrar coliformes em pequenas amostragens. Os coliformes apresentam capacidade de se multiplicar na água. Além disso, sua identificação é relativamente fácil, pois esse grupo fermenta a lactose, produzindo gases que são observados durante os ensaios (BRASIL, 2006).

Richter e Netto (1991) ressaltam que os coliformes fecais são bactérias que normalmente habitam no intestino dos animais superiores e a sua presença indica a possibilidade de contaminação da água por organismos patogênicos, porém nem toda água que contenha coliformes é contaminada, existem os coliformes totais que tem a sua origem do solo e como tal, podem ser portadores de doenças de transmissão hídrica.

De acordo com as análises feitas nos corpos de prova, a água coletada está em conformidade com todos os parâmetros comparados da Portaria nº 2.914/2011, logo se pode dizer que seria uma água potável.

No entanto, levando-se em consideração que a água coletada do sistema de refrigeração de ar pode conter impurezas presentes no ambiente, o que não aconteceu no caso específico, mas que pode vir a acontecer, conclui-se que esta água é imprópria para consumo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve por objetivo geral analisar a possibilidade de aproveitamento da água proveniente de sistema de refrigeração de ar para fins não potáveis.

Na pesquisa realizada para este estudo, constatou-se que um dos graves problemas da sociedade contemporânea está relacionado à escassez de água, bem como os desperdícios pelo elevado consumo de aparelhos domésticos nas residências. Verificou-se que embora o Brasil seja um país rico em recursos hídricos, as últimas décadas têm sido marcadas por sérios problemas relacionados a escassez e/ou a falta de água nos grandes centros urbanos.

Constatou-se que em função desta problemática social, a engenharia tem um papel de grande relevância social no sentido de contribuir para a criação de medidas alternativas e sustentáveis que visem tanto a preservação dos recursos naturais como também a busca de mecanismos que visem ao aproveitamento e/ou reaproveitamento da água em suas diferentes formas de uso.

Como por exemplo, a água gerada pelos sistemas de refrigeração de ar-condicionado, que podem ser aproveitadas para fins não potáveis e ainda desenvolver medidas preventivas que visem o consumo responsável da água e o combate aos desperdícios, como a reutilização da água, para diversos fins.

O processo de condicionamento de ar, nos aparelhos de ar-condicionado objetivam o controle de sua temperatura, umidade, pureza e distribuição, com a finalidade de proporcionar maior conforto aos usuários deste tipo de equipamento (STOECKER & JONES, 1985).

Em função desta realidade, e visando encontrar alternativas de reuso da água é que este trabalho foi realizado. Assim sendo, durante o desenvolvimento deste estudo sobre a adoção da reutilização das águas expelidas por tais aparelhos, foi necessário conhecer os aspectos relacionados à qualidade e potabilidade da água expelida por estes condicionadores de água.

Para tanto, foram selecionadas amostras coletadas de tais aparelhos, visando a realização de análises físico-químicas e microbiológicas para verificar a possibilidade de reusos das águas destes equipamentos. Para tanto, as amostras

foram encaminhadas ao laboratório para serem analisadas a potabilidade destas a partir dos parâmetros definidos pela Portaria nº. 2.914 (BRASIL, 2011).

A partir dos dados apresentados e baseando-se nos parâmetros analisados, pode-se concluir que a água expelida pelo sistema de ar-condicionado é imprópria para o consumo, pois contém impurezas presentes no ambiente, mas ainda assim, pode ser utilizada para limpezas, irrigações e até mesmo reserva de proteção contra incêndio.

A coleta pode ser feita de duas formas: através do uso de recipientes (baldes) em instalações residenciais ou comerciais, ou então ser recolhida por meio de um sistema de drenagem projetado especialmente para a captação da água, sendo armazenados em cisternas ou reservatórios.

Cabe salientar, que na instalação dos aparelhos condicionares de ar, tanto as unidades evaporadoras instaladas na parte interna do ambiente quanto as unidades condensadoras instaladas na parte externa do ambiente, são responsáveis por mudar o estado do refrigerante de gasoso para líquido, ou seja, gera água, uma no ciclo refrigeração e outra no ciclo aquecimento respectivamente.

Na finalização deste estudo, cabe ressaltar como sendo relevante a realização de projetos que visem à captação de água de condicionadores de ar, haja vista que estes não são difíceis de serem executados, já que seu custo é viável, pois tanto o material como a mão de obra são relativamente de baixo custo.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. 2005.

BABBITT, H. E. **Abastecimento de água**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1973.

BARROS, Wellington Pacheco. **A água na visão do direito**. Porto Alegre: Tribunal de justiça do Rio grande do Sul- Departamento de Artes Gráficas, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Portaria nº 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm./2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em 18/set./2015.

_____. RESOLUÇÃO CONAMA nº. 396, de 3 de abril de 2008. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68. **Qualidade da água**.

_____. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 2ª ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 146 p.

CARMOUZE, J. P. **O Metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. São Paulo: Editora Edgard Blücher/FAPESP. 1994. p.253.

CARVALHO, M. J. H. - **Uso de Coagulantes Naturais no Processo de Obtenção de Água Potável**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, PR: 2008.

CARVALHO, Maria Teresa Campos. Caracterização quali-quantitativa da água da condensadora de aparelhos de ar condicionado. III **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Goiânia/GO – 19 a 22/11/2012. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/IX-002.pdf>> Acesso em: 14/mar./2016.

CASTRO, C. M. B. **Tratamento de Água**. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

CORRÊA, J. M. **Estudo do controle da capacidade de processo de produção de água potável**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia (PPGMNE). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR:2007.

COSTA, Ênio Cruz da. **Refrigeração**. 3ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1982.

COSTA, R. H. P. G. Água: matéria-prima primordial à vida. In: TELLES, D. D'A.; COSTA, R. H. P. G. (Coord.). **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 38 2010. Cap. 1, p. 1- 11. (COSTA, 2010a).

D'AGUILA, P. S.; ROQUE, O. C. C; MIRANDA, C. A.S; FERREIRA, A.P. **Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 16(3):791-798, jul-set, 2000.

FARIAS, Maria S. Sobral de. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo**. Campina Grande, 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Campina Grande, Paraíba, 2006.

FRANCISCO, W. C. **Água**. 2002. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/agua.htm>>. Acesso em: 5/set./2015.

GOMES, Abílio Soares; CLAVICO, Etiene. **Propriedades Físico-Químicas da Água**. Universidade Federal Fluminense. Departamento de Biologia Marinha. Rio de Janeiro: UFF, 2005. Disponível em: <<http://www.uff.br/ecosed/PropriedadesH2O.pdf>> Acesso em 20/mar./2016.

GONÇALVES, Ricardo Franci; JORDÃO, Eduardo Pacheco. Introdução. In: GONÇALVES, Ricardo Franci (Coordenador). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 1-28. Cap.1.

GONÇALVES, Luciene Pavanello. **Condicionamento de ar e sua evolução tecnológica**. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2005. Disponível em: <http://engenharia.anhembi.br/tcc-05/civil-36.pdf>. Acesso em 05 de setembro.2015.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3ª ed. São Paulo: Editora Átomo, 2010.

MACEDO, Jorge Antônio Barros de. **Métodos Laboratoriais de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas**. Belo Horizonte, MG: Jorge Macedo Ed. 2003. 450p.

MATOS, Antônio Teixeira de. **Qualidade do Meio Físico Ambiental**. Práticas de Laboratório - Série Didática. Viçosa, MG: Editora: UFV. 2012

MENDES, C. F. **Estudo exploratório de programas de uso racional de água em instituições de ensino superior e a pré-implantação ao anel viário do campus do vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. 2006. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/8959/000591964.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15/set./2015.

MIRANDA, Gursen de. **Direito Agrário e ambiental: a conservação dos recursos naturais no âmbito agrário**. Rio de Janeiro: Forense, 2003.

MOTA, Thatiane Rodrigues. OLIVEIRA, Dyoni Matias de; INADA, Paulo. Reutilização da água dos aparelhos de ar condicionado em uma escola de ensino médio no

município de Umuarama-PR. **Anais Eletrônico VIII EPCC** – Encontro Internacional de Produção Científica CESUMAR – Centro Universitário de Maringá Editora CESUMAR. Maringá. Paraná, 2011. Disponível em: <http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/thatiane_rodrigues_mota_2.pdf> Acesso em: 15/set./2015.

NUNES, Riane Torres Santiago. **Conservação da Água em Edifícios Comerciais: Potencial de Uso Racional e Reúso em Shopping Center**. Rio De Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/rtsnunes.pdf>>. Acesso em set. 2015.

PIVELI, R. P. **Qualidade da Água**. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia em Saúde Pública e Ambiental da Faculdade de Saúde Pública – Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 1996.

RITCHER, C. A., AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água – tecnologia atualizada**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1991.

SABESP. **Noções teóricas e práticas de laboratório**. São Paulo: SABESP, 1994. 50p (Curso de Operação de Estação de Tratamento de água – ETA.)

SILVEIRA, Thyago. **Análise físico-química da água da bacia do rio Cabelo – João Pessoa – PB**. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica João Pessoa - PB – 2007.

STOECKER, Wilbert. JONES, Jerold W. **Refrigeração e Ar Condicionado**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.

TOMAZ, PLINIO. **Aproveitamento de água de chuva – para fins não potáveis**. São Paulo, Navegar, 2003, 180p.

TUNDISI, Jose Galizia. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Cienc. Cult.** São Paulo, v.55, n.4, Dec. 2003. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400018&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16/set./2015.