

Qualidade da água gerada por equipamentos de ar condicionado para fins não potáveis

Allan Jayson Nunes de Melo

Mestre em Engenharia Civil, UPE, Brasil
ajnm@poli.br

Maria Carolina Duarte Marques Soares

Mestranda em Engenharia Civil, UPE, Brasil
mcdms@poli.br

Simone Rosa da Silva

Professora Doutora, UPE, Brasil
simonerosa@poli.br

Willames de Albuquerque Soares

Professor Doutor, UPE, Brasil
was@poli.br

RESUMO

O ar condicionado é um equipamento muito presente nas edificações em todo o mundo, servindo para proporcionar maior conforto térmico aos seus usuários, ou fazendo parte de processos industriais. Esse equipamento em operação produz água da condensação do ar em contato com sua serpentina, que possui um potencial de aproveitamento para uso não potável dentro das edificações. Este estudo tem por objetivo avaliar a qualidade da água do condensado, proveniente dos aparelhos de ar condicionado para fins não potáveis. A coleta da água foi realizada no sistema de aproveitamento de água de uma edificação de tipologia hospitalar localizada na cidade do Recife-PE, Brasil. A metodologia aplicada analisou os parâmetros físico-químicos que inclui: pH, cor, odor, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, amônia, nitrito, nitrato, alcalinidades, dureza total, dureza de carbonatos, dureza de não carbonatos, cloreto, sulfato, carbonato, bicarbonato, cálcio, magnésio, sódio, potássio, ferro total, manganês e na análise microbiológica a presença de coliformes. Além disso, comparou os resultados deste e de outros estudos encontrados com a mesma temática, com os limites máximos previstos na Portaria nº 888/2021 do Ministério de Saúde do Brasil. Os resultados apresentaram uma excelente qualidade da água do condensado, se aproximando na maioria dos parâmetros de uma água potável, e assim, podem ser utilizada para usos não potáveis como: rega de jardim, lavagem de piso, reposição em torres de resfriamento, entre outros.

PALAVRAS-CHAVE: Ar condicionado. Água de condensação. Uso da água.

1 INTRODUÇÃO

Diversos lugares do mundo ainda convivem com os problemas relacionados à escassez dos recursos hídricos, os tornando mais sensíveis as soluções propostas para minimizar os impactos causados. O Brasil, por exemplo, apresentar uma das maiores bacias hidrográficas do mundo, o crescimento da demanda hídrica, as mudanças climáticas, a urbanização, os problemas de armazenamento e distribuição, a má gestão da água e o uso inconsequente do recurso resultam em regiões em estado de crise hídrica. Dentro dessa perspectiva, é necessária a adoção de novas técnicas que visam o uso racional e consciente da água e uma dessas alternativas é o aproveitamento de água do condensado dos equipamentos de ar condicionado. No Brasil diversas legislações que dispõem sobre este tipo de aproveitamento de água estão sendo propostas: a mais recente no Estado de Pernambuco, em 2019. Estas ações demonstram que soluções não convencionais de aproveitamento de água vêm sendo pensadas no Estado, Brasil e no mundo.

O incremento de alternativas aplicadas ao aproveitamento de água, para fins não potáveis, de forma a conter o seu desperdício, possui fundamento nos princípios sustentáveis, que estão descritos na Agenda 21, que propôs “Promover a conservação da água por meio de planos melhores e mais eficientes de aproveitamento da água e de minimização do desperdício para todos os usuários, incluindo o desenvolvimento de mecanismos de poupança de água” (Agenda 21 global, 2003).

A Organização das Nações Unidas, 23 anos depois, apresentou 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável (ODS) em sua agenda 2030. Dentre eles, o objetivo 6, que visa assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos. Nele se propõe como metas até 2030, o aumento da eficiência do uso da água em todos os setores, assegurar retiradas mais sustentáveis, ampliar a cooperação internacional em atividades e programas relacionados à coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso (ANA 2019).

Os aparelhos de ar condicionado produzem um volume significativo de água de condensação a partir das serpentinas, em climas quentes e abafado. Ao invés de despejar essa

água no sistema de esgoto, essa água pode ser recolhida e utilizada em diferentes aplicações não potáveis (Kham 2013).

No Brasil, alguns estados como Rio de Janeiro e São Paulo possuem legislação sobre a formação de condensado pelo ar-condicionado, determinando que a água seja direcionada à drenagem para evitar o gotejamento em vias públicas, evitando o incômodo aos cidadãos. Além deles, o Estado do Ceará (2018) aprovou a Lei de nº 16.603 determinando o aproveitamento da água proveniente do condensado do ar-condicionado e o Estado de Pernambuco (2019), a Lei de nº 16.584/19 contendo a mesma disposição, ambos estados estão localizados no nordeste brasileiro.

O uso da água pode ser subdividido no grupo de usos consuntivos e não consuntivos. O uso consuntivo para o abastecimento predial precisa atender parâmetros pré-estabelecidos por órgãos reguladores que apresentam os indicadores de qualidade da água para que seja propício ao consumo humano, ou para o ponto consumidor a que se destina o recurso hídrico.

Para se enquadrar nos critérios brasileiros de potabilidade da água, as concessionárias ou usuários que se utilizam de poços como fonte de abastecimento devem atender aos indicadores das legislações vigentes de sua região, como os parâmetros de potabilidade de água estabelecidos através da Portaria nº 888 (2021) do Ministério de Saúde do Brasil (MS), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

De acordo com Lopes Junior e Miguel (2013), a Portaria nº 2.914/2011 determina uma quantidade de ensaios com detalhamento extremo, que vão além da avaliação da água e do seu armazenamento. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), determinou uma quantidade mínima de ensaios obrigatórios, onde se encontram: pH, cor aparente, turbidez, cloro residual livre, sólidos totais dissolvidos, contagem total de bactérias, coliformes totais, presença de E. coli, coliformes termotolerantes.

Para os indicadores microbiológicos, deve se garantir que a água potável não possua micro-organismos patogênicos e nem bactérias indicadoras de contaminação fecal como o Escherichia coli, que segundo a Portaria 888/2021, devem apresentar a ausência de coliformes totais e Escherichia coli em 100 mL de amostra da água para o consumo humano (FUNASA 2013).

Para outras finalidades de uso da água, que não seja o consumo humano, outros parâmetros de utilização devem ser avaliados para a utilização em uma edificação. Tais parâmetros a serem avaliados vão depender da tipologia da edificação e da atividade onde será utilizado o recurso hídrico. As fontes não potáveis podem ser: reuso de águas residuais, aproveitamento de água da chuva, condensado dos sistemas climatizados, entre outras.

No âmbito nacional, algumas fontes alternativas não potáveis apresentam indicadores de qualidade da água. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) apresenta na Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 15527, parâmetros de qualidade para o uso da água de Chuva, deixando a critério do projetista as características físico-química e microbiológica da água de acordo com a atividade a ser realizada, além da determinação do tipo de desinfecção (ABNT 2007).

Nas edificações existem diversas atividades que não necessitam de uma qualidade superior como o da água potável, como: lavagem de pisos e calçadas, rega de jardim, lavagem de carro, entre outros. No setor industrial (bens e serviços), vários fatores podem influenciar na

qualidade da água a ser consumida, essa variabilidade pode ser pela tecnologia empregada, pela técnica aplicada, pelo ramo de atividade e pelas condições climáticas locais (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

Para a água proveniente da condensação de aparelhos de ar condicionado, no Brasil, não existem normas e legislação que pré-estabeleçam os parâmetros físico-químicos e microbiológicos para o aproveitamento da água nos diversos pontos consumidores em uma edificação, porém alguns autores apresentaram análises em seus estudos sobre uso da água do condensado.

2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo apresentar a qualidade da água do condensado produzida por condicionadores de ar tendo como estudo de caso uma edificação de tipologia hospitalar na cidade do Recife – Brasil. Além disso, analisar os padrões de qualidade de água do condensado apresentados pelos estudos realizados nesta área, comparando os resultados com os limites de classificação de potabilidade apresentados pela Portaria 888/2021 do MS no Brasil, com a hipótese de que, se os parâmetros estiverem dentro dos limites potáveis, servirá para qualquer fim não potável apresentado pela edificação.

3 METODOLOGIA

3.1 Edificação

O hospital onde foi realizado a coleta das amostras da água do condensado para o estudo, pertence a uma rede privada de saúde. A edificação teve sua inauguração no ano de 2011, e possui uma área construída de 22.000 m², distribuídos em 15 pavimentos, onde se encontram 204 Leitos; 10 Salas de Cirurgia, 258 vagas no Edifício Garagem, além de uma área verde de 516,55 m². Sua escolha foi motivada pois a edificação possui um sistema de tratamento de água que realiza a coleta deste recurso hídrico para utilização não potável na edificação. Um desses pontos consumidores para uso não potável é a torre de resfriamento, que pertence ao sistema de climatização da edificação.

3.2. Equipamentos de Ar Condicionado

O sistema de climatização do prédio é composto por equipamentos de expansão indireta, alimentados pelo sistema de água gelada e por equipamentos de expansão direta a gás refrigerante. Uma tonelada de refrigeração (1 TR) corresponde a 12.000 BTU/h que é a Unidade Térmica Britânica por hora, que é a unidade mais utilizada comercialmente.

O número de equipamentos de ar condicionado existente na edificação é de 339 com capacidades térmicas variadas. A soma da capacidade térmica dos equipamentos atendidos pelo sistema de água gelada é de 763,54 TR, e dos equipamentos que utilizam gás refrigerante é de 161,71 TR, em um valor de carga térmica total de 925,25 TR na edificação, o que corresponde em unidade térmica britânica a 11.103.000 BTU's.

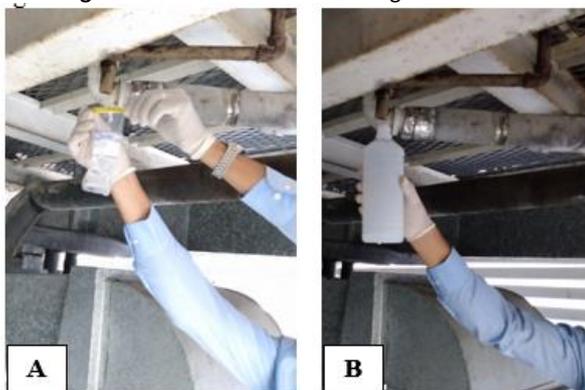
3.3. Análise da qualidade da água do condensado

A análise da qualidade da água foi realizada com base nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que inclui: pH, Cor, Odor, Turbidez, Condutividade elétrica, Sólidos totais dissolvidos, Amônia, Nitrito, Nitrato, Alcalinidades, Dureza total, Dureza de carbonatos, Dureza de não carbonatos, Cloreto, Sulfato, Carbonato, Bicarbonato, Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Ferro total, Manganês, ausência de coliformes fecais e *Escherichia Coli*, estes dois últimos, considerados em 100 mL de água.

As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas em três amostras de água, que foram coletadas dentre os equipamentos de climatização e em reservatórios no sistema que coletam a água dos equipamentos e encaminham a água do condensado para o sistema de tratamento da edificação. Dentre as três amostras de água analisadas, uma amostra foi selecionada aleatoriamente utilizando a função “=ALEATÓRIOENTRE(NUMERO INICIAL;NÚMERO FINAL)” no programa computacional Excel, amostra esta que integra um grupo predeterminado de equipamentos que possuísse capacidade térmica acima de 5 TR, e não estivessem em áreas internas do hospital, não atrapalhando as operações normais da edificação.

A primeira amostra coletada no equipamento selecionado de número 2 correspondente a um *fan coil* de capacidade térmica de 25 TR foi realizada no dia 03 de maio 2019, conforme a figura 1 A, que corresponde a coleta para a análise microbiológica e na 1 B para a análise físico-química.

Figura 1: Coleta de amostras de água condensada



Fonte: Autores

As outras duas amostras coletadas foram em reservatórios que compõe o sistema de tratamento (reuso) de água da edificação, no dia 29 de julho de 2019. As coletas foram realizadas na drenagem geral da PT sul e norte, conforme as figuras 2a e 2b respectivamente.

Figura 2: Outros pontos de coleta de amostras de água



Fonte: Autores

4 RESULTADOS

4.1. Análise físico-química e microbiológica

A análise físico-química e microbiológica da água é de extrema importância, especialmente para uso em ambiente hospitalar. Em um hospital existem diversos processos que requerem necessidades específicas para o uso da água, como tratamentos especiais para o uso em hemodiálise. Outras atividades, como o uso nas torres de refrigeração, podem utilizar água com qualidade inferior à água potável.

Na tabela 1 são apresentados os resultados de análises realizadas por distintos autores em diversos tipos de equipamentos de ar condicionado, bem como os resultados obtidos na presente pesquisa. O foco foi comparar os resultados encontrados com os valores máximos permitidos pela Portaria nº 888/2021 do Ministério Saúde, Brasil.

Tabela 1: Indicadores da qualidade da água condensada por referências.

Parâmetros	Valor máximo permitido pela Portaria n° 888	Referencias								Presente estudo		
		[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	A*	B*	C*
Condutividade (µs/cm)	-	40,00	78,00	36,00	20,76	60,20	20,25	32,39*	25,50	26,20	26,20	213
STD (mg/L)	500	19,00	58,80	21,00					17,50	8,00	16,0	77,0
Ph	6,0 - 9,5	7,20	6,87	7,60	7,18*	7,22	6,69	6,69*	7,10	5,60	6,00	7,40
Cloreto (mg/L)	250	0,60	10,14	<0,50	0,00		0,00	5,10*		0,7	3,0	19,1
Cor (uH)	15		7,32	<1,00						<5	5	12,5
Turbidez (uT)	5	4,28	1,95	1,00		0,29	0,85	0,38*	0,70	<0,2	0,3	<2,5
Alcalinidade	-	27,60	26,00	14,50	0,96		1,25	15,00*		0	<9	15,9
Cálcio	-		2,44	<0,10						1	<1	2,49
Cloro Livre (mg/L)	3		0,00									
Dureza Total	500	40,00	10,00	9,00	9,30		5,10	2,62*		3,7	2,59	11,9
Ferro Total	0,03	0,09	0,09	0,07						<0,01		
Magnésio	-	0,09	0,97							0,3		1,38
Nitrito	1		0,06							0,01	<0,05	<0,05
Nitrato	10	3,10	0,43							0,4	0,57	9,77
Sílica	-		<0,01									
Sódio	200		13,20							1,2		
Potássio	-		0,20							0,4		
Sulfato	250		<0,01							0,1		
Hidróxido (CaCO3)	-			<0,10								
CO2	-			0,70								
Cobre	-	0,26		0,002								
Enxofre	-			10,16								
Amônia (mg/L)	15										0,75	0,51
Bicarbonato (mg/L)	-										4,32	9,86
Oxigênio Consumido	-	6,15		1,10					7,62			
DBO	-	22,00				10,20			0,019			
DQQ	-	6,23				30,00						
Coliformes (NPM/100 ml)	Ausente (A)					<1,8			866,40			
Escherichia Coli (NPM/100 ml)	Ausente (A)								(A)	(A)	(A)	(A)
Heterotrófico	Ausente (A)								88,00			

[1] Akram et al. (2018), Rajshahi – Bangladesh; [2] Costa et al. (2016), Minas Gerais – Brasil; [3] Bolina et al. (2016), Goiás – Brasil; [4] Fontes, Jardim e Fernandes (2018), Local não especificado; [5] Cunha, Klusener e Schröder (2018), Indústria – Brasil; [6] Pergoretti et al. (2016), Tocantins – Brasil; [7] Carvalho et al. (2016), Pernambuco – Brasil; [8] Bastos, Túlio e Franci (2015), Espírito Santo – Brasil; A * - Amostra de água condensada do fan coil de 25 TR; B * - Amostra de água da drenagem dos equipamentos do PT sul; C * - Amostra de água da drenagem dos equipamentos do PT norte

Fonte: Autores

As análises físico-químicas apresentadas pelas referências e no presente estudo mostram uma excelente qualidade da água proveniente do processo de condensação que ocorre nos equipamentos de ar condicionado, quando os resultados das amostras são comparados aos parâmetros de potabilidade requeridos pela legislação brasileira vigente.

Embora o presente estudo tenha objetivado a utilização da água para fins não potáveis na edificação, é importante avaliar que, se a qualidade da água atingir os parâmetros de potabilidade segundo as normas vigentes no Brasil, ela poderá ser utilizada para fins mais nobres. Sendo assim, os resultados da análise indicarão se a água do condensado poderá ser utilizada para outros usos na edificação hospitalar, exceto para processos que exijam qualidade diferenciada como a realização de hemodiálise.

Os resultados deste estudo apresentaram poucas alterações que com tratamentos simples, habilitariam a água para o consumo humano. O resultado do pH da água coletada no fan coil de 25 TR, PT sul, apresentou o nível do pH abaixo do recomendado (pH = 5,60), o que necessitaria passar por uma correção do pH através da adição de Cal Hidratada (Ca(OH)_2) ou Hidróxido de Cálcio para que esse parâmetro fique no intervalo estipulado pela legislação que está entre a faixa de 6 a 9.

Outro parâmetro foi o teor de ferro total, que foi observado acima do valor máximo permitido. Os estudos de Akram et al. (2018), Costa et al. (2016) e Bolina et al. (2016), encontraram os valores de 0,09; 0,09 e 0,07 mg/L respectivamente, contudo a legislação permite um valor de 0,03 mg/L. Para Madeira (2003), quando íons de ferro são encontrados na água acima da concentração de 0,03 mg/L, alguns problemas começam a ser evidentes como manchas em louças sanitárias, depósito em tubulações, gosto metálico adstringente; desenvolvimento de bactérias dos gêneros *Crenothrix*, *Leptothrix* e outras no interior das canalizações distribuidoras. A correção desse parâmetro poderia ser realizada por meio de filtro de carvão.

Os demais parâmetros físico-químicos analisados estão dentro do limite máximo permitido pela Portaria nº888 do Ministério da Saúde do Brasil (2021) para uso potável, ou seja, atenderiam sem problemas as demandas não potáveis propostas por esse estudo (lavagem de piso, mopeamento, rega de jardim e reposição da água na torre de resfriamento do sistema de climatização). Além disso, para atender as classes de reúso 1,3 e 4 da NBR 13969/1997 onde as demandas estão inseridas, seria apenas necessário corrigir o pH de 5,60 para atender plenamente a classe 1 onde está inserida a lavagem de piso.

As análises dos parâmetros microbiológicos para verificação da presença de Coliformes na água do condensado foram realizadas nesse estudo e pelos autores Cunha, Klusener e Schröder (2018) e Bastos, Túlio e Franci (2015). Não foi detectada a presença de coliformes do tipo *Escherichia Coli* no presente estudo, este resultado está de acordo com os encontrados por Bastos, Túlio e Franci (2015). Porém, nos estudos de Cunha, Klusener e Schröder (2018) e em Bastos, Túlio e Franci (2015) foram registradas a contagem de Coliformes (NPM/100mL), já para o coliforme heterotrófico, sua presença foi registrada no estudo Bastos, Túlio e Franci (2015). Porém, como os estudos que apresentaram a presença de coliformes não existem maiores detalhes sobre a forma de coleta das amostras, como se a tubulação era exclusiva do equipamento, se a manutenção foi realizada corretamente no período previsto ou a localização do equipamento, fica inviável deduzir os possíveis motivos para a presença de coliformes, já que toda a água coletada vem da condensação do ar em contato com a serpentina.

4.2. Estudos sobre a qualidade da água de ar-condicionado

Nos últimos anos, alguns estudos sobre a viabilidade do aproveitamento da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado vêm sendo desenvolvidos. Através deles, verificou-se que esta água, a depender da classe de uso, poderia suprir a demanda hídrica da edificação. Por isso, muitas pesquisas incluíram em seu escopo, a análise da qualidade físico-química desta água ainda que de forma preliminar.

Alom, Ahsan e Imteaz (2021) em Gazipur, Bangladesh examinaram a quantidade e a qualidade da água coletada por aparelhos de ar condicionado do tipo Split com 3, 4 e 4,5 toneladas. Com um total de 270 amostras de água coletada de junho a julho de 2017, os autores conseguiram cobrir uma área de 1.694,55 m² e analisaram os parâmetros: pH, cor, turbidez, presença de *Escherichia coli*, ferro total, condutividade elétrica e DBO. Os autores verificaram que sem tratamento, a água de ar condicionado não é segura para beber, porém, torna-se segura se filtrada e fervida.

Merheby (2021) estudou a água proveniente dos aparelhos de ar condicionado como fonte adicional para a irrigação de jardins públicos na cidade de Trípoli, Líbano. A autora analisou os parâmetros: pH, cor, sólidos totais dissolvidos, dureza e coliformes totais. Os resultados confirmaram que a quantidade de água gerada pelos aparelhos de ar condicionado atenderia às necessidades de irrigação diárias, porém não houve aceitação social para a adaptação de sistemas de captação de água dos aparelhos de ar condicionado em edifícios existentes, principalmente devido à falta de conscientização dos entrevistados sobre a qualidade desta água.

Sabnis *et al.* (2020) analisaram quantidade e qualidade da água proveniente dos aparelhos de ar condicionado em Mumbai, Pune Anjar, Kochi, Madurai e Nova Mumbai, Índia através dos parâmetros: pH, sólidos totais dissolvidos, dureza total, condutividade elétrica, *Escherichia Coli* e Coliformes totais. Os autores concluíram que as unidades de ar condicionado geram quantidades significativas de água quimicamente e microbiologicamente pura durante suas operações normais, o que viabilizaria a captação e utilização desta água na fonte para fins domésticos e industriais.

Galvão *et al.* (2020) quantificaram e avaliaram a qualidade da água produzida no sistema de ar condicionado utilizado na climatização da biblioteca do IF Sertão PE, campus Ouricuri, como fonte adicional de água na irrigação de mudas de plantas ornamentais. Os autores analisaram os parâmetros: pH, condutividade elétrica, presença de ferro, manganês e cobre. Como resultado, os autores obtiveram uma vazão média do condensado no turno vespertino de 1,45 L/h, pH 8,15 valor este similar a água da torneira, observaram valores baixos de condutividade elétrica, dos sais: Na, Ca e Mg e não foi detectada a presença de Ferro, Manganês e Cobre. Dessa forma, os autores concluíram que a água proveniente dos aparelhos de ar condicionado é apropriada para a irrigação das plantas ornamentais.

Bolina *et al.* (2016), no Centro de Gestão de Espaço Físico da Universidade Federal de Goiás, avaliou dois equipamentos do tipo Split com capacidades de 12.000 e 60.000 BTU's, em estações do ano secas e chuvosa nos anos de 2015 e 2016. O volume de água produzido nas estações seca e chuvosa foram respectivamente de 1.591 e 2.713,96 L/ por mês. A análise da qualidade mostrou a presença de enxofre, o que inviabilizaria para o consumo potável, mas ainda sendo de ótima qualidade para fins não potáveis.

Akran *et al.* (2018), desenvolveram seu estudo na cidade de Rajshahi, Bangladesh, estudando a produção e qualidade da água do condensado em um aparelho de ar condicionado de capacidade de 24.000 BTU's. Observou que a média de água produzida foi de 3 L/ por hora. Os resultados de suas análises físico-químicas mostraram que as propriedades da água pode ser assemelham a de uma água destilada e que a utilização não potável sugerida para esse recurso hídrico foi para bateria e radiador de automóveis, caldeira, descarga do banheiro e lavar roupas.

Costa *et al.* (2016), desenvolveram um estudo no Instituto Federal de Alagoas na cidade de Batalha, com intuito de criar um sistema de irrigação de baixo custo para áreas verdes verticais. Os resultados foram considerados satisfatórios para implantação do sistema de coleta da água do ar-condicionado, sendo encontrado um volume anual maior que 16 m³. As análises da qualidade da água conforme a Portaria 888/2021, referentes ao padrão de potabilidade da água, verificou a favorável viabilidade dessa água como fonte de irrigação, mesmo o uso não exigindo esse nível de qualidade.

Carvalho *et al.* (2016), estudaram aparelhos de ar condicionado de uma instituição de ensino superior em Pernambuco. As capacidades dos aparelhos que são de 36.000 BTUs, 48.000 BTUs e 60.000 BTUs, todos modelo Split. A coleta da água foi realizada em dois pontos (drenos) distintos, uma no horário da tarde e a outra à noite. A partir da análise qualitativa, pode-se concluir que é viável o reaproveitamento da água proveniente de aparelhos de ar condicionados para uso não potável, a exemplo de: serviço de limpeza geral da instituição, jardinagem e descarga sanitária, atividades estas realizadas atualmente utilizando-se água tratada.

Fontes, Jardim e Fernandes (2015), realizaram a coleta de água do condensado para utilização em pontos consumidores de lavatório e jardim. A qualidade da água foi considerada adequada para o uso previsto, no entanto é necessária a verificação da presença de metais, entre eles alumínio que porventura possa ter sido carreado no processo de condensação. A quantidade de água captada para armazenamento foi de 44,5 L por dia útil. Concluiu-se que para esse projeto seriam necessários dois reservatórios com volume de 100 litros cada, devido à disposição dos aparelhos de ar condicionado. Os custos de implantação do projeto foram estimados em R\$ 818,10, com período de retorno do investimento de aproximadamente 6,76 anos. Os autores não citaram a tipologia predial da edificação em estudo.

Cunha, Filho e Schröder (2016), buscaram analisar o potencial de aproveitamento da água em equipamentos do tipo split, no prédio administrativo de uma indústria. Foram realizadas medições em equipamentos com capacidade de 12.000 e 36.000 BTU's. Também realizou-se análise de parâmetros físico-químicos e biológicos da água de acordo com a Portaria nº 888/2021 MS e NBR 15.527/2007. Os resultados da análise indicaram amostra sem potencial contaminante. A partir das medições foi possível estimar que em um período de oito horas, o volume encontrado seria de aproximadamente 64,5 L/dia. Os autores não vincularam a utilização do volume produzido a nenhuma demanda não potável.

Bastos, Túlio e Franci (2015), avaliaram o potencial de uso da água de condensação em uma clínica odontológica localizada no estado do Espírito Santo, Brasil, como fonte alternativa ao consumo de 2.600 litros de água tratada, usada na manutenção geral: limpeza dos sanitários, fachadas, calçadas, garagens e jardins. Foram analisados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, vazões e demandas da água de condensação. A vazão média para a água de condensada é de 33 litros/hora, considerando 10 horas/dia de funcionamento, a produção chega a 330 litros/dia, sendo 25 dias/mês, o total seria de 7.260 litros/mês. Através dos resultados da qualidade da água, foi inferido que a água condensada analisada deverá receber tratamento para desinfecção uma vez que a mesma será armazenada e manipulada dentro da edificação para o fim proposto, manutenção geral e substituição parcial da água utilizada nas descargas sanitárias.

Loveless, Farooq e Ghaffour (2013), utilizaram em seu estudo o modelo climático ERA-INT para identificar áreas em todo o mundo, com alto potencial de coleta de condensado, com um valor máximo de cerca de 380 L/L-s¹/ano, porque as tecnologias de coleta de condensado podem oferecer numerosos benefícios potenciais para regiões com alta umidade. O autor afirma que, os benefícios em larga escala só podem ser percebidos uma vez que sistemas de coleta estão instalados.

O modelo revelou que quatro regiões (Península Arábica, África Ocidental, Sudeste da Ásia, América Central e América do Sul) seriam bons locais para a coleta de condensado. Em seguida, realizou testes de qualidade da água para identificar possíveis usos da água coletada. A alta qualidade da água condensada identificada nas análises, sugere que a implementação de uma estratégia de coleta de condensado traria diversas vantagens, como a redução de impactos ambientais, diminuição nos custos de processos industriais entre outros benefícios. Métodos de pós-tratamento relativamente simples podem ser aplicados para correção dos parâmetros da água condensada, que poderia ser utilizada até para o consumo humano.

Pergoretti et al. (2016), realizaram a análise da água do condensado em equipamentos instalados em uma instituição de ensino localizado no estado do Tocantins, Brasil. Os resultados mostraram que não houve importantes variações nos parâmetros físico-químicos no decorrer das análises em comparação com a legislação de potabilidade vigentes no país, o que significa que a água que comumente rejeitamos dos aparelhos condensadores apresentam grande potencial em oferecer a sociedade em geral uma alternativa viável de aproveitamento.

O Grupo de pesquisa AquaPOLI da Escola Politécnica de Pernambuco, vinculado a Universidade de Pernambuco, já desenvolveu alguns trabalhos sobre o aproveitamento de água de ar-condicionado para fins não potáveis, buscaram apresentar propostas para essa problemática em edificações da administração pública do estado de Pernambuco com tipologias variadas, entre elas, prédios administrativos, escolas e hospitais

Soares (2017), analisou o potencial do aproveitamento de água do condensado do Centro de Formação dos Servidores e Empregados Públicos do Estado de Pernambuco (CEFOSPE) para o ponto de utilização na rega dos jardins, sendo a demanda estimada de consumo de 1.616 L/mês, enquanto a estimativa de água produzida pelos aparelhos de ar condicionado foi de 9.829,8 L/mês. Este valor corresponde a 16,43% do valor total produzido de água do condensado em relação à demanda estimada (SOARES, 2017).

Silva (2018), verificou como uma das alternativas de reduzir o consumo de água no Palácio do Campo das Princesas, Sede do Governo do Estado de Pernambuco, o aproveitamento de água do condensado. O volume de água produzido pelos aparelhos usualmente ligados é de aproximadamente 1220 L/dia de água. Medida que ao longo de um mês com 22 dias úteis acumula um volume de 26,8 m³ de água com elevado potencial de reaproveitamento. Esse volume representa uma redução de 8% na demanda que é utilizada na rega dos jardins mensalmente.

Ferraz (2017), realizou seu estudo no Instituto Federal de Pernambuco, campus Recife, analisando a produção de água do condensado em equipamentos com capacidade de 36.000 BTU's, instalados em salas de aula e administrativas. A melhor vazão de condensado, 2,7 L/h, foram obtidos ajustando os equipamentos à 21 °C, com uma vazão de ar média. A melhor relação entre volume de condensado e consumo energético, foram obtidos próximos a 1 L/kW,

podendo ser alcançada operando-se o equipamento a 24 °C e uma vazão de ar baixa. Nessas condições possibilitaria uma economia de energia 33,4% em relação às condições usuais, com produção de 1,94L/h.

É possível verificar que estes trabalhos citados acima, não apresentaram dados da qualidade da água proveniente dos aparelhos de ar condicionado, porém se tornam relevantes, por se tratar de pesquisas realizadas na mesma cidade do estudo deste artigo.

4.3. Agentes contaminantes do sistema de água condensada

É importante destacar que para a conservação da qualidade da água dos equipamentos de ar condicionado são colocados alguns agentes que são considerados uma fonte poluidora potencial, sendo assim, é necessário a realização de um tratamento prévio antes que essa água seja direcionada aos pontos consumidores a depender da classe de uso. A manutenção preventiva estipulada pela Portaria nº 3.523/ 1998 do Ministério da Saúde e mais recentemente reforçada pela Lei 13.589 (2018), torna o Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) de sistemas de ar condicionados obrigatórios no Brasil.

A manutenção desses equipamentos é realizada por meio do contato direto com os técnicos (refrigeração, mecânico, etc.) que utilizam produtos químicos como detergentes concentrados para a limpeza interna dos equipamentos e de seus trocadores de calor (serpentina). Toda água utilizada na limpeza do equipamento é também direcionada para a drenagem geral, se diluindo por sua vez ao juntar-se com a condensação dos demais equipamentos, permitindo assim algum grau de contaminação.

5 CONCLUSÃO

À medida que os desafios duplos do crescimento populacional e mudanças climáticas limitam os recursos do planeta e ameaçam os meios de subsistência, tecnologias simples e descentralizadas serão uma parte importante da solução para o problema da escassez de água.

Este estudo analisou a qualidade da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado de uma edificação de tipologia hospitalar na cidade do Recife, cuja metodologia poderá ser replicada para outras tipologias prediais, em diversas localidades do Brasil e do mundo.

Por meio deste e de outros estudos, observa-se que a qualidade da água gerada pelo aparelho de ar condicionado possui a maioria de seus padrões físico-químicos e microbiológicos dentro das faixas aceitáveis para água potável conforme as legislações vigentes pelo órgão brasileiro. Desta maneira, no tangente a qualidade da água do aparelho de ar condicionado, as demandas não potáveis mais convencionais existentes em uma edificação, como: rega de jardim, torres de resfriamento, lavagem de piso, entre outras, são atendidas sem maiores problemas.

Diante disso, verifica-se que os investimentos relacionados ao aproveitamento de água proveniente dos equipamentos de ar condicionado possuem grande potencial. Sendo assim, é valioso investir em tecnologias facilmente executáveis que possam ter um impacto significativo não só na redução do desperdício de água, como também um impacto sociológico visto que

incentivará mais pessoas a se concentrarem nos ideais de conservação e minimização das consequências ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527**. Água de chuva, Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. 2007.

AGENDA 21 Brasileira. **Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos**: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos. 2003 Capítulo 18. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/cap18.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2022

AKRAM, M. W.; MURSALIN, R.; HASSAN, M.; ISLAM, R. Recycling of Condensed Water from an Air Conditioning Unit. **Researchgate**, p. 1-5, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323280047_Recycling_of_Condensed_Water_from_an_Air_Conditioning_Unit. DOI: 10.1109 / IC4ME2.2018.8465612. Acesso em: 15 ago. 2022.

ALOM, M.S.; AHSAN, A.; IMTEAZ, M. Quantity and quality of condensate air conditioner water for potential use in drinking purpose. **Desalination and Water Treatment**, v. 210, p. 164-169, 2021. DOI: 10.5004/dwt.2021.2657

ALPINA. **Torres de resfriamento**, 4 abr. 2019. Site: Alpina Equipamentos. Disponível em: <https://www.alpinaequipamentos.com.br/publicacao/perdas-de-agua-em-torres-de-resfriamento/2>. Acesso em: 02 ago. 2022

AGÊNCIA NACIONAL DO ÁGUAS (ANA). **ODS 6 no Brasil**: visão da ANA sobre os indicadores. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/acesso-a-informacao/institucional/publicacoes/ods6/ods6.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2022.

AREND, M. C.; KREBS, J.; AMARAL, R. S. Coleta e reuso de água do dreno do aparelho de ar condicionado para um sistema automatizado de irrigação. In: 4º Feira de Iniciação Científica e Extensão, 2014. **Anais[...]**. Camburiú: IFC. Disponível em: <http://www.camboriu.ifc.edu.br/vfice2014/anais/uploads/trab56.pdf>. Acesso: 10 ago. 2022.

BASTOS, C.; TÚLIO, S.; FRANCI, R. Gestão da água em edificações através do aproveitamento de condensação do sistema de ar-condicionado: um exemplo em Vitória, Brasil. **EURO ELECS**, Guimarães, Portugal, p. 1197-1202, 2015. Disponível em: <http://civil.uminho.pt/urbanere/gestao-da-agua-em-edificacoes-atraves-do-aproveitamento-de-condensacao-do-sistema-de-ar-condicionado-um-exemplo-em-vitoria-brasil/>. Acesso em 17 ago. 2022

BOLINA, C. C.; RODRIGUES, A.L.; SARDINHA, G.O.M.; GOMES, M.I.L.; FÉLIX, M.V.; MOTA, C.M.S.; BRAGA, D.L. Aproveitamento da água proveniente do processo de condensação de aparelhos de ar condicionado em prédio público. **Revista eletrônica de educação da faculdade Araguaia**, Goiânia, v.12, n.1, p.14-27, 2017. Disponível em: http://www.fara.edu.br/sipe/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/view/614/pdf_12.2. Acesso em: 17 ago 2022

BRASIL. Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, na forma do Anexo XX. **Diário Oficial da União**, Brasília. 29p

BRASIL. Portaria nº 3523 de 28 de Agosto de 1998. Dispõe sobre manutenção preventiva em sistemas de ar condicionado. **Diário Oficial da União**, Brasília, 12p.

BRASIL. Lei nº 13589 de 4 de Janeiro de 2018. Dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes. **Diário Oficial da União**, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13589.htm. Acesso em: 18 ago. 2022.

CEARÁ. Lei nº 16.603 de 11 de julho de 2018. Dispõe sobre o reúso da água proveniente de aparelhos de ar condicionado no Estado do Ceará. **Assembleia Legislativa do Estado do Ceará**. Governo do Estado do Ceará. Disponível em: <https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/desenv-regional-recursos-hidricos-minas-e-pesca/item/6358-lei-n-16-603-de-09-07-18-d-o-11-07-18#:~:text=Art.,%C3%A2mbito%20do%20Estado%20do%20Cear%C3%A1>. Acesso em: 15 ago. 2022

CARVALHO, I.M.; SOUSA, I.M.T.; LIMA, E.L.A.; BAYDUM, V.P.A.; SANTIAGO, A.L.S. Análise quantitativa e qualitativa de água proveniente de aparelho de ar condicionado visando o seu reaproveitamento. In: XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, **Anais[...]** Aracaju-Sergipe, 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/43293760-Analise-quantitativa-e-qualitativa-de-agua-proveniente-de-aparelho-de-ar-condicionado-visando-o-seu-reaproveitamento.html>. Acesso em: 15 ago 2022.

COSTA A. P.; SANTOS, J.R.S.; SANTOS, M.J.; ALVEZ, K.S.; COSTA, I.P.C.; VILAR, S.B.O. Aproveitamento da água condensada dos aparelhos de ar-condicionado como fonte de irrigação para espaços verdes no município de Batalha/AL. In: 7º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária, **Anais [...]** Ouro Preto. Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, 2016. Disponível em: <https://www.eventsystem.com.br/admin/arquivos/7cbeu/submissoes/anais/4decd60aaa8718163c2b54823b9a0e85.pdf> Acesso em: 16 ago 2022.

CUNHA, K. T.; KLUSENER FILHO, L. C.; SCHRÖDER, N. T. Reaproveitamento da água de condensação de equipamentos de ar condicionado. **Ulbra**, Rio Grande do Sul, n.14, p.166-176, dez. 2016.

FERRAZ, K. A. Otimização do uso de condicionadores de ar com ênfase na vazão de água de condensado e consumo energético: estudo de caso em uma instituição de ensino em Recife – PE. **Dissertação** (Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental) - Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP, 2017.

FONTES, A.M.; JARDIM, P.C. F. P. M.; FERNANDES, J. G. Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado. In: Simpósio de Excelência de Gestão e Tecnologia. **Anais[...]**. Rio de Janeiro: AEDB, 2015. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/37822430.pdf> Acesso em: out. 2018.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4ª ed. Brasília, p.146, 2013. Disponível: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf. Acesso em: 17 ago 2022.

GALVÃO, K.T.F.; BORGES, T.K.S.; PEQUENO, R.F.S.; GALINDO, E.A.; SANTOS, A.W.N.; FREITAS, M.S.C. Avaliação do Condensado de um sistema de ar condicionado como fonte adicional de água para obtenção de mudas de plantas ornamentais. **Anais [...]**. Pernambuco, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ifsertao-pe.edu.br/ojs2/index.php/jince/article/view/1184/519>

GONÇALVES, F.; Kalbusch, A.; HENNING, E. Correlation between water consumption and the operating conditions of plumbing fixtures in public buildings. **Water Science and Technology**: Water Supply, v. 18, n. 6, p. 1915-1925, 2018. <https://doi.org/10.2166/ws.2018.013>

HASSAN, N. M.; BAKRYA, A. S. Feasibility of Condensate Recovery in Humid Climates. **Internacional Journal of Architecture, Engineering and Construction**, v. 2, n. 4, p. 271 – 279, 2013. DOI:10.7492/IJAEC.2013.024

KHAN, S. A.; ZUBAIDY, S.N.M.J. Conservation of Potable Water Using Chilled Water Conditioning Machines in Hot e Humid Clime. **Internatial Journal of Engineering and innovative Technology**, v.3, n. 2, p. 182 – 188, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/284278747>. Acesso em: 15 ago 2022

KUBLER, H.; FORTIN, A.; MOLLETA, L. Reúso de Água nas Crises Hídricas e Oportunidades no Brasil. **ABES** – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013. Disponível em: http://abes-dn.org.br/pdf/Reuso_nas_Crises.pdf. Acesso em: 16 ago 2022.

LOPES JÚNIOR H. M.; MIGUEL V. Água potável: Monitoramento, controle de processo e ações corretivas. **Nota Técnica**. Anfarmag. 2013. Disponível em: https://www.anfarmag.org.br/files/artigo-tecnico/20130725_092325_12069.pdf. Acesso em: 18 ago. 2022

LOVELESS, K., Farooq, A., Ghaffour, N. Condensate Water: Global Potential and Water Quality Impacts. **Water Resources Management**, v. 27, n. 5, p. 1351-1361, 2013. DOI:10.1007/s11269-012-0241-8
MADEIRA, V. S. **Desenvolvimento de um carvão adsorvente para remoção de íons ferro em águas naturais**. 2003, 161. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina.

MERHEBY, T.H.E. **Prospects for Participatory Water Condensate Harvesting from Air-conditioning home utins for use in Public Gardns**: A case Study in Tripoli, Lebanon. 2021. 296. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais Especial: Gestão de Ecossistemas). American University of Beirut - Lebanon, 2021.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reúso**. Oficina de Textos. São Paulo, 2005.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Relatório das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, 2018. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002615/261594por.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2022

PEGORETTI, H. M.; ALMEIDA, J. N.; SANTOS, S.A.; SOARES, G.B.; VIROLI, S.L.M. Reaproveitamento e caracterização físico-química do condensado dos aparelhos de climatização do IFTO Campus Paraíso do Tocantins. In: VII Jornada de Iniciação Científica e Extensão. **Anais [...]**. Instituto Federal do Tocantins. 2016. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jjice/7jice/paper/view/7691>. Acesso em: 15 ago 2022.

PERNAMBUCO. Lei 16.584 de 10 de junho de 2019. Dispõe sobre Estabelece normas para o uso racional e reaproveitamento das águas nas edificações do Estado de Pernambuco e dá outras providências. **Assembleia Legislativa do Estado de Pernambuco**. Governo do Estado de Pernambuco. Disponível em: <https://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?tiponorma=1&numero=16584&complemento=0&ano=2019&tipo=&url=>. Acesso em: 17 ago. 2022.

SABNIS, A., KALE, M., DHANORKAR, M. and KALE, S.P. Quality Testing of Air Conditioner Condensate and Its Potential in Water Conservation. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 12, n. 2, p. 93-101. DOI: 10.4236/jwarp.2020.122006

SILVA, T. L. Alternativas de redução do consumo de água potável no palácio do governo de Pernambuco. 2018. 84. **Trabalho de Conclusão de Curso** – Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco.

SOARES, M. C. D. M. Reúso de água dos aparelhos de ar condicionado para fins não potáveis em prédio público administrativo. 2017. 69. **Trabalho de Conclusão de Curso** – Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco.