

FACULDADE EDUFOR
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ROBERVAL RABELO JÚNIOR

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
APROVEITAMENTO DA ÁGUA PROVENIENTE DE SISTEMAS DE
REFRIGERAÇÃO



São Luís
2022

ROBERVAL RABELO JÚNIOR

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA PROVENIENTE DE SISTEMAS DE
REFRIGERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade EDUFOR, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof.º Dr. Telmo José Mendes

São Luís
2022

R114a Rabelo Júnior, Roberval

Aproveitamento da água proveniente de sistemas de refrigeração / Roberval Rabelo Júnior — São Luís: Faculdade Edufor, 2022.

44 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (ENGENHARIA CIVIL) — Faculdade Edufor - São Luís, 2022.

Orientador(a) : Telmo José Mendes

1. Sistema de Refrigeração. 2. Gotejamento. 3. Sistema de Captação de Água. 4. Aproveitamento. 5. Sustentabilidade. I. Título.

FACULDADE EDUFOR SÃO LUÍS

CDU 621.56/59

ROBERVAL RABELO JÚNIOR

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA PROVENIENTE DE SISTEMAS DE
REFRIGERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade EDUFOR, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em ____/____/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr. Telmo José Mendes
Orientador

Prof^a.
1^a Examinadora

Prof.
2^a Examinadora

Dedico este trabalho à minha maior inspiração nestes últimos anos, a minha família, que esteve sempre ao meu lado, dando força sempre que eu pensei em desistir, e assim, consegui chegar até aqui, a minha aprovação será apenas mais uma etapa desta caminhada de sucesso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter dado a vida e a sabedoria para saber que tudo é possível quando queremos alcançar os nossos objetivos.

Agradeço aos meus pais, irmãos e minha esposa, que me incentivaram nos momentos difíceis.

Agradeço aos meus colegas de classe que esteve sempre ao meu lado, dando apoio e conselhos sempre que necessário.

Agradeço também aos meus professores pelo empenho e dedicação em repassar com calma todos os seus conhecimento para que hoje eu pudesse estar aqui, em especial, ao meu professor e amigo Franklin Roosevelt Rodrigues do Ó o meu muito obrigado a todos.

*Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem
foram conquistadas do que parecia impossível.*

Charles Chaplin

RESUMO

A falta de água no mundo é otimizada com a desigualdade social, sendo necessário o fomento do uso racional da água e a reanálise das formas de emprego dos recursos hídricos, com adoção de práticas sustentáveis em prol de assegurar o suprimento de água a geração atual e futura. Desse modo, é imprescindível adotar estratégias para balancear a produção e buscar por fontes alternativas de recursos ecologicamente viáveis. Nesse cenário, os aparelhos de ar condicionado, são largamente empregados em edificações comerciais e residências e produzem o gotejamento de água, oriunda da umidade do ar condensada quando o aparelho resfria o ar do ambiente interno. Indaga-se em relação a contribuição da engenharia civil na viabilidade do processo de aproveitamento de água proveniente de sistema de refrigeração, e logo, para a promoção de um uso racional da água? Buscou-se então estudar a viabilidade do aproveitamento da água, proveniente do sistema de refrigeração, bem como, as características do sistema de captação, armazenamento e distribuição. A metodologia baseou-se em um embasamento bibliográfico através de monografias, artigos, periódicos e livros relacionados ao tema, publicados no lapso temporal de 2010 a 2021. Conclui-se que o aproveitamento da água do sistema de refrigeração se apresenta como uma alternativa viável para a sociedade, onde o sistema é de baixo custo e apresenta benefícios sociais, econômicos e ambientais, podendo a água ser utilizadas para atividades que possam empregar água não potável como em jardim, descargas de vasos sanitários, limpeza de casas, dentre outras.

Palavras-chave: Sistema de Refrigeração. Gotejamento. Sistema de Captação de Água. Aproveitamento. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The lack of water in the world is optimized with social inequality, requiring the promotion of the rational use of water and the reanalysis of the forms of use of water resources, with the adoption of sustainable practices in order to ensure the supply of water to the current generation and future. Thus, it is essential to adopt strategies to balance production and search for alternative sources of ecologically viable resources. In this scenario, air conditioners are widely used in commercial buildings and homes and produce water dripping from the condensed air humidity when the device cools the indoor air. The problem of this study was: What is the contribution of civil engineering in the viability of the process of using water from the cooling system, and therefore, for the promotion of a rational use of water? The objective was to study the feasibility of using water from the cooling system, as well as the characteristics of the capture, storage and distribution system. The methodology was based on a bibliographic basis through monographs, articles, periodicals and books related to the theme, published in the time lapse from 2010 to 2021. It is concluded that the reuse of water from the cooling system presents itself as a viable alternative for society, where the system is low cost and presents social, economic and environmental benefits, and the water can be used for activities that may use non-potable water such as in gardens, flushing toilets, cleaning houses, among others.

Keywords: Refrigeration System. Drip. Water Collection System. reuse. Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama esquemático para o desenvolvimento sustentável

Figura 2 – Esquema do sistema básico de ar condicionado

Figura 3 – Ilustração do interior de um ar-condicionado de janela - ACJ

Figura 4 – Ilustração dos componentes em uma unidade de ar modelo *Split*

Figura 5 – Ilustração de um ar-condicionado do tipo expansão direta

Figura 6 – Ilustração de válvulas de expansão eletrônicas do fluxo de fluido refrigerante no sistema

Figura 7 – Ilustração de diversas alternativas disponíveis para unidade evaporadora:

a) Duto; b) Cassete Round *Flow*; c) Cassete 1 via; d) Cassete 2 vias; e) Piso aparente; f) Duto *Slim*.

Figura 8 – Modelo de Ar-condicionado do tipo expansão indireta com uso de *Chiller*

Figura 9 – Esquema do ciclo de funcionamento do *Chiller*

Figura 10 – Tubulação de drenagem

Figura 11 – Esquema de instalação do dreno de água em aparelhos de ar condicionado

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|---|
| ACJ | Ar Condicionado de Janela |
| ANA | Agência Nacional de Águas |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| PEAD | Poliétileno de Alta Densidade |
| PVC | Policloreto de Vinila |
| VRF | Sistema de Vazão de Refrigerante Variável |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 | SUSTENTABILIDADE E HABITAÇÃO | 16 |
| 2.1 | RECURSOS HIDRÍCOS E REUSO DA ÁGUA | 17 |
| 3 | SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO NO MERCADO | 21 |
| 3.1 | SISTEMA DE AR-CONDICIONADO DE JANELA - ACJ | 23 |
| 3.2 | SISTEMA SPLIT E MULTI SPLIT | 24 |
| 3.3 | SISTEMA VRF | 25 |
| 3.4 | SISTEMA CHILLER | 27 |
| 4 | ÁGUA DERIVADO DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO | 30 |
| 4.1 | DRENAGEM X APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE AR CONDICIONADO | 32 |
| 4.2 | APROVEITAMENTO DA ÁGUA | 35 |
| 4.3 | SISTEMA DE COLETA E RESERVATÓRIO | 37 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 38 |
| | REFERÊNCIAS | 40 |

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização acarretou grandes benefícios para a sociedade, com reflexos diretos na melhora progressiva da qualidade de vida, com maximização das possibilidades de comodidade. As concepções sobre a sustentabilidade, aproveitamento dos recursos hídricos e demais elementos ambientais relacionados com a Engenharia Civil busca consolidar as relações entre o processo de sedimentação urbana com o desenvolvimento sustentável, a fim de delinear uma nova concepção de trabalhos aos engenheiros contemporâneos.

É sabido que a discussão ambiental do mundo tem aflorado nos últimos anos, sendo que a consciência ambiental está intimamente ligada ao desenvolvimento tecnológico, econômico e no processo de globalização. A sustentabilidade trata-se acerca da condição que permita alcançar a preservação da raça humana e das situações naturais do mundo, com inclusão dos ecossistemas, seus elementos e organismos, sendo considerada um modelo de planejamento para a concepção de espaços humanos sustentáveis (RIGHI et al., 2016).

A engenharia civil, no segmento ambiental, visa melhorar o processo de aproveitamento dos recursos naturais, fazendo um uso racional, além de buscar alternativas para reutilização dos produtos. Assim, a sustentabilidade, que tem como escopo favorecer um desenvolvimento eficaz, que permita atender às necessidades da sociedade e dos indivíduos que usufruem da obra, assegurando a capacidade de preservação dos recursos naturais para as gerações futuras.

Quando se fala em sistema de refrigeração, se tem como referência principalmente o conforto e conservação de alimentos residenciais, sendo que isso há tempos atrás era privilégio de poucos, pois um equipamento desse tipo era caro, grande impacto ambiental e seu custo energético também. Nessa perspectiva, na construção civil, já existe alternativas que permita o aproveitamento de uma grande parcela da água oriunda de aparelhos de ar condicionado para fins de atividades diárias que não necessite de água potável. Em geral, o modo de funcionamento dos sistemas de refrigeração provoca o gotejamento de água que são dispensadas na área externa dos edifícios, sem nenhum aproveitamento (SILVA, 2020).

Nessa perspectiva, far-se-á necessário soluções eficientes para minimizar o desperdício da água gerada pelo sistema de refrigeração, bem como, medidas que viabilize seu emprego na própria obra, como é o caso da construção de sistemas de

captação, armazenamento e distribuição. Assim, o engenheiro civil tem papel fundamental nisso, planejando bem a obra e criando estratégias eficientes de aproveitamento da água na própria residência (COSTA, 2017).

O Brasil possui um percentual de 12% de água doce superficial disponível no planeta, contudo, atender a demanda, em algumas regiões do país, tem se tornado um grande obstáculo, em virtude do rápido crescimento populacional, associado aos altos índices de poluição, fatores climáticos e da cultura do desperdício das reservas naturais de água, sendo que a região Nordeste, especialmente, é a mais afetada pela crise hídrica (CALDAS; CAMBOIM, 2017).

Nesta linha de raciocínio, buscando sedimentar o entendimento de que a água é um importante bem econômico, e por isso deve-se fomentar a racionalização do seu uso, o segmento da construção civil tem criado metodologias viáveis para mitigar a demanda, preservando a água doce existente, e incitando a reutilização das águas residuais, através da elaboração de sistema de captação, armazenamento e distribuição, empregadas para a realização de atividades que não necessitam de água potável (CASTELLIANO, 2019).

Neste contexto, a água proveniente do sistema de refrigeração corresponde a uma das principais fontes do sistema de captação, haja vista que, a quantidade de água gerada pelos aparelhos é considerável, permitindo a coleta e o aproveitamento da mesma para várias atividades tais como; lavagem de roupa, irrigação do jardim, lavagens de pisos e descargas dos aparelhos sanitários.

A técnica de reutilização de água está relacionada com o meio de onde a água foi gerada e o destino final, sendo empregada ou não para o consumo humano, devendo assim respeitar alguns parâmetros determinados pelo Ministério da Saúde por meio da Portaria nº 2914/11, que versa acerca das medidas relacionadas ao controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e os níveis de potabilidade (COSMO, 2021).

Destarte, a relevância deste estudo baseou-se em difundir a legislação existente, bem como, políticas, programas e técnicas construtivas voltadas a promover o aproveitamento de água oriundas de fontes alternativas, com fomento a práticas sustentáveis de uso e reutilização consciente da água.

Nesse íterim, o aproveitamento da água oriundo do sistema de refrigeração se justificou, pois trata-se de uma água de boa qualidade, sem a presença de agentes contaminantes, reduz o quantitativo de água potável utilizada em serviços domésticos,

produz grande economia de água potável, reduz os impactos ao meio ambiente, dentre outros benefícios.

Pode-se dizer que hoje, o sistema de refrigeração não é mais questão de luxo, e sim de necessidade, tanto em locais quentes quanto frios, pois servem também para climatizar ambientes, residências ou indústrias. Assim, a escolha deste tema do trabalho de conclusão de curso justificou-se pela alta relevância social e versará sobre a base teórica do processo de elaboração, gerenciamento e viabilidade de um sistema de captação da água em residência oriunda de sistema de refrigeração em sincronia com a gestão da qualidade e responsabilidade ambiental, além da redução dos custos.

Destarte, a pertinência deste projeto para o campo acadêmico foi fomentar novas pesquisas acerca da temática, como também familiarizar os futuros engenheiros civis sobre as estratégias construtivas e boas práticas sustentáveis relacionadas ao aproveitamento dos recursos hídricos, tal como, promover melhoria da prestação de serviço para evitar os erros no processo de captação e reutilização da água, em detrimento do progresso da qualidade ambiental e redução dos custos.

Assim, foi realizado o seguinte questionamento: Qual a contribuição da engenharia civil na viabilidade do processo de aproveitamento de água proveniente de sistema de refrigeração, e logo, para a promoção de um uso racional da água?

O objetivo geral foi estudar o aproveitamento da água, proveniente do sistema de refrigeração, bem como, as características do sistema de captação, armazenamento e distribuição.

Os objetivos específicos foram: conhecer o processo de refrigeração, a composição do ar condicionado, a composição dos condensadores de ar e seu sistema de drenagem, os tipos de ar condicionado e demais particularidades de um sistema de condicionamento de ar; descrever as instalações hidráulicas e sanitárias prediais; apontar as características do sistema de captação, armazenamento e distribuição, além de sua viabilidade econômica para captar água proveniente do sistema de refrigeração; reconhecer a possibilidade de uso da água proveniente de ar condicionado para usos não potáveis e a sua viabilidade técnica, econômica e ambiental.

Para a elaboração deste estudo será utilizado à pesquisa de revisão de literatura, selecionando trabalhos publicados entre os anos de 2010 a 2020, com uma visão descritiva e qualitativa, utilizando dados coletados através de artigos científicos,

periódicos, livros, dissertações, entre outros instrumentos que abordassem a temática. É importante destacar que para a elaboração deste estudo foram excluídos os artigos cujas abordagens fizessem referência a experimentos e análises laboratorial.

2 SUSTENTABILIDADE E HABITAÇÃO

A sustentabilidade nos dias modernos, configura um novo paradigma em face da efetivação de um desenvolvimento equilibrado, democrático e integrador em todas as classes sociais. Desse modo, a fim de contextualizar a temática no âmbito da Arquitetura e da permacultura, far-se-á necessário reconhecer primariamente seu conceito e peculiaridades (CALDAS, 2018).

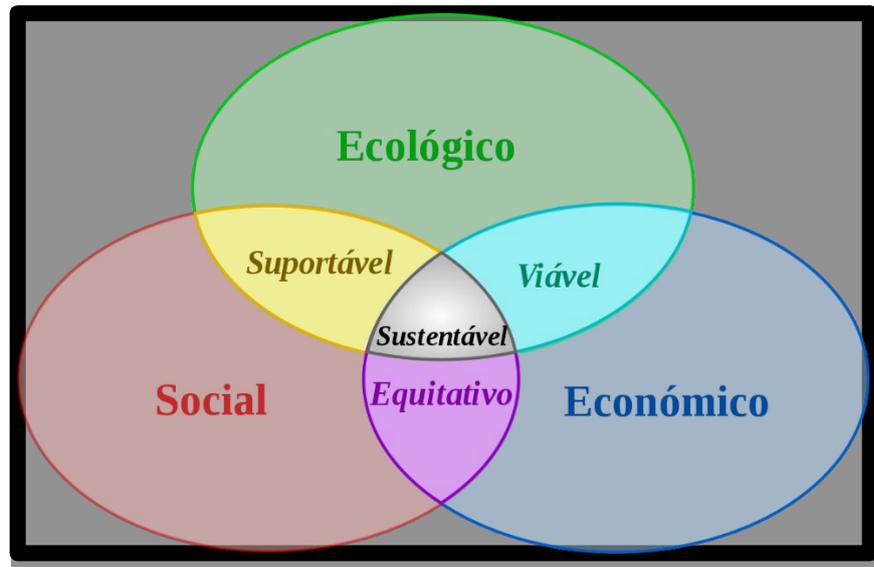
É sabido que a discussão ambiental do mundo tem aflorado nos últimos anos, sendo que a consciência ambiental está intimamente ligada ao desenvolvimento tecnológico, econômico e no processo de globalização. A sustentabilidade versa acerca da condição que permita alcançar a preservação da raça humana e das situações naturais do mundo, com inclusão dos ecossistemas, seus elementos e organismos, sendo considerada um modelo de planejamento para a concepção de espaços humanos sustentáveis (TOMAZELLI, 2015).

Ressalta-se que a sustentabilidade está conectada a cinco pilares, a saber: econômico, social, territorial, cultural e ambiental. No segmento econômico as mudanças estão direcionadas para a alteração do paradigma da lucratividade empresarial, com estímulo a uma visão de eficácia econômica; Já o social permite um crescimento com distribuição igualitária da renda e melhoria da vida dos indivíduos; o territorial destoa sobre a organização rural-urbana, pautada em um planejamento urbano e equiparado, com maximização do direito à moradia digna; o cultural versa acerca do respeito as tradições regionais e por fim, o ambiental que visa a produção dos recursos renováveis (PIRANI, 2014).

A expressão “desenvolvimento sustentável” foi utilizada primeiramente em estudos elaborados pela Organização das Nações Unidas voltadas a debater as mudanças climáticas, a fim de produzir uma resposta para a humanidade perante a crise social e ambiental que afligia o mundo na segunda metade do século XX. (CABRAL et al., 2015).

Assim, o desenvolvimento sustentável possui a capacidade de atender as necessidades dos seres humanos na sociedade moderna, sem que isso venha a comprometer a eficácia do planeta em prol de atender as futuras gerações. Isto posto, o desenvolvimento sustentável permite uma interligação entre outros desenvolvimentos, a saber: social, econômico e preservação ambiental, como ilustra a Figura 1 (OLIVEIRA et al., 2021).

Figura 1 – Diagrama esquemático para o desenvolvimento sustentável



Fonte: CABRAL et al., (2015)

Dessa maneira, perante os avanços e iniciativas globais, a multiplicidade de interpretação da terminologia sustentabilidade, estabelece um entrave para a consolidação e aplicabilidade dos objetivos elaborado em torno da ideologia no desenvolvimento sustentável. Sob essa perspectiva, é indubitavelmente necessária uma análise crítica, com reinterpretação da ideia primária, a fim de impedir contradições (TOMAZELLI, 2015).

Destarte, Caldas (2018), afirma que o novo modelo de sociedade “sustentável” se espalhou por diferentes esferas, em que pese, a associação da Arquitetura e construção civil, houve um elevado número de edificações inteligentes derivados na orientação de mercado que tem o objetivo de conectar as instituições as questões ambientais e ao avanço tecnológico, com uso expressivo do marketing.

2.1 RECURSOS HIDRÍCOS E REUSO DA ÁGUA

A água é considerada um recurso natural de valor inestimável, sendo crucial para à produção, sendo um recurso relacionado ao desenvolvimento econômico, exercendo papel fulcral na manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos, que estabelecem um equilíbrio nos ecossistemas. (RANGEL, 2012).

Segundo Silva (2020), dentre os recursos indispensáveis para a promoção da qualidade de vida do ser humano a água é o elemento mais importante para evolução, desenvolvimento e sobrevivência. Assim, o planeta Terra possui $\frac{3}{4}$ de sua superfície

revestida por água, onde um percentual de 97% é de água salgada e somente 3% é formado por água doce. Considerando que a vida dos seres vivos só poderá ser mantida com a presença da água, far-se-á necessário a adoção de medidas para sua preservação.

As principais fontes de ameaças à destruição dos recursos hídricos são: o desmatamento, as queimadas, o descarte irregular de lixo pela população, o crescimento do campo industrial, o descarte de esgotos industriais na área, o uso irracional da água dentre outros (FRAZÃO, 2017).

Portanto, a necessidade de conservação dos atributos e elementos naturais consiste em assegurar a biodiversidade, a manutenção dos sistemas ecológicos, diversidade das paisagens, melhoria da qualidade de vida humana, estabelecimento de condições propícias à sustentabilidade socioambiental (MANETTA, et.al., 2016).

Já conforme o estudo de Cabral et al., (2015) asseveram que as ações do ser humano contra o meio ambiente, em especial, em desfavor dos recursos hídricos, como é o caso da poluição de mananciais, desmatamentos, impermeabilização do solo, irrigação incorreta, deficiência de drenagem, entre outras, são fatores que desencadeiam alguns problemas, como a contaminação da água e a morte de leitos de rios. Nessa perspectiva, uma média de 1,3 bilhão de indivíduos sofrem com a falta de água doce em todo mundo, sendo assim, um elemento indispensável à sobrevivência além de ser um bem econômico de alto valor agregado.

Nessa linha de raciocínio, percebe-se que o Brasil está sofrendo uma grave crise hídrica que é otimizada perante os hábitos de desperdício de água potável, que tem como consequência, a necessidade de aprendizagem de princípios e práticas inovadoras para o fomento do desenvolvimento sustentável (TUGOZ; BERTOLINI; BRANDALISE, 2017).

Conforme a Agência Nacional de Águas (2019), o Brasil é considerado o país que possui a maior reserva de água potável do mundo, com um percentual de 12% de toda água doce disponível no mundo, onde aborda o aquífero Guarani, considerado o maior reservatório subterrâneo do planeta. Entretanto, para a utilização de aquíferos far-se-á necessário o emprego de alto investimento financeiro, em face do emprego de alta tecnologia necessária para tal atividade.

Nessa perspectiva, é possível asseverar que a escassez de água no Brasil é um fenômeno recorrente em virtude do mal uso desse bem natural. Assim, o grande entrave para a problemática, é a desigualdade acerca da distribuição desse recurso.

Com maestria, Oliveira et al., (2021), ainda destaca que a região Norte e Centro-Oeste desfrutam da abundância de água, em detrimento da carência de água na região Nordeste do país, que induz a população dessa área a enfrentar uma realidade obscura, sofrida e recheada de muitas dificuldades.

Diante de tanta desigualdade e a imprescindibilidade de encontrar soluções que venham a salvaguardar este recurso crucial, algumas medidas e estratégias foram criadas, considerando a concepção de melhoria no saneamento ambiental, com reunião de fatores relevantes como esgotamento sanitário, controle de resíduos sólidos e abastecimento de água (FORTES; JARDIM; FERNANDES, 2015).

Destarte, perante a elevada preocupação em prol da preservação do meio ambiente e a deficiência de recursos hídricos, as atividades e práticas que fomentam o consumo racional da água são bem acolhidas pela sociedade moderna. Assim, o emprego racional da água pode ser delimitada como as práticas, técnicas e tecnologias voltadas a melhoria da eficiência do seu uso e reuso, considerando que a demanda por tecnologia de aproveitamento da água tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas (BARBOSA; COELHO, 2016).

É imperioso destacar que, “Os múltiplos empregos urbanos da água exigem qualidade inferior à potável, fato que dispensa o dispendioso processo de tratamento ao ponto mais alto de qualidade, simbolizado pela procura de água para consumo e preparo dos alimentos.” (FORTES; JARDIM; FERNANDES, 2015).

Desse modo, a água aproveitada do sistema de refrigeração poderá ser utilizada na irrigação de áreas verdes, jardins, parques, praças, cemitérios, sendo uma excelente e viável alternativa para aproveitamento. Ademais, as outras situações para o reuso da água podem ser a descarga de banheiros, limpeza dos pisos, além de poder se empregada nas atividades da construção civil, seja para lavagem de agregados, produção de concreto, compactação do solo, redução da poeira oriunda nos processos, etc. (CARVALHO JÚNIOR; BLOOMFIELD; GONÇALVES, 2022).

Cabe inferir que os aparelhos que produzem água de condensação são largamente empregados nos dias atuais, como é o caso dos sistemas de refrigeração ou aparelhos condicionadores de ar, que possui a atividade de regulação térmica de ambientes, promovendo o conforto aos usuários do mesmo (FORTES; JARDIM; FERNANDES, 2015).

Ademais, o seu aproveitamento para usos interpretados como não-potáveis tem ganhado espaço e aplicabilidade em todo o planeta, em especial, nas regiões

marcadas pela escassez de água. Nessa perspectiva, Mota, Oliveira e Inada (2011), o aproveitamento desse recurso é interpretado como uma tecnologia elaborada, dependendo da finalidade para os quais se deseja empregar e como foi empregada anteriormente, considerando o grau de necessidade.

Complementa a ideia destacando que uma das alternativas largamente conhecidas de aproveitamento da água é para suprir as necessidades de uso não potável das casas e/ou comércios. Essa alternativa colabora positivamente com o meio ambiente, já que às barreiras que atravancam a potabilidade desse bem, de acordo com Carvalho, Cunha e Farias (2012), é o custo, dificuldade operacional, construtivo e estratégico, dentre outros.

De acordo com Filho e Silva (2020), uma alternativa é o aproveitamento da água oriundo dos drenos de aparelhos de ar condicionado para finalidade não potável como irrigação, descarga de sanitários e lavagens em geral, em especial, as tarefas promotoras do desperdício de água.

A utilização em larga escala desses aparelhos em prédios comerciais e residenciais pode gerar volumes de água significativos decorrentes do seu mecanismo de funcionamento e esse volume auxilia, também, na identificação do alto consumo do aparelho, o que reflete na tarifa de energia elétrica (FORTES; JARDIM; FERNANDES, 2015).

3 SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO NO MERCADO

Segundo Oliveira (2014), os sistemas de condicionamento de ar se dividem em sistemas descentralizados e centrais. Os sistemas descentralizados, são formados por uma ou mais unidades condicionadoras, que acomodam um espaço isolado ou conjunto de espaços que estão incorporados a mesma zona térmica. Já os sistemas centrais são formados por uma unidade condensadora, que se relaciona com outras unidades evaporadoras instaladas em vários ambientes.

O condicionamento de ar trata-se de um processo que visa controlar a temperatura, umidade, pureza e distribuição do ar em um determinado ambiente, a fim de favorecer um melhor conforto aos indivíduos que ocupam o ambiente condicionado (OLIVEIRA et al., 2021).

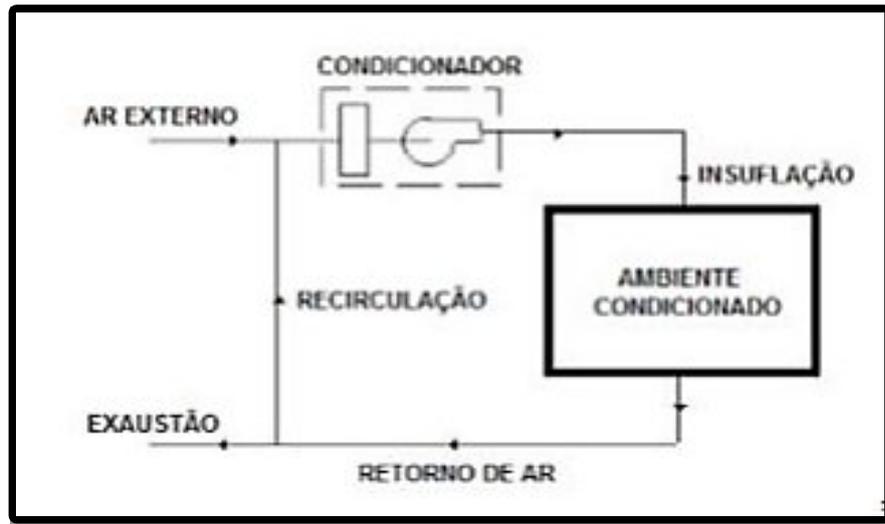
Segundo Miller (2014), a refrigeração consiste em um processo de retirada de calor do ambiente que sofrerá refrigeração, sendo que, o calor não desejado é dispensado mecanicamente para o ambiente externo, como é o caso que ocorre no condicionador de ar de janela, que visa resfriar o ar na parte interna de uma sala e dispensa o ar quente no ambiente externo, sendo guiado pelo processo de troca de temperatura do ambiente.

Os sistemas de condicionamento de ar, reúnem operações de refrigeração e de aquecimento de ar, visando a regulação da temperatura de ambientes proporcionando assim uma sensação de conforto térmico. Nesse processo é realizado a troca de temperatura do ambiente, por meio da passagem do ar pela serpentina do evaporador que em virtude do contato sofre redução ou elevação de temperatura, a depender do ciclo utilizado, que incita na diminuição da umidade relativa do ar (FORTES; JARDIM; FERNANDES, 2015).

Dessa maneira, quando a temperatura almejada é conquistada, é realizada através de sensor, a leitura, que logo, desliga o compressor, o que faz com que o equipamento venha a manter a temperatura do ambiente interno. Nota-se então que, a variação na temperatura almejada, permite o acionamento do compressor, que tem a função de promover a circulação do gás refrigerante dentro do sistema. De maneira genérica, os sistemas de condicionamento de ar são formados por quatro componentes basilares, a saber: compressor, condensador, evaporador e motor ventilador (SILVA, 2020).

Destarte, pode-se asseverar que o aparelho corresponde a uma bomba de sucção que recolhe o excesso de calor ou frio externo, em outras palavras, poderá refrigerar o ambiente ou, em direção inversa, poderá aquecer conforme a conveniência do usuário, como ilustrado na Figura 2 (CABRAL et al., 2015).

Figura 2 – Esquema do sistema básico de ar condicionado



Fonte: CABRAL et al., (2015)

Segundo Araújo, Lima e Silva (2018), cabe inferir que, a condensação baseia-se na troca térmica úmida derivada da alteração do estado gasoso do vapor d'água compreendido no ar para o estado líquido. Conforme o princípio de funcionamento dos condicionadores de ar, o condensador tem a função de realizar o processo de condensação.

Os processos de refrigeração sofrem influência do local de aplicação, das temperaturas geradas pelo procedimento, produtos usados na criação dos mecanismos de refrigeração. Os sistemas de classificação da refrigeração são divididos em seis categorias: refrigeração doméstica, refrigeração marítima e de transporte, comercial, centrais de ar, refrigeração industrial, e por fim, condicionamento de refrigeração industrial. Os processos de refrigeração acontecem com a retirada do calor para que atinja a temperatura ideal, com uso de uma substância refrigerante que pode ser através de gelo ou mecânica por compressor elétrico (FRANÇA, 2010).

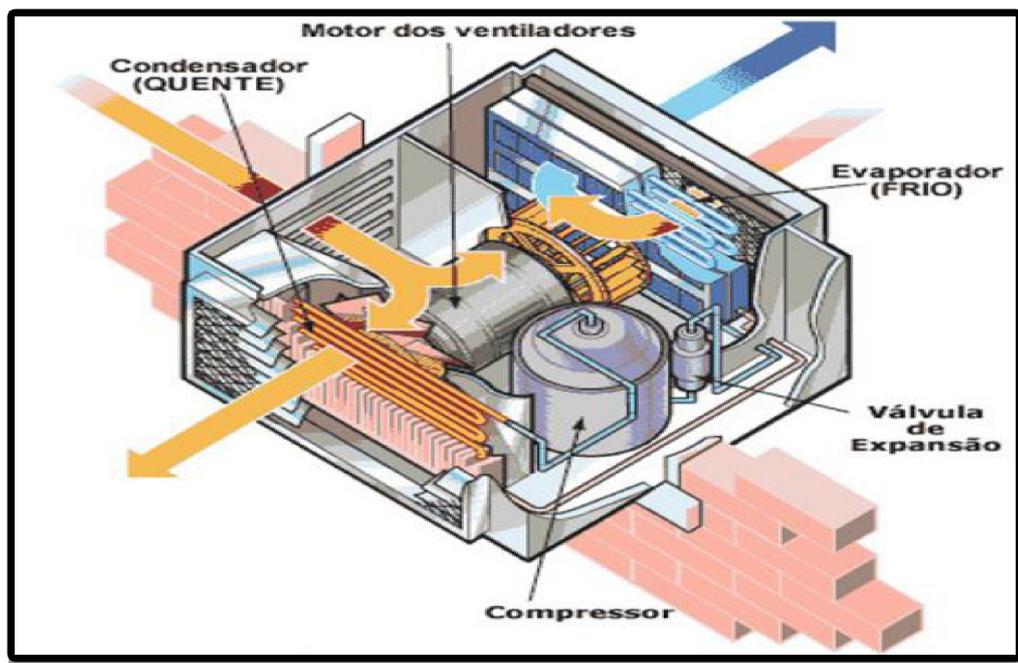
Boaventura (2019) assevera ainda que, os sistemas mais habituais no mercado estão fragmentados entre sistemas descentralizados, sendo que os que se

evidenciam são: os sistemas de ar-condicionado de janela - ACJ, *Split* e *Multi Split*; e os sistemas centrais, como os sistemas VRF e *Chiller*.

3.1 SISTEMA DE AR-CONDICIONADO DE JANELA - ACJ

O sistema de ar-condicionado de janela - ACJ é apontado como um equipamento de baixo custo e instalação fácil, sendo indicado para espaços pequenos, tendo uma variedade de produtos disponíveis no mercado brasileiro com capacidades de potência entre 5000 e 30000 BTU/h (Figura 3). Salienta-se que tal sistema, permite um maior controle individual do funcionamento e temperatura (MILLER, 2014).

Figura 3 – Ilustração do interior de um ar-condicionado de janela - ACJ



Fonte: BOAVENTURA, (2019)

Cabe inferir que a figura 4 apresenta a ilustração do interior de um ar-condicionado de janela, onde tanto a unidade condensadora e a evaporadora são organizadas em um mesmo equipamento. Assim, a sua instalação é realizada permitindo que uma parcela do equipamento possua contato direto com o meio externo, onde tais equipamentos apresentam alta taxa de ruído e possuem alto consumo elétrico.

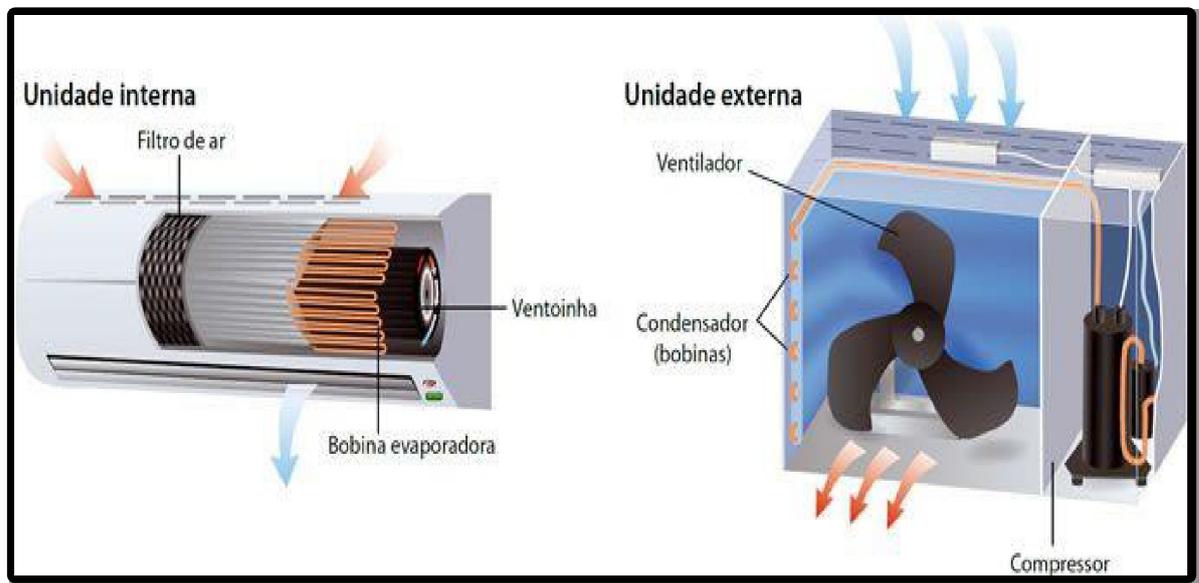
3.2 SISTEMA SPLIT E MULTI SPLIT

O sistema *Split*, por sua vez, apresenta quatro tipos de evaporadores, a saber: *Hi-Wall*, Piso teto, *Cassete* e *Built in*, o que dar maior eficiência, facilidade e inter-relação entre os equipamentos e o ambiente no qual foi instalado, favorecendo atividades de automação (CAMPANHOLA, 2014).

Nota-se então que o sistema *Split*, corresponde a um sistema de refrigeração fragmentado em dois itens como a unidade evaporadora e a unidade condensadora. A unidade evaporadora é localizada dentro do espaço, enquanto que a unidade condensadora, que abastece a unidade evaporadora com o fluido refrigerante líquido, sendo instalada na parte externa, onde a capacidade está em torno de 6000 BTU/h a 60000 BTU/h (CHUANG; ZENG; LEE, 2019).

Assim, a Figura 4 apresenta um esquema dos elementos que compõem o sistema *Split*.

Figura 4 – Ilustração dos componentes em uma unidade de ar modelo *Split*



Fonte: BOAVENTURA, (2019)

As Multi *Splits* corresponde a uma modificação deste sistema, já que um único condensador abastece múltiplas unidades de evaporação, em geral, até quatro (CAMPANHOLA, 2014). Sobreleva que no mercado nacional, são comercializadas com capacidade de 14000 BTU/h a 58000 BTU/h, que podem ser utilizadas em evaporadores do tipo *Hi-Wall*, Piso teto, *Cassete* e *Built in*. Destaca-se que esse

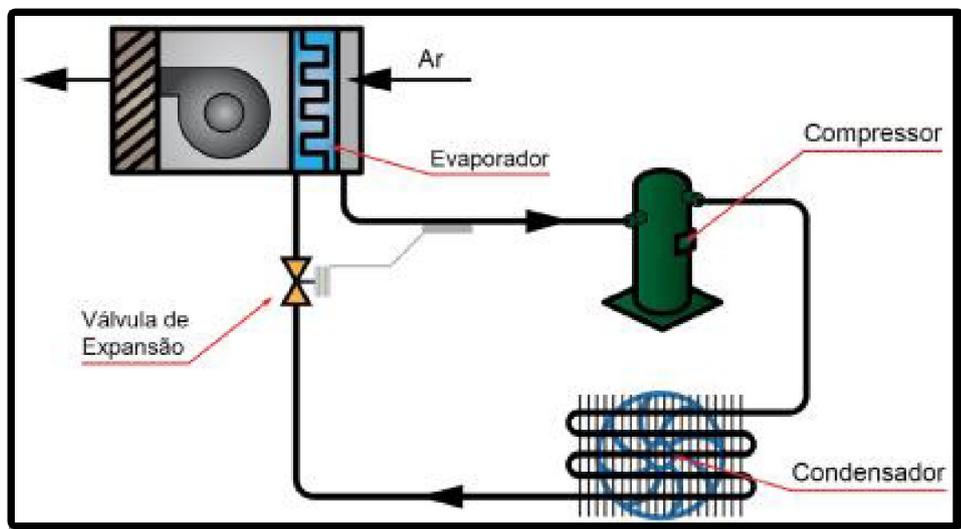
modelo de sistema, são recomendados para residências, pequenos escritórios e ambientes de médio porte, permitindo uma excelente climatização de vários ambientes ao mesmo tempo (OLIVEIRA, 2014).

3.3 SISTEMA VRF

Nos Estados Unidos, o Sistema de Vazão de Refrigerante Variável - VRF foi incorporado no ano de 2000, sendo implantado em edifícios comerciais, tais como hotéis, universidades e prédios de escritórios. No território brasileiro, o emprego desse sistema tem aumentado vertiginosamente, especialmente em prédios comerciais de pequeno, médio e grande porte (KWON et al., 2014).

O sistema de climatização VRF é categorizado como um sistema central *Multi Split* e tem modelo de expansão direta como ilustrado na Figura 5. Conforme Souza (2010), os sistemas de expansão direta possuem o próprio fluido refrigerante, com a realização da troca de calor com o ambiente.

Figura 5 – Ilustração de um ar-condicionado do tipo expansão direta



Fonte: BOAVENTURA, (2019)

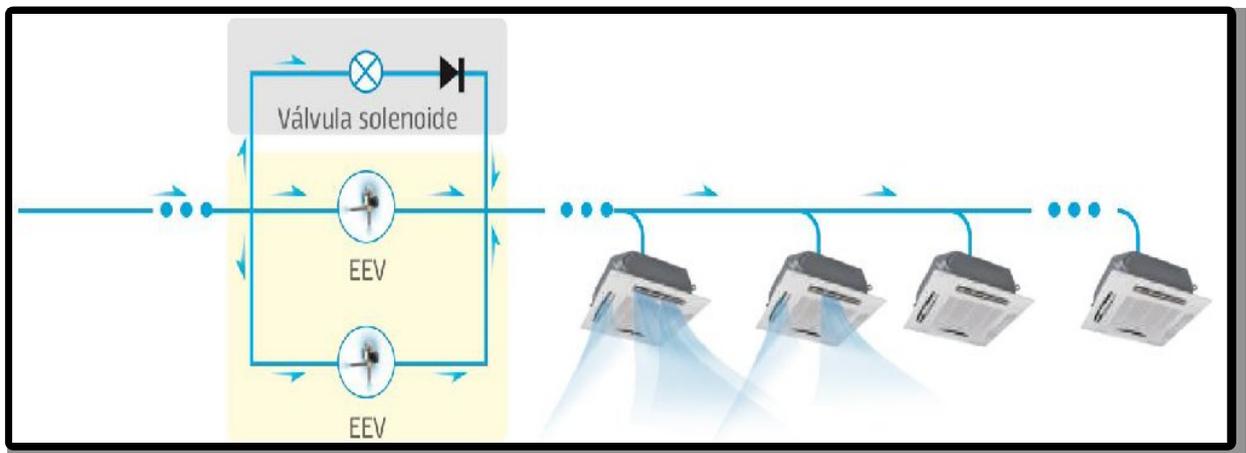
Observa-se na Figura 6 que no sistema de expansão direta, o ar a ser dispensado no ambiente é resfriado quando em contato com a serpentina, realizando a troca de calor. O VRF é composto por um único condensador, que é a unidade externa, o qual é ligado aos vários evaporadores, neste caso, as unidades internas (DUARTE, 2014).

Isto posto, cabe avultar que cada evaporador é operado e controlado de maneira independente, sendo que as principais vantagens do sistema, baseia-se na promoção de controles integrados, operação com baixo ruído, flexibilidade de instalação, redução dos custos de manutenção, dentre outros (KWON et al., 2014).

Em relação a temperatura na parte interna do ambiente, pode-se observar que a vazão de fluido refrigerante é heterogênea por meio do emprego de um compressor com velocidade mutável e as válvulas de expansão eletrônicas são introduzidas em cada unidade interna, que se relaciona à unidade externa por meio de um circuito de refrigeração (CHUANG, 2019).

A Figura 6 apresenta a ilustração de um controle de fluido refrigerante praticado através das válvulas de expansão eletrônicas. Nota-se que as unidades externas dos sistemas VRF apresentam capacidades de 12000 BTU/h a 300000 BTU/h, enquanto que as unidades internas apresentam capacidades de 5000 a 120000 BTU/h (SAAB et al., 2018).

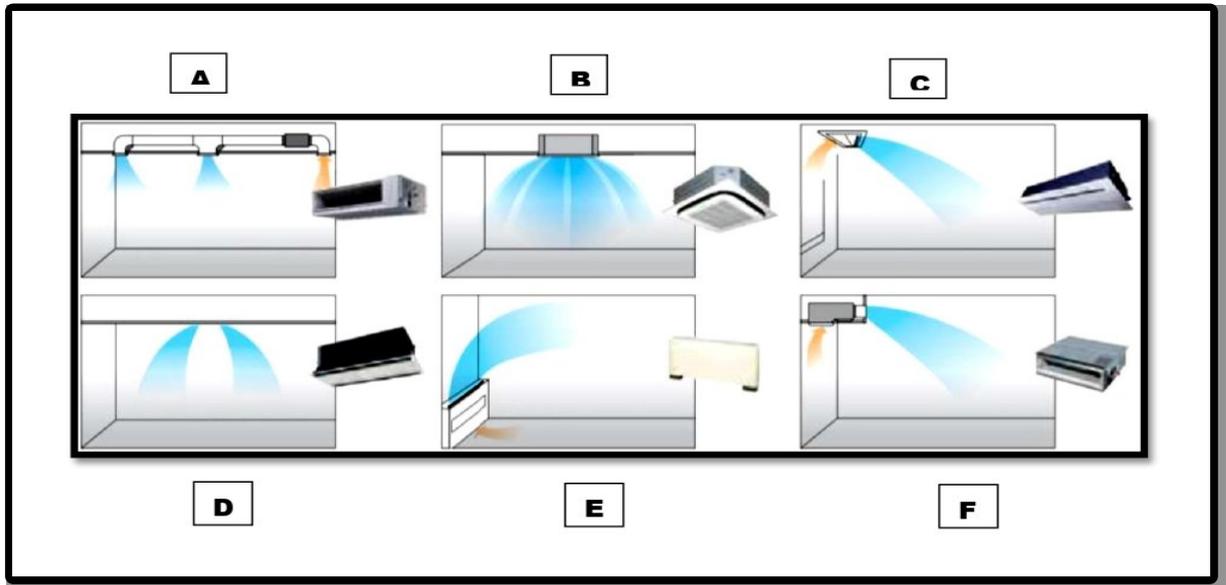
Figura 6 – Ilustração de válvulas de expansão eletrônicas do fluxo de fluido refrigerante no sistema



Fonte: CHUANG, (2019)

Conforme assevera Oliveira (2014), o elemento que diferencia o sistema VRF consiste na associação da tecnologia eletrônica e de sistemas de controle microprocessados, bem como, a interligação de várias unidades internas em um único ciclo de refrigeração, que poderá reunir evaporadores dos modelos *Hi-Wall*, *Piso teto*, *Cassete* e *Built in*, etc, como ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Ilustração de diversas alternativas disponíveis para unidade evaporadora: a) Duto; b) Cassete Round *Flow*; c) Cassete 1 via; d) Cassete 2 vias; e) Piso aparente; f) Duto *Slim*.



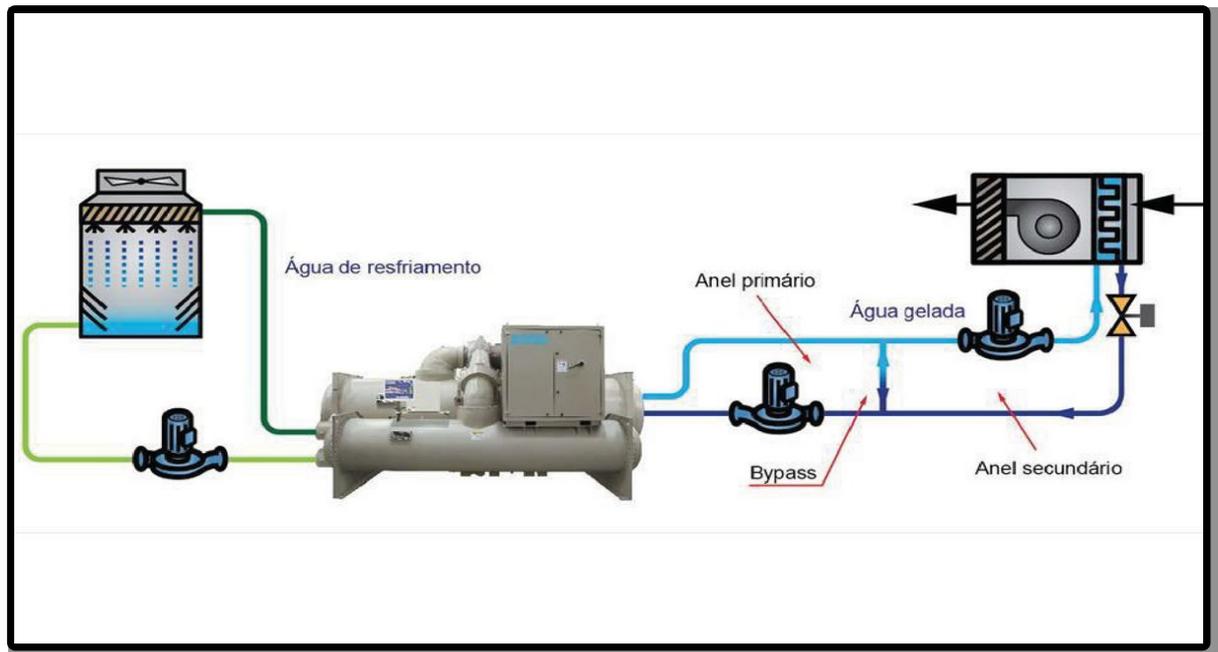
Fonte: CHUANG, (2019)

Em síntese, o sistema VRF se evidencia no mercado em virtude da sua eficiência de operação, baixo ruído e pouco consumo de energia. Evidencia-se ainda que, alguns elementos como temperatura e pressão de fluido refrigerante, são monitorados em tempo integral, o que favorece o maior controle do nível de fluido para cada unidade interna. Em geral, a pressão do fluido refrigerante na unidade evaporadora é de 1000 kPa, a pressão no condensador é de 2700 kPa e a temperatura de evaporação do fluido refrigerante é potencialmente aumentada para diminuir a temperatura do condensador, o que tem interferência direta na dinâmica de eficiência do sistema (DAIKIN, 2017).

3.4 SISTEMA CHILLER

No estudo de Souza (2010), destaca-se que os sistemas *Chiller* baseiam-se em uma central, que apresenta uma ou mais unidades para tratamento de ar de expansão indireta, cada uma operada e controlada independente das demais, são supridas com água gelada. Assim, no sistema de expansão indireta, o fluido refrigerante permite a troca calor com outro fluido, em geral com a água, e, logo, trocará calor com o ambiente.

Figura 8 – Modelo de Ar-condicionado do tipo expansão indireta com uso de *Chiller*



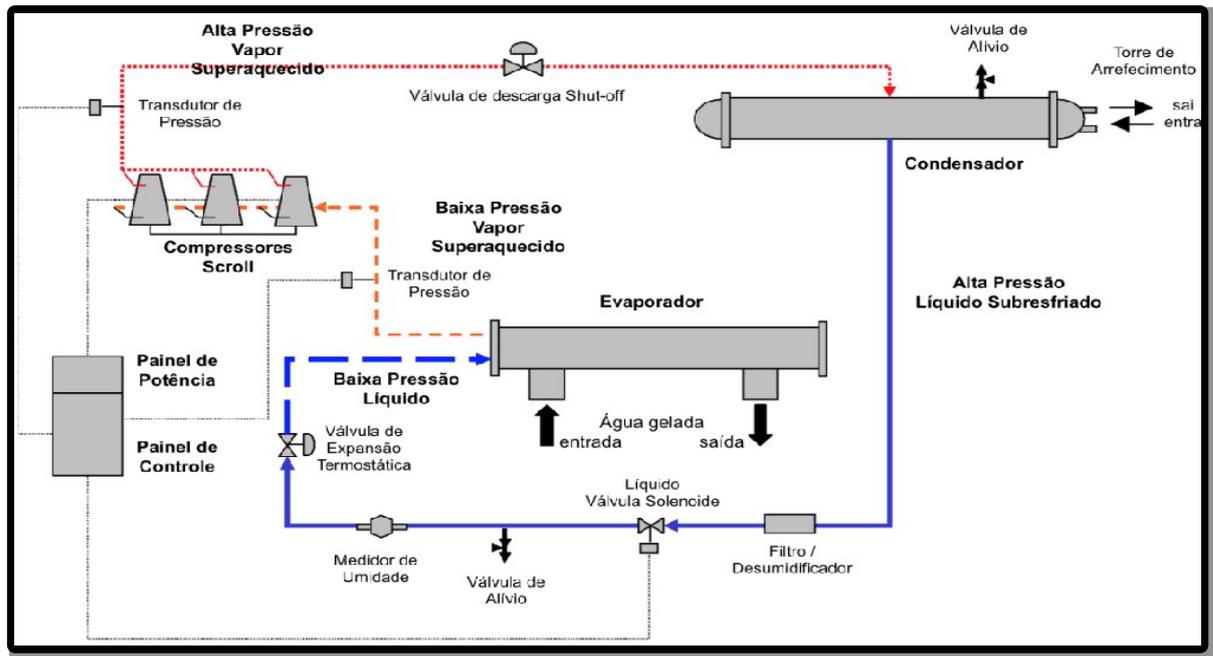
Fonte: BOAVENTURA, (2019)

A Figura 8 demonstra um modelo do sistema de expansão indireta que utiliza um *Chiller* como unidade resfriadora do fluido líquido. A água bombeada circula pelo circuito hidráulico fechado e, após passar pela serpentina responsável por resfriar o ar, é direcionada de volta para o trocador de calor do circuito do sistema de refrigeração. Neste ponto, o fluido refrigerante evapora devido à absorção de calor proveniente da água (BOAVENTURA, 2019).

Diferentemente dos sistemas VRF, que trazem uma automação já embarcada em seus equipamentos, alguns sistemas *Chiller* não contam com um projeto de automação paralelo ao de climatização e, ainda, devido à sua complexidade, são modelos que necessitam de uma área para instalação maior que os demais sistemas (OLIVEIRA, 2014).

A Figura 9 demonstra o esquema de funcionamento de um *Chiller*. Conforme o catálogo técnico da *Johnson Controls*, o fluido refrigerante em baixa pressão (aproximadamente 2760 kPa) escoam pelos tubos do evaporador do tipo caso e tubo, e é evaporado e superaquecido devido à energia calorífica absorvida da água que passa externamente aos tubos (com pressão de aproximadamente 1030 kPa). Vapor entra no compressor e é superaquecido, tendo sua pressão aumentada.

Figura 9 - Esquema do ciclo de funcionamento do *Chiller*



Fonte: BOAVENTURA, (2019)

Esse vapor, à alta pressão (aproximadamente 3860 kPa), passa pelo condensador, onde perderá calor para água que escoar entre os tubos do condensador. O refrigerante condensado, em estado de líquido sub-resfriado, sai do condensador e passa pela válvula de expansão, tendo sua pressão reduzida à pressão do evaporador. Com isso, o fluido retorna ao evaporador, iniciando novamente o ciclo.

As unidades internas instaladas para climatizar os ambientes são denominadas *fan-coils*. Nesse contexto, o *fan-coil* possui uma serpentina de cobre ou alumínio em seu interior, por onde circula a água gelada, e um ventilador composto de um motor que funciona captando o ar do ambiente, forçando a passagem desse ar por filtros, consequentemente pela serpentina onde o ar será resfriado e, por fim, jogando o ar resfriado, que foi forçado a passar entre os tubos de água gelada, para o interior do ambiente em que se deseja diminuir a temperatura.

O uso de *Chillers* é bastante comum em ambientes de indústria, em hospitais e shoppings. Na China, de acordo com Chuang (2018), os *Chillers* são amplamente utilizados em prédios comerciais e de escritórios, hotéis e residências. No entanto, apresentam consumo de energia considerável devido ao funcionamento ininterrupto durante as horas de ocupação dos estabelecimentos.

4 ÁGUA DERIVADO DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO

No atual contexto mundial, a utilização de recursos de forma econômica e sustentável é um requisito fundamental ao projeto de novos sistemas produtivos. Dentre os principais pontos a serem considerados tem-se os custos diretos, relacionados ao consumo de água, energia elétrica, entre outros e, os custos indiretos, relacionados à manutenção e operação dos sistemas que compõem uma instalação civil (ALMEIDA; VILLANI; MIYAGI, 2010).

Rigotti (2014) destaca que a água dispensada pelo sistema de drenagem, em geral, é desprezada de forma direta no ambiente externo, seja em jardim, calçada ou rua. Todavia, tal ação é sinônimo de um grande problema ambiental, haja vista que, a água gotejada durante um período longo, e sem os cuidados adequados, poderá desencadear a formação de diminutas poças, propícios à proliferação de mosquitos, criação de lodo, que poderá provocar acidentes com pedestres.

Já no campo da engenharia civil, observa-se que um dos grandes entraves está relacionada a degradação da estrutura da edificação, como é o caso de marquises, devido ao contato direto com a água e de forma diária, bem como a exposição de parte do aparelho aos intempéries do tempo, que tem interferência direta no desenvolvimento do aparelho (CALDAS; CAMBOIM, 2017).

De acordo com Silva (2020) destaca ainda que a umidade em construções é um dos problemas mais recorrentes e de difícil correção, não sendo encarado apenas como uma patologia, mais também favorece a manifestação de outras, como é o caso mofo e bolor, que se proliferam mediante favorável umidade e calor.

Todavia, mesmo essa água gotejando um bom tempo da ideia de que trata-se de um problema sem solução, poderá ser evidenciado de que ao fim da sua atividade em um dia inteiro, o aparelho de ar condicionado concentra inúmeras gotas que correspondem a vários litros de água, e logo, induz a sua utilização em várias para inúmeras tarefas sustentáveis, tendo uma boa contribuição a automatização do sistema ou mesmo a construção de um projeto voltado a consolidar um sistema de captação de água (CALDAS; CAMBOIM, 2017).

Nessa linha de raciocínio, Carvalho (2012) destaca que a água condensada na parte interna do aparelho, de forma divergente ao que se entende, não possui nenhum tipo de contaminação através da maneira de operação do mesmo. Todavia, não é potável, pois o sistema condensa o ar do ambiente, e logo, poderá apresenta várias

impurezas, contudo ao realizar análises, conclui-se que a água oriunda dos aparelhos estão em alinhamento aos requisitos basilares da Portaria nº 2.914/11.

Insta salientar que ainda inexiste regulamentação nacional no tocante à água que é segregada dos aparelhos de ar condicionado, sendo que, em algumas cidades, já existem legislações municipais voltadas a promover a sustentabilidade através do aproveitamento da água de sistema de refrigeração, como é o caso de Porto Alegre através da Lei Municipal nº 2/75 e São Bernardo do Campo, através da Lei Municipal nº 4892/00, onde o gotejamento de água nas vias públicas é sujeito de multa, todavia a fiscalização é falha, o que desencadeia a falta de compromisso dos condomínios na busca de elaboração de projetos para reuso da água (SILVA, 2020).

Entretanto, no contexto brasileiro, não se reconhece nenhuma normativa legal que verse acerca da temática, ou mesmo crie diretrizes para a execução de projetos de aproveitamento da água de condensação (OLIVEIRA et al., 2021).

Assim, através das leis municipais, a água derivada de sistema de refrigeração, que no primeiro momento se apresenta como um elemento inconveniente nas calçadas, poderão agregar um bom quantitativo de litros de água ao final do dia, que permitirá ser reutilizada em práticas sustentáveis, e logo, favorece uma economia não apenas financeira, mas também economia dos recursos de água potável do planeta. Observa-se então que o aproveitamento da água é positiva para instituições como Universidades e Hospitais, bem como, das próprias residências e condomínios (SOARES, 2017).

Nos aparelhos de ar condicionado, o dreno corresponde ao elemento que retira a água expelida. Quando em execução, o equipamento recolhe a umidade do ambiente em que está instalado, e executa um processo de condensação, onde é habitual que alguns problemas do ar condicionado poderá originar no dreno, ou seja, se não estiver em condições adequadas, poderá ocasionar o gotejamento na unidade interna, diminuição da eficiência do aparelho e cheiro fétido no ambiente em que o ar condicionado executa as suas atividades (OLIVEIRA et al., 2021).

Diante desse cenário, torna-se imprescindível a realização de manutenção periódica, tanto do aparelho de ar condicionado como no sistema de drenagem do equipamento, sendo uma atividade de custo baixo e execução simples. Nesse ínterim, existem dois tipos de drenos mais populares, em aparelhos de ar condicionado, que são os drenos em aparelhos do tipo *Split* e em aparelhos do tipo Janela. Contudo, hoje os aparelhos de ar condicionado do tipo Janela quase não são mais empregados

obsolescência, onde o mercado consumidor é largamente atendido pelos aparelhos do tipo *Split* em face da sua economia, elegância e praticidade (ARAÚJO; LIMA; SILVA, 2018).

Por sua vez, o estudo de Bastos e Calmon (2013) complementa o entendimento, apresentando um modelo de sistema para aproveitamento da água produzida pelos aparelhos de ar condicionado, em que é reutilizado em descargas de banheiro, o que favorece uma redução significativa do consumo de água tratada, p que produz uma economia para a edificação, além de contribuir para a maior preservação dos recursos hídricos, em alinhamento, com as premissas da sustentabilidade.

Já Loveless et al., (2013) asseveram que inúmeras regiões do mundo possuem elevado potencial de produção de água condensada, onde o volume gerado de água do condensado dependerá diretamente da umidade relativa do ar, que, logo, depende de padrões climáticos.

4.1 DRENAGEM X APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE AR CONDICIONADO

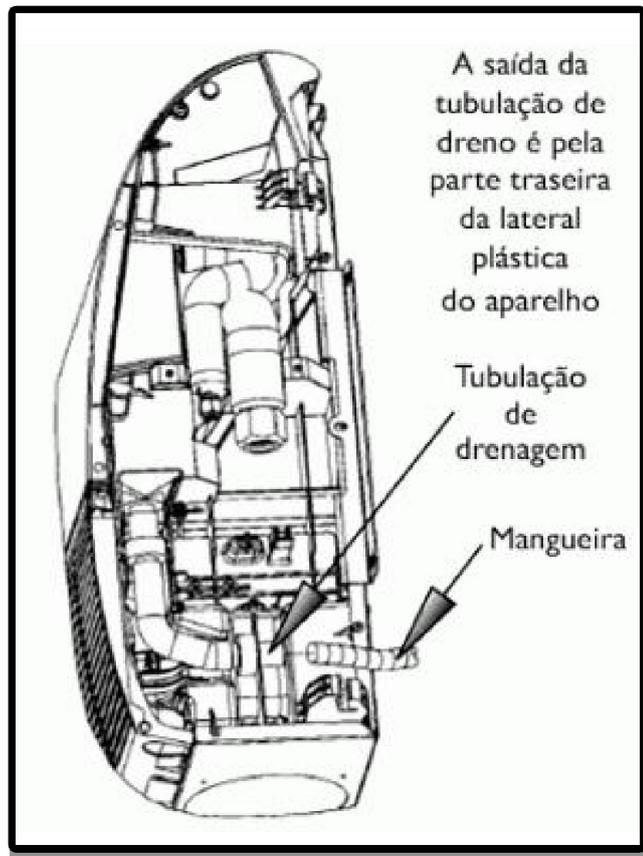
Segundo Mota et al. (2011), o aproveitamento da condensação confeccionada pelos condicionadores de ar dependerá da coleta eficiente do sistema de drenagem, permitindo uma adequada condução do líquido para um sistema de armazenagem, localizado na edificação, para posterior distribuição em alguns ambientes da obra.

Dentre as modalidades simplificadas de drenagem e aproveitamento da água de ar condicionado, pode-se elencar: o emprego de baldes para recolher o gotejamento de água durante o funcionamento do sistema de refrigeração, que são dispersadas pelo sistema de drenagem do equipamento; uso de mangueiras e cano de esgoto de PVC para coletar a água, desembocando em um reservatório, para ser utilizadas em atividades de limpeza, dentre outras (OLIVEIRA et al., 2021).

O aproveitamento da água do ar-condicionado produz vários benefícios ao meio ambiente, social e econômico, contudo, com ênfase no segmento ambiental, pode-se inferir, que auxilia na inibição do acúmulo de água para a proliferação de mosquitos como o *Aedes aegypti*, redução da quantidade de água voltada para drenagem urbana, diminuição da quantidade de água extraída dos mananciais, fomenta a prática da educação ambiental e sustentabilidade, dentre outras (CARVALHO JÚNIOR; BLOOMFIELD; GONÇALVES, 2022).

Dessa forma, pode-se inferir que o sistema de drenagem é oriundo da unidade interna, deslocando a água para o ambiente externo através de dutos que devem ser previamente instalados por um profissional, conforme recomendações e parâmetros técnicos, a fim de evitar potenciais problemas secundários, como por exemplo, ao invés de expelir a água para o ambiente externo, poderá goteja-la para o ambiente interno, como ilustrado na figura seguinte.

Figura 10 – Tubulação de drenagem



Fonte: SILVA, (2020)

Cabe inferir que quando um instalador profissional vem implementar um aparelho de ar condicionado, o mesmo deverá tomar cautela e ter precisão na instalação da tubulação ou mesmo do dreno para que a instalação esteja em alinhamento com o regulamento das edificações, em face do gotejamento para espaço externo que iria acontecer se inexistisse a instalação de sistema de drenagem. Desse modo, quando o sistema não é instalado, poderá o próprio cliente final implementar o sistema de drenagem em casos de aparelho do tipo Janela, sem necessidade de

conhecimentos ou domínio de técnicas específicas, haja vista que trata-se de um processo simples (SILVA, 2020).

Nessa perspectiva, todos os aparelhos desse tipo de condicionador de ar possuem um bico de saída de drenagem, que permite a instalação secundária de uma mangueira. Em situações que não são instaladas, a água gotejará no parapeito da janela ou em calçadas e marquises, podendo ter sequelas à estrutura da construção, sendo então imprescindível a instalação rápida de uma mangueira a fim de prevenir danos ao aparelho de ar condicionado e a edificação (OLIVEIRA et al., 2021).

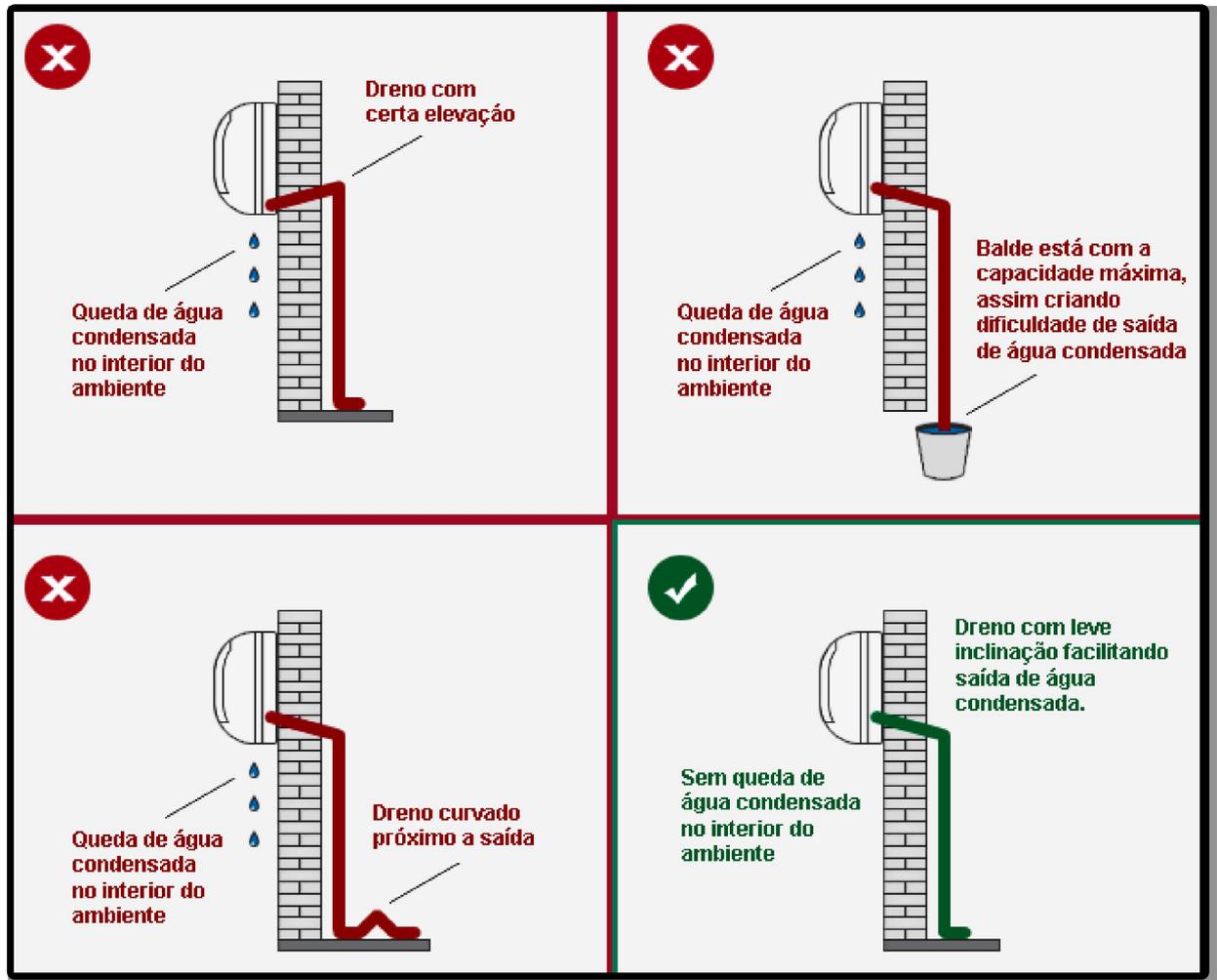
Destarte, para a realização da instalação, no primeiro momento, é necessário a inspeção do bico de saída de drenagem do aparelho de ar condicionado para assim determinar o modelo, haja vista que, a grande parcela dos bicos é feito com material plástico, apresentando rebarbas, fato que exige que a mangueira seja acoplada com uma abraçadeira circular (SOARES et al., 2021).

Em situações que o aparelho de ar condicionado é do tipo Janela, e o mesmo apresente bico com rebarbas, far-se-á necessário, que seja realizado um corte no acoplador, em um dos lados da mangueira com emprego de uma lâmina, para em seguida, seja adicionado uma abraçadeira circular no comprimento da mangueira e acoplado ao bico com rebarbas, e apertada com uma chave de fenda. Dessa forma, será possível que a água seja redirecionada para o recipiente de armazenamento (CARVALHO JÚNIOR; BLOOMFIELD; GONÇALVES, 2022).

Consoante a isso, nos aparelhos de ar condicionado do tipo *Split*, a drenagem é realizada obrigatoriamente através de dutos. Nestes equipamentos o dreno sai da evaporadora, sendo deslocado para o ambiente externo. Na parte interna, é recomendado o emprego do lado direito para saída de dreno, enquanto que, nas demais tubulações, a evaporadora fica do lado esquerdo (SOARES; SOUZA JÚNIOR; SILVA, 2021).

Insta salientar que, os drenos deverão ser devidamente instalados, considerando que o fenômeno da gravidade é responsável pelo escoamento da água. Contrariamente, a água poderá gotejar no espaço interno ou mesmo, terá entraves para o bom fluxo do escoamento, como ilustrado na Figura 11 (SILVA, 2021). É imperioso avultar ainda que, após explicado o modo de instalação dos aparelhos de ar condicionado do tipo *Split*, poderá ser realizado o dimensionamento de sistema de drenagem, armazenamento e distribuição da água derivada do ar condicionado para aproveitamento.

Figura 11 – Esquema de instalação do dreno de água em aparelhos de ar condicionado



Fonte: SILVA, (2020)

No que concerne o aproveitamento, os projetos deverão contemplar obras de drenagem, que surgem no intuito de melhorar as condições de meio ambiente, sendo que a sua construção, deverá ser realizada através de um estudo sistemático da estrutura, considerando desde o ponto de localização até as normas e critérios geotécnicos, econômicos, de segurança e social, além da determinação de medidas prévias de reparo (CARVALHO JÚNIOR; BLOOMFIELD; GONÇALVES, 2022).

4.2 APROVEITAMENTO DA ÁGUA

A água por sua vez é um recurso natural que tem um valor inapreciável. Mais que qualquer coisa é indispensável a produção e um recurso de estratégia para

qualquer desenvolvimento econômico. A água é de grande relevância para os ciclos biológicos e químicos que mantêm em equilíbrio os biosistemas (RANGEL, 2012).

Segundo Ribeiro (2012), o aproveitamento da água é o passo pelo qual a água, tratada ou não, é novamente utilizada para o mesmo ou outro fim. O reuso da água, baseia - se no uso de água residuária ou água de menor qualidade que a tratada ou não. A água proveniente de aproveitamento, por se tratar de uma água não potável não pode ser utilizada para consumo, podendo ser empregada para uso doméstico como lavagem de áreas, carros e até mesmo aguar plantas.

Nesse sentido, pode-se dizer que, de acordo com o artigo 2º da Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH possui as seguintes definições:

- a) Água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratadas ou não;
- b) Reuso de água: utilização de água residuária;
- c) Água de reuso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;
- d) Reuso direto de água: uso planejado de água de reuso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;
- e) Produtor de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reuso;
- f) Distribuidor de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reuso;
- g) Usuário de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público.

A água de reuso é imprópria para o consumo, mas pode ser utilizada com diversos propósitos, como, por exemplo, geração de energia, refrigeração de equipamentos, lavagem de veículos etc. A prática do reuso permite que um volume maior de água permaneça disponível para outras finalidades, garantindo seu uso racional e reduzindo a demanda de água sobre os mananciais, uma vez que há substituição do uso de água potável por uma de qualidade inferior (FETRANSPOR, 2012)

Segundo Oliveira et al., (2021), a reutilização de águas residuárias, de uma maneira geral, e das domésticas, de forma particular, promove as seguintes vantagens:

- Propicia o uso sustentável dos recursos hídricos;
- Minimiza a poluição hídrica nos mananciais;
- Estimula o uso racional de águas de boa qualidade;

- Permite evitar a tendência de erosão do solo e controlar processos de desertificação, por meio da irrigação e fertilização de cinturões verdes;
- Possibilita a economia de dispêndios com fertilizantes e matéria orgânica;
- Provoca aumento da produtividade agrícola;
- Gera aumento da produção de alimentos;
- Permite maximizar a infraestrutura de abastecimento de água e tratamento de esgotos pela utilização múltipla da água aduzida. Insta asseverar que o aproveitamento da água é um fator preponderante da renovação sustentável em um mundo altamente consumista e inconsciente sobre conservação do recurso hídrico. Em vista disso, a prática do reuso, dentre outros processos, é uma forma de amenizar e renovar a água desperdiçada constantemente em nosso planeta.

A utilização de águas provenientes de reuso possibilita que um volume maior de água permaneça disponível para outras finalidades, assegurando um uso racional e diminuindo a demanda de água sobre os mananciais, uma vez que há substituição do uso de água potável por uma de qualidade inferior, (FETRANSPOR, 2012).

4.3 SISTEMA DE COLETA E RESERVATÓRIO

A estrutura para captar água proveniente dos aparelhos de ar condicionado é simples. Deverá ser instalada tubulação de PVC ou de polietileno ao final dos drenos dos aparelhos de ar condicionado do tipo Split que redirecionará toda a água para um reservatório. Caso a água seja utilizada somente para lavagem e jardinagem, não precisa passar por um tratamento, contudo, se for reutilizada para consumo, deverá ser observado as características físico-químicas.

O aproveitamento de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado deve ser considerado uma solução para a escassez de água no Brasil, sobretudo na região estudada, onde já existem além de escassez, disputas por recursos hídricos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a atual conjuntura dos graves impactos ambientais, o uso abusivo dos recursos hídricos, e a promoção da política de sustentabilidade, pode-se asseverar que uma das alternativas para desacelerar o desperdício é o uso racional e consciente, com implementação de metodologias e estratégias voltadas a reutilizar os recursos hídricos com segurança, eficiência e efetividade. Ademais, é inegável o a viabilidade do aproveitamento da água derivada do sistema de refrigeração com realocação dos efluentes de forma mais sustentável.

Nessa linha de raciocínio, perante os inúmeros desafios que a sociedade moderna apresenta, os principais e mais impactantes, que tratam das desigualdades sociais, tem-se o descaso com o meio ambiente e a não autonomia das comunidades locais. Desse modo, a resolutiva mais eficiente para esse entrave não possui apenas uma perspectiva, nem tampouco apresenta uma decisão pacificada, que em muitos casos, é oriundo de um arsenal de interesses monopolizadores e de multinacionais, devendo levar em consideração os aspectos e peculiaridades regionais de cada comunidade.

O Brasil ainda não faz uso em grandes proporções dos sistemas de aproveitamento da água em atividades de limpeza, possui condicionantes favoráveis à adoção desta medida e já apresenta algumas iniciativas no sentido de maior utilização desta solução. Com isso, analisa-se que a utilização de técnicas de reutilização de água é de grande valia para a diminuição do escoamento através do sistema de drenagem público, atenuando os problemas de infraestruturas nas cidades, como por exemplo as enchentes.

Com o objetivo basilar de contornar as consequências trazidas pelo crescimento urbano e inovações rurais, bem como a escassez dos recursos hídricos, tem-se a implantação de sistema de aproveitamento da água derivada de ar condicionado nas construções de edifícios residenciais e comerciais. O custo da implantação deste sistema sustentável é consideravelmente baixo.

A construção sustentável apontada neste estudo, apresentou-se como adaptativa, inexistem formulações prontas, ou seja, não existe um pacote definido primariamente. Assim, conceber metodologias construtivas de natureza sustentável favorece uma alta competitividade com os modelos convencionados de residências que priorizam apenas o consumo de água potável, com desgaste do meio ambiente.

O aproveitamento de água produzida pelos aparelhos de ar condicionado deve ser considerado uma solução para a escassez de água no Brasil, em especial nas regiões com carência de recursos hídricos. Nesse ínterim, o projeto de reutilização se apresenta como uma solução simples, eficiente e de baixo custo para o indivíduo, sendo o benefício principal, a diminuição do consumo de água.

No que concerne o custo de execução e economia de água e financeira do projeto de sistema de aproveitamento de água de ar condicionado, é clarificado que são acessíveis e de alta viabilidade, sendo de grande relevância para a manutenção de um recurso fulcral para a vida, a água.

Complementando o entendimento, a viabilidade de um sistema de drenagem, captação, distribuição e reutilização da água, em favor do progresso da qualidade ambiental e redução dos custos, apresenta benefícios em vários segmentos, a saber: social, ambiental, político, econômico e saúde. O emprego de técnicas sustentáveis incorporam melhoria na edificação, já que incentiva o uso racional dos recursos públicos, com a consolidação de uma consciência coletiva socioambiental, com reflexos positivos na qualidade de vida e bem estar do indivíduo e da sociedade.

Desse modo, pode-se inferir que o aproveitamento da água proveniente do sistema de refrigeração é uma alternativa sustentável largamente empregada em virtude da redução dos custos econômicos, melhora significativa na funcionalidade do ambiente, menor consumo de água potável, promove maior integração do homem com a natureza, dentre outras.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que o aproveitamento da água do sistema de refrigeração se apresenta como uma alternativa viável para a sociedade, onde o sistema é de baixo custo e apresenta benefícios sociais, econômicos e ambientais, podendo a água ser utilizada para atividades que possam empregar água não potável como em jardim, descargas de vasos sanitários, limpeza de casas, cemitérios.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2019.
- ALMEIDA, A.G.; VILLANI, E.; MIYAGI, P.E. **Abordagem híbrida para modelagem de sistemas de ar condicionado usando Rede de Petri**. 9º Congresso Ibero-americano de Engenharia Mecânica, 2010.
- ARAÚJO, F.; LIMA, A.; SILVA, C. A. Reutilização da água do ar condicionado, uma prática de sustentabilidade na escola municipal Maria Rufina de Almeida, Manaus/AM. **Revista Científica Semana Acadêmica**. 2018, 1(158), 1-18.
- BARBORA, T.; COELHO, L. Sustentabilidade por meio do reuso da água dos aparelhos de ar condicionado da faculdade de tecnologia deputado Waldyr Alceu Trigo – Fatec Sertãozinho. **Revista Academus**. 4(1), 2016.
- BASTOS, C.S.; CALMON, J.L. Uso de água residual do ar condicionado e de água pluvial como gestão da oferta em uma edificação comercial: estudo de caso. **Hábitat Sustentable**. 2013, 3(2), 66-74.
- BOAVENTURA, R.D. **Comparação da eficiência energética entre os sistemas de climatização CHILLER e VRF para implantação no sul e sudeste do Pará**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Faculdade de Engenharia Mecânica, Marabá, 2019.
- CABRAL, F.; et al. **Sustentabilidade aplicada a partir do reaproveitamento de água de condicionadores de ar**. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção, Fortaleza, CE, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2015.
- CALDAS, C.M. **Uma proposta projetual de uma Ecovilla a partir dos princípios da bioconstrução**. [Monografia]: Vila Velha, Universidade Vila Velha, 2018.
- CALDAS, J.; CAMBOIM, W. L. L. Aproveitamento da água dos aparelhos condicionadores de ar para fins não potáveis: avaliação da viabilidade de implantação em um bloco do Unipê. **Revista InterScientia**, João Pessoa, v. 5, n. 1, p. 166-188, 2017.
- CAMPANHOLA, F.P. **Avaliação de sistemas de condicionamento de ar para salas de prédio público**. 2014 (Monografia): Universidade Federal de Santa Maria, 2014.
- CARVALHO JUNIOR, A.; BLOOMFIELD, W.; GONÇALVES, J.R. **Edifícios Sustentáveis**. TEC-USU, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 56-66, 2022.
- CARVALHO, C. **Caracterização quali-quantitativa da água da condensadora de aparelhos de ar condicionado**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Cuiabá, MT, 2015.

CARVALHO, F. **Caracterização quali-quantitativa da água da condensadora de aparelhos de ar condicionado**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Cuiabá, MT, 2012.

CARVALHO, M.; CUNHA, S.; FARIAS, R. A. Caracterização quali-quantitativa da água da condensadora de aparelhos de ar condicionado. **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, 2012, v.12, n.5.

CASTELLIANO, J.M. **Custos e soluções para instalação de ar-condicionado em edificações verticais**. 2019, (Monografia), João Pessoa, UNIPE, 2019.

CHUANG, H.; et al. **Study on a fan coil unit and Chiller by an intelligent control method with a stepless variable speed driving technology**. Building and Environment, 2018.

CHUANG, H.; ZENG, Y.; LEE, C. **Study on a Chiller of air conditioning system by sensing refrigerant pressure feedback control with stepless variable speed driving technology**. Building and Environment, 2019.

COSMO, M.N.S. **Aproveitamento da água de sistemas de ar condicionado – estudo de caso em uma universidade do semiárido cearense**. 2021, (Monografia): Cratéus, UFCE, 2021.

COSTA, R.P. **Estudo do reaproveitamento da água proveniente dos condicionadores de ar na UTI do Hospital Osvaldo Cruz em Palmas- TO**, um estudo de caso. 2017, (Monografia): Palmas, ULBRA, 2017.

DAIKIN. **VRV Inova**. 2017. Disponível em: <
<https://www.daikin.com.br/static/uploads/conteudos/downloads/download5c066aa9e065a.pdf> >. Acesso em: 15 mar.2022.

DUARTE, V.C.P. **Comparação do desempenho energético de sistemas de climatização para uma edificação comercial em Florianópolis/SC**. Dissertação de mestrado, UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, 2014.

FETRANSPOR, Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro. **Reuso de água em garagens de ônibus**. 2012. Disponível em: <
<http://www.fetranspordocs.com.br/downloads/>> Acesso em: 02 jun.2022.

FILHO, J.; SILVA, W. M. Viabilidade da reutilização da água proveniente de ar condicionado. Engenharia no século XXI. **Paisson**. 2020, 50-61.

FORTES, P.D.; JARDIM, P.W.; FERNANDES, J.G. Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado. **XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2015, v.12, n.6.

FRANÇA, R. **Sistema de refrigeração**. 2010, (Monografia): UFJF, 2010.

KWON, L.; et al. Experimental investigation of multifunctional VRF system in heating and shoulder seasons. **Applied Thermal Engineering**, 2014, v.12, n.7.

LOVELESS, K.J; et al. Collection of Condensate Water: Global Potential and Water Quality Impacts. **Water Resources Management**. 2013, 27(5), 1351-61.

MANETTA, B. R.; et al. Unidades de conservação. **Engenharias On-line**, v. 1, n. 2, p. 1-10, 2016.

MILLER, R. **Ar-condicionado e Refrigeração**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

MOTA, T.; et al. **Utilização da água de sistemas de ar condicionado visando o desenvolvimento sustentável**. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, PR, 2011.

MOTA, T.R.; OLIVEIRA, D.M.; INADA, P. Reutilização da Água dos Aparelhos de Ar Condicionado em uma Escola de Ensino Médio no município de Umuarama-PR. **Encontro Internacional de Produção Científica**, 2011, v.6, n.4.

OLIVEIRA, A.; et al. Viabilidade de implantação de sistema de reaproveitamento de água de aparelhos de ares-condicionados: estudo de caso no prédio principal da Christus Faculdade do Piauí. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e203101119510, 2021.

OLIVEIRA, D.F. **Metodologia para análise e escolha de sistemas de condicionamento de ar**. Trabalho de Conclusão de Curso, UFES, Vitória, Espírito Santo, 2014.

PEREIRA, R.M. **Diagnóstico sobre a produção de água dos condicionadores de ar para fins não potáveis**. 2019, TCC de Graduação (Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Amazonas.

PIRANI, J.G. **Permacultura e bioarquitetura: perspectivas na produção do espaço urbano**. [Monografia]: São Paulo, Universidade Anhembi Morumbi, 2014.

RIBEIRO, G.S.R.B. **Reuso de água: em garagem de ônibus**. Rio de Janeiro: Fetranspor, 2012.

RIGHI, D.; et al. **Cobertura verde: um uso sustentável na construção civil**. Universidade Federal de Santa Maria, Ed. 04, 2016.

RIGOTTI, P.A.C. **Projeto de aproveitamento de água condensada de sistema de condicionadores de ar**. 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2014.

SAAB, R.; et al. Variable refrigerant flow cooling assessment in humid environment using different refrigerants. **Journal of Environmental Management**, 2018, v.5, n.6.

SILVA et al. Future scenarios of thermal bioclimatic conditions in a humid tropical city under urban development. **Revista Ambiente e Água**. Taubaté. V. 13, n. 5, e. 2092, 2019.

SILVA, J.R.R. **Viabilidade da coleta de água proveniente de sistemas de refrigeração**. 2020, (Monografia): Rio Verde, Instituto Federal Goiano, 2020.

SOARES, M.C.; SOUZA JUNIOR, G.; SILVA, S.R. Aproveitamento de água de aparelhos de ar condicionado em prédio público do estado de Pernambuco. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, e85101623372, 2021

SOARES, M.C.D.M. **Reúso de água dos aparelhos de ar condicionado para fins não potáveis em prédio público administrativo**. 69. 2017, Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Universidade de Pernambuco. Recife, PE, Brasil.

SOUZA, W. B. **Comparação entre dois sistemas de ar-condicionado para um prédio histórico**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso, UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

TUGOZ, J.; BERTOLINI, G.; BRANDALISE, L.T. Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma escola sustentável. **Journal of Environmental Management and Sustainability – JEMS. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, vol. 6, n. 1, janeiro/ abril, 2017