

**INSTITUTO FEDERAL**

Goiano

Campus Rio Verde

**ENGENHARIA CIVIL**

**VIABILIDADE DA COLETA DE ÁGUA PROVENIENTE DE  
SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO**

**JORGE RICARDO R. SILVA**

**Rio Verde, GO**

**2020**

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
ENGENHARIA CIVIL

**VIABILIDADE DA COLETA DE ÁGUA PROVENIENTE DE SISTEMAS  
DE REFRIGERAÇÃO**

**JORGE RICARDO RODRIGUES DA SILVA**

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Ms. Bruna Elói do Amaral

Rio Verde - GO  
Fevereiro, 2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

SSI586 Silva, Jorge Ricardo Rodrigues da  
v Viabilidade da coleta de água proveniente de  
sistemas de refrigeração / Jorge Ricardo Rodrigues da  
Silva; orientadora Bruna Elói do Amaral. -- Rio Verde,  
2020.  
33 p.

Monografia ( em Engenharia Civil) -- Instituto  
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

1. Ar condicionado. 2. Reaproveitamento de água.  
3. Sistema de captação de água. I. Amaral, Bruna Elói  
do, orient. II. Título.

**JORGE RICARDO RODRIGUES DA SILVA**

**VIABILIDADE DA COLETA DE ÁGUA PROVENIENTE DE  
SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO**

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 07 de fevereiro de 2020, pela Banca  
Examinadora constituída pelos membros:

Bruna Elói do Amaral  
Prof. Me. Bruna Elói do Amaral

Murilo Mendes Fontes  
Eng. Murilo Mendes

Wilker Alves Moraes  
Prof. Dr. Wilker Moraes

Rio Verde, GO

Fevereiro, 2020

## RESUMO

SILVA, Jorge Ricardo Rodrigues. **Viabilidade da coleta de água proveniente de sistemas de refrigeração**. 2020. 30p Monografia (Curso de Bacharelado de Engenharia Civil). Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2020.

A escassez de água em todo o planeta, juntamente com diversos outros problemas ambientais, é um assunto recorrente na sociedade atual. Perante essa constatação são necessárias propostas que possibilitem o desenvolvimento sustentável, capaz de suprir as necessidades atuais da população, com a garantia de atender às necessidades de gerações futuras. De uma maneira mais clara, busca-se diminuir o desperdício por meio do consumo racional da água, assim como seu reaproveitamento, quando possível. Na engenharia civil, tem-se como grande vetor do desperdício os aparelhos de ar condicionado que devido ao seu sistema de refrigeração, descarta quantidades de água consideráveis diariamente. Considerando a larga escala de utilização desses aparelhos, o desperdício se torna ainda maior. O trabalho objetivou a quantificação da água condensada em aparelhos de ar condicionado no Bloco Pedagógico 3 do IFGoiano – Campus Rio Verde, dimensionar e orçar o sistema de coleta e armazenamento, assim como orientar sobre possíveis meios de reutilizar a água armazenada. Sistemas provisórios foram instalados nos aparelhos escolhidos e a medição se deu por 3 vezes ao dia durante 3 dias, possibilitando assim a obtenção do volume médio condensado. Os resultados obtidos a partir das análises foram satisfatórios e por meio de estimativas observou-se um grande volume escoado no período de um ano. Dessa forma, foi possível dimensionar o sistema de coleta e armazenamento definitivo a ser instalado no local de estudo. O reuso dessa água pode economizar até 380 reais anualmente e o custo do sistema é baixo considerando seu benefício financeiro e ambiental.

**Palavras-chave:** Ar condicionado, Reaproveitamento de água, Sistema de captação de água

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Distribuição de recursos hídricos, superfície e população .....	11
<b>Tabela 2:</b> Volume médio das amostras coletadas em 1 hora no aparelho 1.....	22
<b>Tabela 3:</b> Volume médio das amostras coletadas em 1 hora no aparelho 2.....	23
<b>Tabela 4:</b> Volume das amostras coletadas em 1 hora no aparelho 3.....	24
<b>Tabela 5:</b> Descrição e orçamento dos materiais necessários para a execução.....	26
<b>Tabela 6:</b> Quantidade, cargo e valor da mão de obra.....	26

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Princípio de funcionamento de um aparelho de ar condicionado.....	13
<b>Figura 2:</b> Diagrama do sistema de condensação de água na serpentina.....	14
<b>Figura 3:</b> Exemplo de tubulação de drenagem.....	15
<b>Figura 4:</b> Manual de instalação do dreno de água em aparelhos de ar condicionado.....	15
<b>Figura 5:</b> Bloco Pedagógico 3.....	18
<b>Figura 6:</b> Sistema de captação provisória.....	19
<b>Figura 7:</b> Tubo de PVC que liga o dreno ao reservatório.....	20
<b>Figura 8:</b> Disposição do sistema de coleta e armazenamento.....	25

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	10
2.1 Recursos Hídricos.....	10
2.2 Sistemas de Condicionamento de Ar.....	12
2.3 Água Proveniente de Aparelhos de Ar Condicionado.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3.1 Local de estudo.....	17
3.2 Sistema Provisório de Captação .....	18
3.3 Estimativa da vazão mensal.....	19
3.4 Sistema definitivo de captação e armazenamento .....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
4.1 Análise quantitativa do sistema provisório de captação.....	22
4.2 Desenvolvimento do projeto para captação e armazenamento.....	24
4.3 Orçamento para desenvolvimento do sistema .....	25
4.4 Tempo de retorno.....	27
5 CONCLUSÕES .....	29
6 REFERÊNCIAS .....	30

## 1 INTRODUÇÃO

Engenharia é a aplicação de métodos científicos ou empíricos à utilização dos recursos da natureza em benefício do ser humano. Seja na área Ambiental, Elétrica, Mecânica ou Civil, é de extrema importância para o desenvolvimento econômico e social de qualquer sociedade em crescimento.

Tendo em vista o crescente investimento na construção civil e o surgimento da necessidade de aumentar cada vez mais a capacidade populacional das cidades, entende-se que os recursos naturais necessários para esse crescimento se encontram em cheque, seja na diminuição das áreas de proteção ao meio ambiente ou na utilização desenfreada desses recursos, muitas vezes sem um estudo para proporcionar o uso racional dos mesmos.

Dessa forma, a sustentabilidade, que tem como premissa o desenvolvimento capaz de atender às necessidades atuais da população, garantindo a capacidade de suprir a necessidade de gerações futuras, tem se tornado um termo recorrente em qualquer assunto relacionado à maneira com que o ser humano utiliza e modifica o meio em que vive.

MACHADO (2003) afirma que mais da metade da população sofrerá com a escassez de água em até 50 anos, tudo em decorrência do mal uso do recurso, assim como o desmatamento, aumento descontrolado da população e a falta de fiscalização no despejo de resíduos nos cursos d'água.

Sendo este problema uma ameaça à sociedade futura e a crescente preocupação de toda a população com as questões ambientais, medidas que levam ao uso racional da água, tais como técnicas e tecnologias que resultam na maior eficiência de seu uso, estão ganhando mais espaço no mercado.

No âmbito da construção civil, por exemplo, podemos aproveitar grande parte da água proveniente dos sistemas presentes em casas, edifícios e indústrias, como aparelhos de ar condicionado utilizados em larga escala nos dias atuais. O modo de funcionamento dos mesmos ocasiona gotejamento de água que geralmente é jogada diretamente na área externa dos edifícios, sem nenhum aproveitamento. Além disso, levando em consideração o grande volume de aparelhos e o tempo de uso diário, fica claro que grandes volumes de água são desperdiçados todos os dias.

Portanto, o objetivo do trabalho é avaliar a viabilidade da instalação de um sistema de captação, assim como os possíveis meios de utilização da água coletada no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Para isso se faz necessário o estudo da produção média de água

condensada e expelida pelo sistema de refrigeração. Dessa forma será possível quantificar os materiais a serem utilizados, dimensionar o reservatório e o sistema de captação de modo a possibilitar um uso racional da água coletada.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Recursos Hídricos

Dentre todos os recursos indispensáveis para o ser humano, não resta dúvida que a água é o mais importante para que o homem possa evoluir, se desenvolver e também sobreviver. Nos tempos modernos ela é imprescindível para que diversas atividades sejam executadas, tendo assim, elevados valores sociais e culturais.

Segundo Barros (2005), o planeta Terra tem  $\frac{3}{4}$  de sua superfície coberta por água, sendo 97% salgada e apenas 3% é doce. Tendo em vista a necessidade constante dos seres vivos de consumir esse recurso, é necessário que sejam adotadas medidas para sua preservação.

Machado (2003) diz que ações do ser humano como a poluição de mananciais, grandes desmatamentos, impermeabilização do solo, irrigação feita de maneira inadequada, entre outras, são causadoras de problemas como a contaminação da água e a morte de leitos de rios. Afirma ainda que mais de 1,3 bilhão de pessoas sofrem com a falta de água doce em todo mundo, fazendo com que essa se torne não só algo indispensável à sobrevivência como também um bem econômico de grande valor.

É importante ressaltar que de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2002), o Brasil é o país com a maior reserva de água potável do mundo, concentrando 12% de toda água doce disponível no mundo, abrangendo o aquífero Guarani, maior reservatório subterrâneo do planeta. Porém, a exploração de aquíferos ainda exige elevado investimento financeiro, decorrente da tecnologia necessária para tal fim.

Tendo em vista dados tão expressivos quanto à disponibilidade de água no país, fica fácil imaginar que a escassez de água não é algo recorrente no Brasil. O grande problema é a desigualdade estarrecedora na distribuição desse recurso. De acordo com Granja (2006), Norte e Centro-Oeste desfrutam da abundância de água, contrastando com a falta de água no nordeste que leva a população dessa área a enfrentar uma realidade dura e com muitas dificuldades.

Analisando a Tabela 1, é possível entender porque mesmo com tantos recursos hídricos disponíveis, populações de algumas regiões sofrem com a escassez de água, pois observa-se que a distribuição hídrica no país é tão irregular quanto a populacional, sendo que regiões com maior densidade populacional dispõem de recursos hídricos muito abaixo do ideal. Como exemplo, na região sudeste, em 2014 o estado de São Paulo chegou a ter o sistema da Cantareira, principal do estado, com apenas 5% da capacidade total (SABESP, 2014).

**Tabela 1:** Distribuição de recursos hídricos, superfície e população

<b>Região</b>	<b>Recursos Hídricos (%)</b>	<b>Superfície (%)</b>	<b>População (%)</b>
Norte	68,50	45,30	6,98
Centro-Oeste	15,70	18,80	6,41
Sul	6,50	6,80	15,05
Sudeste	6,00	10,80	42,65
Nordeste	3,30	18,30	28,91
Total	100,00	100,00	100,00

**Fonte:** Granja (2006)

Tendo em vista essa desigualdade e a necessidade de encontrar soluções que protejam este recurso tão importante, medidas foram criadas levando em consideração um conceito de melhoria no saneamento ambiental, englobando fatores importantes como esgotamento sanitário, controle de resíduos sólidos e o próprio abastecimento de água.

“Os diversos usos urbanos da água requerem qualidade inferior à potável, dispensando o oneroso processo de tratamento ao nível mais exigente de qualidade, representado pela demanda de água para bebida e preparação de alimentos.” (AISSE, COHIM, KIPERSTOK, 2006).

Segundo os autores, usos como a irrigação de áreas verdes, jardins, parques, praças, cemitérios podem ser boas saídas para o aproveitamento. Pode-se citar também outras situações onde o reuso da água é bem-vindo, como na descarga de banheiros, limpeza dos pisos de edifícios, assim como usos no âmbito da construção civil, seja na lavagem de agregados, produção de concreto, compactação do solo, diminuição da poeira produzida nos processos, entre outros fins.

Ao tratar de sistemas alternativos, pode-se citar por exemplo, o *Water Air*, equipamento criado pelo brasileiro Pedro Paulino, que obtém água pelo princípio de condensação, através da umidade do ar. O aparelho é composto de turbinas que aspiram o ar para o interior da máquina e o levam ao contato de placas resfriadas, condensando as moléculas de água. O aparelho com maior capacidade de produção, pode gerar ao final de um dia, 5000 litros de água (SOUZA, 2014).

Em Lima, no Peru, onde a precipitação anual é baixíssima, Abel Cruz, morador do assentamento de María del Triunfo, ao sul da capital, decidiu montar um sistema de captação das partículas de água presentes na neblina, formada quando o vapor de água se condensa em

núcleos, dando origem a massas de cor cinza ou branca (MENDONÇA, 2007). O sistema consiste em grandes painéis feitos com redes de nylon que coletam a água condensada e suspenso no ar. As gotículas de água formadas descem pelas redes e são canalizadas até o reservatório. Vale ressaltar que mesmo sendo feito de maneira rústica, o sistema é capaz de estocar até 400 litros de água diariamente, sendo essa utilizada para fins não potáveis, por não passar por nenhum tipo de tratamento (CAMARGO, 2016).

Aparelhos que geram água de condensação são amplamente utilizados nos dias atuais, como por exemplo os sistemas de refrigeração ou aparelhos condicionadores de ar, tendo como função a regulação térmica de ambientes, trazendo conforto aos usuários do mesmo.

## **2.2 Sistemas de Condicionamento de Ar**

Para que seja possível analisar e colocar em prática técnicas para o aproveitamento de água advindas de aparelhos de ar condicionado, deve-se primeiro entender como é o funcionamento dos mesmos, compreendendo as reações que possibilitam o resfriamento do ar e também como a água, como resíduo, é gerada e descartada.

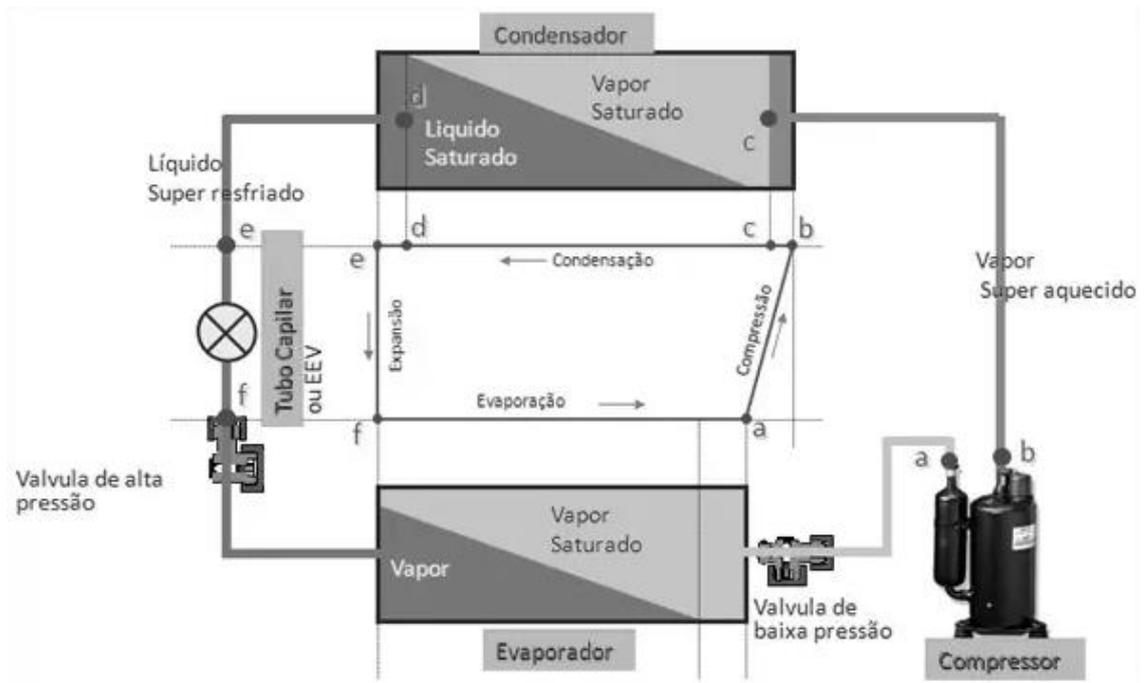
Sistemas de condicionamento de ar têm como função a regulação da temperatura de um determinado ambiente, seja aquecendo ou resfriando o mesmo, levando à uma sensação de conforto térmico. O sistema realiza troca de calor do ambiente por meio da serpentina que por contato sofre queda ou aumento da temperatura, variando de acordo com o ciclo utilizado (CALDAS; CAMBOIM, 2017).

Sempre que a temperatura desejada é alcançada, sensores presentes no evaporador fazem leituras e lançam o comando para que o compressor seja desligado. O aparelho, mesmo após o desligamento do compressor, consegue manter a temperatura do ambiente por algum tempo. Qualquer alteração na temperatura faz com que o compressor seja novamente ligado, resfriando novamente o ar até a temperatura desejada. O compressor é responsável pela circulação do gás refrigerante por dentro do sistema que possui outros três componentes, sendo eles: condensador, evaporador e motor ventilador.

O processo pelo qual o ar passa até ser refrigerado é simples, onde o ar é sugado pelo motor ventilador para dentro do aparelho, atravessa o evaporador e passa em torno de uma serpentina que contém fluido refrigerante. O fluido mais utilizado é o *freon*, termo característico dos vários fluorcarbonos não inflamáveis que passam facilmente do estado de gás frio para gás quente de alta pressão (ANTONOVICZ E WEBER, 2013). Este gás se encontra em estado líquido à uma temperatura que varia entre 7°C e 8°C. Quando o ar entra em contato com a serpentina, se resfria e é devolvido ao ambiente interno.

O gás inicialmente em estado líquido, absorve o calor presente no ar e muda de estado, tornando-se gás. Em seguida o gás passa pelo compressor que comprime o mesmo, que sob alta pressão se torna um gás quente, alcançando temperaturas de 52°C.

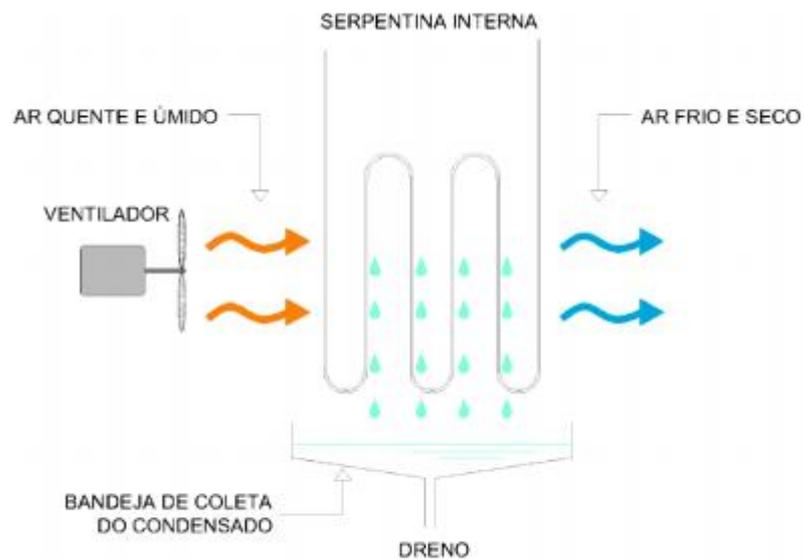
Após passar pelo compressor, o gás entra em outra serpentina que se localiza na parte de fora do aparelho, chamada de condensador. Ao entrar em contato com o ambiente externo a temperatura do gás começa a reduzir, fazendo com que parte do gás comece a se liquefazer mesmo antes de chegar aos 7°C, pelo fato de estar sob alta pressão. Depois de passar pelo condensador o gás segue para uma válvula de expansão, pela qual o líquido passa e rapidamente perde pressão, sendo resfriado novamente até os 7°C, se mantendo em estado líquido (Figura 1).



**Figura 1:** Princípio de funcionamento de um aparelho de ar condicionado

**Fonte:** ADias, 2011.

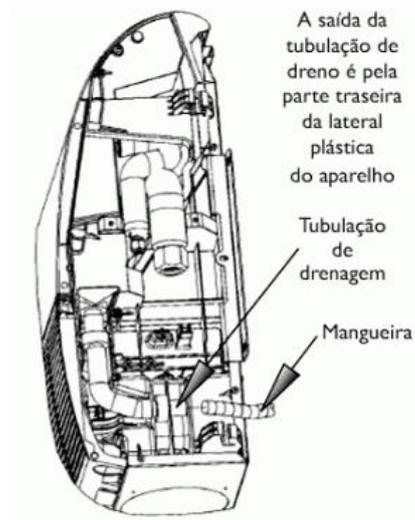
Quando o ar quente entra em contato com a serpentina resfriada pelo processo descrito, ocorre a condensação, gerando água que é direcionada para o sistema de drenagem e conseqüentemente para o ambiente externo, como visto na Figura 2.



**Figura 2:** Diagrama do sistema de condensação de água na serpentina

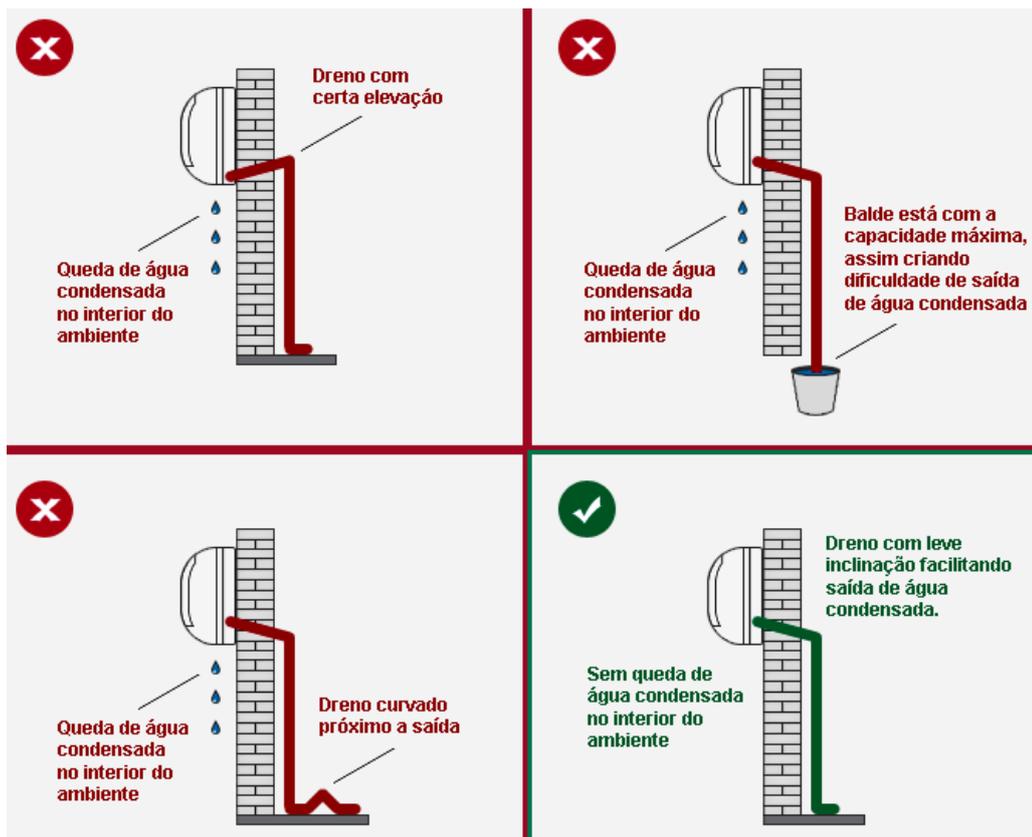
**Fonte:** Acervo da NB Projetos Ltda., 2011 *apud* Bastos e Calmon (2012).

O sistema de drenagem por sua vez é advindo da unidade interna (Figura 3), e leva a água para o ambiente externo por meio de dutos que devem ser devidamente instalados por um profissional. Caso contrário, o sistema pode funcionar de maneira errada e ao invés de ser expelida para o ambiente externo, a água poderá gotejar dentro do ambiente, como observado na Figura 4.



**Figura 3:** Exemplo de tubulação de drenagem

**Fonte:** Faz fácil, 2015.



**Figura 4:** Manual de instalação do dreno de água em aparelhos de ar condicionado

**Fonte:** Web Ar-condicionado, 2014.

### **2.3 Água Proveniente de Aparelhos de Ar Condicionado**

Segundo Rigotti (2014) a água que sai pelo sistema de drenagem, costumeiramente é jogada diretamente no ambiente externo, seja ele um jardim, uma calçada ou até mesmo a própria rua. Porém, o que parece simples pode se tornar um grande problema, pois essa água gotejando por muito tempo, e sem a manutenção adequada, pode causar acúmulo em pequenas poças, gerando locais propícios para a proliferação de mosquitos, assim como o surgimento de lodo no local, podendo causar acidentes com possíveis pedestres.

No tocante da engenharia civil, deve-se citar outro grande problema que é a degradação da estrutura da edificação, como por exemplo em marquises, devido ao constante contato com a água, mesmo que seja em pequenas quantidades diárias, pode causar problemas a longo prazo.

Verçozza (1991) afirma que a umidade em construções é um dos problemas mais difíceis de se corrigir, não sendo somente uma patologia como também intermediando o surgimento de outras, como por exemplo mofo e bolor, que para surgirem necessitam de umidade e calor.

Entretanto, por mais que essa água gotejando por diversas horas pareça um problema sem solução, pode-se citar o fato de que ao fim de um dia de uso de um aparelho de ar condicionado, essas gotas somam vários litros de água, permitindo assim que a mesma seja reutilizada para diversos fins sustentáveis.

Carvalho (2012) afirma que a água condensada no interior do aparelho, diferente do que se pensa, não tem nenhum tipo de contaminação por meio do modo de operação do mesmo. Porém, não é potável, pois o sistema condensa o ar do ambiente, podendo conter impurezas, porém ao realizar análises, chegou a conclusão de que a água proveniente dos aparelhos atende aos requisitos mínimos da Portaria nº 2.914 de 12/12/2011.

Afirma ainda que há um grande potencial no uso da água escoada dos aparelhos de ar condicionado, sendo essa uma alternativa viável de aproveitamento, contribuindo não só com a conservação desse recurso natural, como também economizando gastos com o mesmo.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Inicialmente, foi realizada uma coleta de dados e de literaturas por meio de pesquisas bibliográficas de teses, dissertações, livros e normativas brasileiras relacionadas ao tema do trabalho.

Foram feitas visitas ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde para levantamento da quantidade de aparelhos em cada bloco. Ao final do levantamento foram quantificados 279 aparelhos, 12 somente no Bloco 3, de diversas potências, sendo essas: 9.000, 10.000, 12.000, 18.000 e 36.000, medidas em BTU (British Thermal Unit).

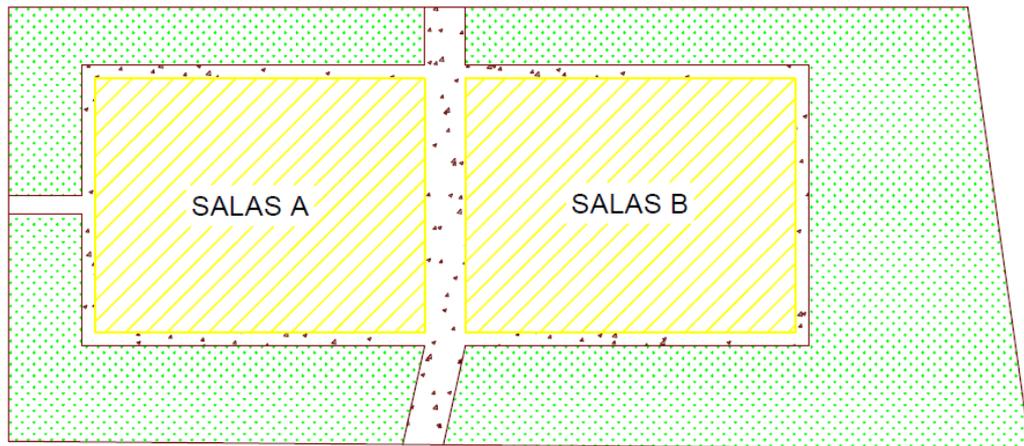
#### **3.1 Local de estudo**

O IFGoiano conta com 23 blocos, dentre eles prédios administrativos, laboratórios de pesquisas e desenvolvimento e também salas de aula. O campus Rio Verde atende cerca de 4.500 alunos, oferecendo cursos técnicos e de graduação, mestrado e doutorado em diversas áreas.

A edificação escolhida para o desenvolvimento do projeto de captação foi o Bloco Pedagógico 3, por conta da quantidade de aparelhos nele contida, assim como pela facilidade na instalação do sistema provisório de captação, utilizado para a quantificação do volume de água condensada.

Na Figura 5 observa-se que o Bloco em questão está dividido em dois blocos de salas, A e B. Cada um contém 6 salas, 3 de cada lado, sendo 1 aparelho por sala, logo, 12 aparelhos existentes. É possível notar que os dois blocos de salas A e B estão divididos por um corredor e o entorno é coberto por grama que necessita de água constantemente em sua manutenção.

Das salas existentes no bloco, 3 foram escolhidas para a realização das coletas para que fosse calculada a média dos volumes, chegando assim a um valor mais próximo do ideal para o dimensionamento do sistema. A escolha das salas ocorreu de maneira que as análises alcançassem áreas diferentes do bloco. As salas escolhidas foram 22, 29, 33.



**Figura 5:** Bloco Pedagógico 3

### 3.2 Sistema Provisório de Captação

Um sistema provisório de captação da água foi elaborado e instalado nos aparelhos de ar condicionado adotados como foco no estudo inicial, visando a obtenção de dados volumétricos para posterior desenvolvimento do sistema de reaproveitamento. A coleta da água condensada em cada aparelho foi realizada de maneira que não ocorressem perdas durante as análises.

Em cada um dos 3 pontos de coleta foi instalado um sistema provisório, sendo cada um composto pelos itens listados abaixo:

- 2,5 metros de mangueira flexível de PVC Cristal 1/2" Plastic;
- 1 Fita dupla face Worker;
- 1 Pisseta Graduada JProLab de 1L;
- 1 Fita veda rosca Tigre.

A Figura 6 mostra o sistema de captação provisória, montado da seguinte maneira: a mangueira de PVC cristal foi conectada ao dreno do aparelho, sendo essa ligação vedada com o veda rosca. A mangueira foi fixada à parede do prédio com a fita dupla face, sem que se fizessem necessárias perfurações nas paredes, mantendo a integridade da edificação. A extremidade inferior da mangueira foi conectada à abertura da pisseta, apoiada na base da própria estrutura.



**Figura 6:** Sistema de captação provisória

Visando obter uma média para o dimensionamento do sistema as coletas se deram por 3 dias, onde os aparelhos estiveram em funcionamento durante 1 hora, 3 vezes ao dia, pela manhã, no início da tarde e no fim da tarde. Os horários de início e término de captação de cada amostra foram rigorosamente controlados.

Vale ressaltar que a evaporação não foi considerada nos cálculos, sendo que não interfere de forma relevante no volume final. Mesmo no sistema definitivo não existe a necessidade de considerar tal efeito, tendo em vista que a água evaporada não causa efeitos negativos ao sistema e tampouco à estrutura.

Ao final da coleta das amostras, fez-se a razão entre o volume de água acumulada nas pissetas em mL, dividido pelo tempo de coleta de cada amostra, chegando assim à vazão horária ( $Q_h$ ) de cada aparelho, expressa em mL/h.

### **3.3 Estimativa da vazão mensal**

Para o cálculo da vazão mensal de água ( $Q_m$ ) foi utilizada a Equação 1, utilizando os dados de vazão horária ( $Q_h$ ) em mL/h, tempo de funcionamento diário ( $T$ ) em horas, quantidade

de aparelhos no bloco (N) e a quantidade de dias de expediente (D), considerando uma situação ótima, onde existam alunos em todas as salas, todos os dias letivos durante todo o período de aulas, sendo assim:

$$\text{Equação 1: } Q_m = Q_h \times T \times D \times N$$

### 3.4 Sistema definitivo de captação e armazenamento

Com base nos dados dos volumes obtidos nos 3 aparelhos escolhidos para as análises foi feita uma estimativa de vazão, considerando todos os aparelhos contidos no bloco durante o período de expediente na instituição, para que dessa forma fosse possível o dimensionamento e posteriormente a instalação do sistema definitivo em todo o bloco.

Para a coleta e transporte da água escoada pelo dreno até o reservatório, deve-se utilizar tubos de PVC, por ser um material seguro, de fácil transporte, boa durabilidade e custo acessível. O reservatório ao qual a água é direcionada será dimensionado a partir dos dados estimativos da vazão mensal dos aparelhos do bloco.

O tubo de PVC que liga o dreno ao reservatório deve ser instalado de maneira que a tubulação de coleta apresente uma pequena inclinação, para que o escoamento ocorra por gravidade até chegar ao reservatório localizado no final do tubo de coleta, como visto na Figura 7.



**Figura 7:** Tubo de PVC que liga o dreno ao reservatório.

**Fonte:** Caldas, 2017.

Definidos os materiais a serem utilizados no sistema e também a quantidade de cada material, foi feito um levantamento de preços em lojas do segmento existentes na cidade de Rio Verde e também pela internet, sendo escolhido para o projeto o que levasse ao menor custo final do projeto, mas mantendo a qualidade desejada.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise quantitativa do sistema provisório de captação

No ensaio quantitativo para obtenção dos dados volumétricos do sistema provisório de captação, foram obtidos 27 valores, 9 para cada aparelho de ar condicionado, como visto nas Tabelas 2, 3 e 4. Todos os aparelhos selecionados para o ensaio têm a mesma potência, 9000 BTU (British Thermal Unit), porém são de marcas distintas. Vale ressaltar que, apesar da diferença quanto aos fabricantes, espera-se que os aparelhos tenham comportamentos parecidos, levando em consideração a mesma potência em BTUs.

A captação da água ocorreu durante 3 dias, em 3 turnos diferentes. Sendo assim, fez-se a média dos valores obtidos a cada dia em cada unidade e, posteriormente, uma média geral que foi utilizada no dimensionamento do sistema.

**Tabela 2:** Volume médio das amostras coletadas em 1 hora no aparelho 1.

<b>Aparelho 1</b>			
<b>Dia</b>	<b>Período</b>	<b>Quantidade (mL)</b>	<b>Média (mL)</b>
<b>14/jan</b>	Manhã	854	891,89
	Início da Tarde	913	
	Final da Tarde	885	
<b>15/jan</b>	Manhã	876	
	Início da Tarde	955	
	Final da Tarde	920	
<b>16/jan</b>	Manhã	832	
	Início da Tarde	908	
	Final da Tarde	884	

**Tabela 3:** Volume médio das amostras coletadas em 1 hora no aparelho 2.

<b>Aparelho 2</b>			
<b>Dia</b>	<b>Período</b>	<b>Quantidade (mL)</b>	<b>Média (mL)</b>
<b>14/jan</b>	Manhã	843	883,44
	Início da Tarde	907	
	Final da Tarde	875	
<b>15/jan</b>	Manhã	875	
	Início da Tarde	947	
	Final da Tarde	904	
<b>16/jan</b>	Manhã	828	
	Início da Tarde	897	
	Final da Tarde	875	

**Tabela 4:** Volume das amostras coletadas em 1 hora no aparelho 3.

<b>Aparelho 3</b>			
<b>Dia</b>	<b>Período</b>	<b>Quantidade (mL)</b>	<b>Média da Unidade (mL)</b>
<b>14/jan</b>	Manhã	861	895,78
	Início da Tarde	919	
	Final da Tarde	896	
<b>15/jan</b>	Manhã	891	
	Início da Tarde	984	
	Final da Tarde	916	
<b>16/jan</b>	Manhã	828	
	Início da Tarde	914	
	Final da Tarde	853	

A partir dos valores apresentados obteve-se a média geral de 890,37 mL. Nota-se que a quantidade de água condensada no processo de refrigeração dos ambientes é significativa, tendo em vista que estes valores correspondem à captação por apenas 1 hora.

Com o valor da vazão média condensada foi possível calcular o volume mensal potencialmente produzido pelos 12 aparelhos do bloco por meio da Equação 1. Para tanto, considerou-se que os aparelhos operam por 14 horas diárias, tendo em vista que as aulas no IFGoiano são ministradas nos 3 turnos, matutino, vespertino e noturno.

Segundo o calendário disponibilizado no site da Instituição, as aulas são ministradas de segunda à sexta e algumas turmas têm aula aos sábados. Para efeito de cálculo foi será considerado somente o período de segunda a sexta. Considerando um mês com 30 dias, sendo 4 finais de semana, chegou-se ao total de 22 dias de funcionamento dos aparelhos.

Sendo assim, tem-se pela equação 1:

$$Q_m = Q_h \times T \times D \times N$$

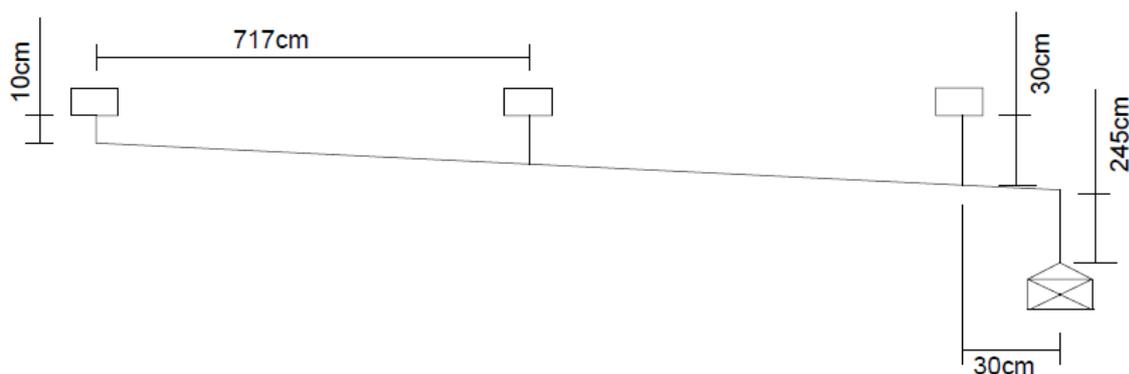
$$Q_m = 890,37 \times 14 \times 22 \times 12$$
$$Q_m = 3.289.440 \text{ mL/mês ou } 3.289,44 \text{ L/mês}$$

É importante salientar que diversos fatores podem interferir na quantidade de água condensada por cada aparelho, como por exemplo a área do ambiente, umidade relativa do ar, fluxo de pessoas, dentre outros. Dessa forma, fica evidente que os valores acima observados não são absolutos, mas a nível de cálculo e dimensionamento buscou-se majorar os pontos possíveis para que o sistema de captação e também o reservatório tenham capacidade suficiente para suportar o volume de água escoado.

#### **4.2 Desenvolvimento do projeto para captação e armazenamento**

De acordo com os valores observados nos ensaios, assim como os resultados obtidos pelas equações descritas anteriormente, é viável a proposta de um projeto de implantação do sistema de captação da água que escoa dos aparelhos, tendo em vista que o volume dispensado é considerável.

O bloco em estudo tem 12 aparelhos, com espaçamento de 7,17 metros, instalados a uma altura de 2,75 metros. Por conta da maneira que a edificação foi projetada, com 2 blocos (A e B) contendo 6 salas cada, sendo 3 de cada lado, como mostrado anteriormente, definiu-se que o sistema será composto por 4 reservatórios menores, cada um armazenando a água condensada de 3 aparelhos. A Figura 8 mostra como devem ser dispostos os componentes de um dos 4 sistemas de captação e armazenamento da água condensada a serem instalados no Bloco Pedagógico 3.



**Figura 8:** Disposição do sistema de coleta e armazenamento.

É importante ressaltar que o reservatório não precisa ter capacidade para armazenar o volume total condensado no mês, tendo em vista que o uso da água captada deve ocorrer regularmente por meio de limpezas nos prédios da instituição, assim como na jardinagem. Portanto, os reservatórios foram dimensionados de modo a armazenar o volume condensado em 3 dias.

### 4.3 Orçamento para desenvolvimento do sistema

As tubulações a serem usadas no sistema são de PVC marrom, com diâmetro de 20mm (1/2”), suficiente para o encaixe da tubulação de saída do dreno. Para a instalação de cada um dos 4 coletores são necessários aproximadamente 17 metros de cano de PVC, dessa forma, para o sistema completo serão utilizados 68 metros de cano. Porém, levando em consideração que podem ocorrer perdas no processo de instalação, optou-se por adicionar mais 2 metros do mesmo ao orçamento.

Na conexão entre os drenos e os canos, são necessárias 8 curvas de 45° de PVC e 8 têes de 45° de PVC, suficientes para a instalação do sistema. As conexões devem ser unidas por meio de cola para PVC, de modo que nenhuma parte do sistema venha a se soltar futuramente, evitando gastos extras.

Em um dia a produção de 3 aparelhos é de 38 litros, logo, para os 3 dias um reservatório de no mínimo 114 litros é necessário. No mercado atualmente é possível encontrar caixas d’água com capacidade para 150 litros, sendo essa ideal para o projeto.

Na Tabela 5 estão descritos os itens necessários para a execução do projeto, marcas e valores de mercado. Vale lembrar que as marcas citadas a seguir foram escolhidas considerando o preço e a qualidade dos materiais.

**Tabela 5:** Descrição e orçamento dos materiais necessários para a execução

<b>Material</b>	<b>Marca</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
Tê PVC 45°	Tigre	8	un	1,18	9,44
Curva PVC 45°	Tigre	8	un	0,92	7,36
Cano Marr. PVC 1/2"	Tigre	70	m	2,8	196
Cola para PVC	Tigre	4	un	4,49	17,96
Caixa D'água 100L	Fortlev	4	un	120	480

A matéria prima necessária para a execução do sistema de captação e armazenamento da água coletada na área de estudo terá o valor de R\$ 710,76 (setecentos e 10 reais e setenta e seis centavos).

A execução do projeto deve ser realizada por um profissional qualificado, de modo a garantir a qualidade e eficiência do sistema de captação. O valor da mão de obra foi baseado na Tabela de Preços e Insumos SINAPI. O projeto pode ser executado em um dia de serviço, sendo assim, tem-se a Tabela 6.

**Tabela 6:** Quantidade, cargo e valor da mão de obra.

<b>Cargo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Diária (R\$)</b>	<b>Número de diárias</b>	<b>Total</b>
Pedreiro	1	128,49	1	128,49
Ajudante	1	77,64	1	77,64

O custo total da mão de obra para a execução do projeto será de R\$ 206,13 (duzentos e seis reais e treze centavos).

Com base nos valores calculados de mão de obra e matéria prima o custo total para a implantação do sistema de aproveitamento de água condensada em todo o bloco 3 é de R\$ 916,89 (novecentos e dezesseis reais e oitenta e nove centavos).

Importante citar também que dependendo da destinação da água armazenada, como por exemplo em descargas, é necessário a instalação de bombas hidráulicas juntamente ao sistema, afim de recalcar o volume coletado para que possa ser utilizado para tal fim.

Para tanto deve-se considerar a perda de carga, altura de recalque, dentre outros diversos fatores que interferem na escolha do conjunto motor-bomba recomendado para o projeto, interferindo diretamente no custo final do projeto.

Porém, o projeto neste trabalho sugerido não necessita de bomba hidráulica para que se faça possível o uso da água e, dessa forma, não foi considerada no orçamento final.

#### 4.4 Tempo de retorno

No IFGoiano o abastecimento de água ocorre por meio de poços artesianos existentes no local, dessa forma gastos decorrentes de seu uso não são tarifados pela concessionária.

Porém, o sistema não tem como objetivo somente a economia monetária, mas tem como principal foco o cuidado, a economia e manutenção da água presente no planeta.

O volume coletado mensalmente pelo sistema é de 3289,44 litros ou 3,29 m<sup>3</sup> por mês. Sendo assim, estima-se que anualmente serão reutilizados até 40 m<sup>3</sup> de água.

A tarifa cobrada pela fornecedora dos serviços de saneamento em goiás(SANEAGO), para a categoria Pública com consumo mensal maior que 10 m<sup>3</sup> é de R\$ 9,50 por metro cúbico consumido.

Tendo em vista o volume de água reutilizada anualmente e a tarifa mensal da Saneago, têm-se o valor anual economizado a partir da Equação 2, apresentada a seguir.

$$\text{Equação 2: Economia} = \text{Volume de água reutilizada} \times \text{Tarifa mensal}$$

Logo,

$$\text{Economia} = 40 \times 9,50 = \text{R\$ } 380,00$$

Dessa forma, o tempo de retorno do valor investido no sistema de aproveitamento é de 2,41 anos.

O projeto de implantação de um sistema de captação e reaproveitamento da água proveniente de sistemas de refrigeração se mostra muito eficiente quando analisados os dados obtidos, tendo em vista a possibilidade de se economizar até 40m<sup>3</sup> anualmente em apenas um Bloco do Instituto.

Se considerada a implantação em todo o campus a economia seria ainda mais expressiva, já que essa água poderia ser utilizada não somente no prédio onde foi instalado o sistema, como também em seu entorno, para irrigação, limpeza de prédios adjacentes. Com algumas adições de projeto, poderia ser utilizada até mesmo nas descargas dos sanitários, sendo essas atividades que não requerem água potável.

Deve-se salientar que o projeto não tem importância somente no âmbito econômico-financeiro, mas também tem seu papel ambiental, considerando a crescente busca e necessidade de maneiras simples, de baixo custo e eficazes para diminuir o consumo dos bens oferecidos pela natureza.

Vale ressaltar que a instalação de um sistema de reaproveitamento não exclui a necessidade de um programa de educação ambiental, tampouco deve ser tratado como a solução

definitiva para o problema da água, mas sim, um grande aliado na luta contra a escassez e o desperdício.

## **5 CONCLUSÕES**

Baseado nas análises volumétricas, custo de execução e economia de água e financeira gerada pelo projeto, fica claro que o aproveitamento da água escoada pelos aparelhos de ar-condicionado no Instituto Federal Goiano é viável e muito importante para a manutenção de um recurso imprescindível para a vida como a água.

Vale ressaltar que as análises foram realizadas em apenas um dos diversos blocos do Instituto e, levando em consideração a grande quantidade de aparelhos existentes em suas dependências, como mostrado anteriormente, a economia pode ser ainda mais expressiva.

## 6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2002.

AGR. **Resolução Normativa N°0159/2019 - CR**, 2019. Disponível em: <[https://ri.saneago.com.br/fck\\_temp/1014\\_3/file/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20n%C2%BA%20152-2019%20-%20CR%20-%20AGR.pdf](https://ri.saneago.com.br/fck_temp/1014_3/file/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20n%C2%BA%20152-2019%20-%20CR%20-%20AGR.pdf)>. Acesso em: 22 de jan. 2020.

AISSE, M. M; COHIM, E.; KIPERSTOK, A. **Reuso Urbano e industrial**. In: FLORENCIO, L; BASTOS, R. K. X; AISSE, M. M. (Org.). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 111-154.

ANTONOVICZ, Diego; WEBER, Rhuann Georgio Bueno. **PMOC – Plano de Manutenção Operação e Controle – nos condicionadores de ar do Campus Medianeira da Universidade Tecnológica do Paraná**. TCC – Curso de graduação de Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2013. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1380/1/MD\\_COMIN\\_2012\\_2\\_10.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1380/1/MD_COMIN_2012_2_10.pdf)> Acesso em: 22 dez. 2020.

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

BASTOS, C., **Arquitetura Institucional de Ensino Superior Estudo de ações sustentáveis projetadas associadas à Metodologia LEED™**. Dissertação mestrado Engenharia Civil, PPGEC – UFES 2012.

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. Semestral. Disponível em: <<https://periodicos.unipe.br/index.php/interscientia/article/view/464>> Acesso em: 10 jan. 2020.

CAMARGO, Suzana. Caçador de nevoeiro: conheça a história de Abel Cruz, que captura água do céu para comunidades pobres de Lima. **Conexão planeta**, 2016. Disponível em:

<<http://conexaoplaneta.com.br/blog/cacador-de-nevoeiro-conheca-a-historia-de-abel-cruz-que-captura-agua-para-comunidades-pobres-de-lima/>>. Acesso em 17 de jan. 2020.

CARVALHO. **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.

FAZFÁCIL. **Drenagem do Ar Condicionado Split**. Disponível em: <<http://www.fazfacil.com.br/manutencao/condicionado-split-drenagem>> Acesso em: 15 mai. 2019.

GRANJA. **A hidropolítica e o federalismo: possibilidades de construção da subsidiariedade na gestão das águas no Brasil**. Revista de Administração Pública, vol. 40, número 6, Rio de Janeiro, 2006.

MACHADO. **Recursos hídricos e cidadania no Brasil: limites, alternativas e desafios**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2003.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

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.

SABESP. **Sabesp Mananciais**, c2018. Situação dos mananciais. Disponível em: <<http://mananciais.sabesp.com.br/>>. Acesso em: 16 de jan. 2020.

SINAPI. **Referências de preços e custos**, 2019. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 23 de jan. 2020.

SOUZA, Felipe. **Engenheiro de São Paulo inventa máquina que 'fabrica' água**. Folha de S.Paulo, São Paulo, 12 de dez. 2014. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/10/1531155-engenheiro-de-sao-paulo-inventa-maquina-que-fabrica-agua.shtml?cmpid=%22facefolha%22>>. Acesso em: 16 de jan. 2020.

VERÇOZA, E.J. **Patologia das edificações**. Porto Alegre, SAGRA, 1991.

WEB AR CONDICIONADO. **Dreno do ar condicionado**. Disponível em:  
<<http://www.webarcondicionado.com.br/dreno-ar-condicionado>> Acesso em: 21 de mai. 2019.