

## **SUSTENTABILIDADE APLICADA A PARTIR DO REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CONDICIONADORES DE AR**

**FERNANDO DA SILVA CABRAL (PITAGORAS)**

fernando.s.cabral2104@gmail.com

**RONALD FONSECA PINHEIRO (PITAGORAS)**

ronald-r9@hotmail.com

**FIAMA RAFAELA MATOS FERREIRA (PITAGORAS)**

fiamarafaela\_ferreira@hotmail.com

**VENANCIO DE AZEVEDO FEITOSA (PITAGORAS)**

venancio\_azevedo93@live.com

**Thamyres Lindice Mesquita Teixeira (PITAGORAS)**

thamyreslindice@gmail.com



*A água é recurso natural essencial para a manutenção da vida de todas as espécies do planeta, infelizmente não é um recurso infinito. Sua constante poluição e consumo desmedido pelo homem contribuem de forma acelerada para o problema de escassez de tal recurso no mundo. Sendo assim, seu uso racional e sustentável, a preservação de sua qualidade e práticas de reaproveitamento são fundamentais para a humanidade. Neste trabalho abordam-se questões de sustentabilidade a partir do reaproveitamento de recursos hídricos. O objetivo consiste na implantação de um sistema de captação, armazenamento e reuso da água proveniente do processo de condensação dos condicionadores de ar. O local de desenvolvimento do projeto é a Faculdade Pitágoras-Fama, localizada na cidade de São Luís - MA.*

*Palavras-chave: Sustentabilidade; recursos hídricos; reuso; reaproveitamento*

## 1. Introdução

O termo Desenvolvimento Sustentável tem sido um dos principais assuntos abordados na atualidade. Segundo a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas, entende-se como desenvolvimento sustentável aquele capaz de suprir as necessidades dos seres humanos da atualidade, sem comprometer a capacidade do planeta para atender as futuras gerações.

A preocupação em desenvolver práticas sustentáveis está relacionada a diversos fatores sociais e econômicos conforme o IPEA (2010), afirma:

Com o advento da sociedade fordista, caracterizada como o processo de produção e de consumo em massa no mundo, surge uma notória preocupação com as questões ambientais. Porém, fatores decorrentes deste processo, como industrialização, concentração espacial, modernização agrícola, crescimento populacional e urbanização, compuseram os principais pontos de pressão e de conscientização humana sobre a problemática ambiental global.

O crescimento demográfico desenfreado da população mundial tem desencadeado uma série de mazelas sociais e ambientais. Isso porque o consumo dos recursos está diretamente ligado ao número de consumidores, ou seja, quanto mais pessoas, maior será sua demanda e consequentemente maior o será o consumo. Segundo o último relatório da ONU (2011), a Terra atingiu 7,2 bilhões de habitantes. Dado de alta relevância, uma vez que os recursos naturais estão cada vez mais limitáveis e escassos em determinados lugares.

A água, por exemplo, é um recurso natural indispensável na manutenção da vida de todas as espécies do planeta, infelizmente não é um recurso infinito. Sua constante poluição e consumo desmedido pelo homem contribuem de forma acelerada para o problema de sua escassez no mundo. Segundo Mediondo (2010), um grande problema, é que o consumo de água está aumentando, mesmo em países onde a população cresce pouco, e as reservas de água potável, estão cada vez mais ameaçadas pelas atividades do homem, que polui de forma irracional.

Diante dessas perspectivas, o uso racional e sustentável da água, assim como a preservação de sua qualidade e práticas de reaproveitamento são fundamentais para a humanidade. O presente trabalho está sendo desenvolvido na Faculdade Pitágoras na cidade de São Luís, Maranhão, e tem como objetivo implantar um sistema de captação, armazenamento e reuso da água

oriunda da condensação dos condicionadores de ar e direcioná-la para outros fins, tais como, limpeza das dependências, uso no sistema de descargas dos sanitários e irrigação do jardim da instituição. O artigo estrutura-se na apresentação da fundamentação teórica, na descrição da metodologia utilizada, na apresentação e análise dos dados, resultados e na conclusão.

## 2. Referencial teórico

### 2.1. Desenvolvimento Sustentável

O termo “desenvolvimento sustentável” surgiu a partir de estudos da Organização das Nações Unidas sobre as mudanças climáticas, como uma resposta para a humanidade perante a crise social e ambiental pela qual o mundo passava a partir da segunda metade do século XX. (CMMAD, 2008).

Segundo a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas, entende-se como desenvolvimento sustentável aquele capaz de suprir as necessidades dos seres humanos da atualidade, sem comprometer a capacidade do planeta para atender as futuras gerações.

Outra definição para “desenvolvimento sustentável” ou “sustentabilidade” como: a resposta às necessidades humanas nas cidades com o mínimo ou nenhuma transferência dos custos da produção, consumo ou lixo para outras pessoas ou ecossistemas, hoje e no futuro (SATTERTHWAITE, 2004).

O desenvolvimento sustentável é uma interseção entre outros desenvolvimentos. Seu sucesso dependerá da interligação com os desenvolvimentos sociais, econômico e preservação ambiental conforme mostra a figura 1. (BARBOSA, 2008)

Figura 1- Diagrama esquemático para se alcançar o desenvolvimento sustentável.



Fonte: Revista Visões, 4ª Edição.

## 2.2. Reuso da água

A água é um recurso natural de valor inestimável. Mais que um insumo indispensável à produção e um recurso estratégico para o desenvolvimento econômico, ela é vital para manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos, que mantêm em equilíbrio os ecossistemas. (RANGEL, 2012).

Segundo Ribeiro (2012), o reaproveitamento ou reuso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim.

O reaproveitamento (ou reuso) da água consiste no uso de água residuária ou água de qualidade inferior tratada ou não. 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 Bernardi (2003), 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 reaproveitamento 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.

### 2.3. Condensadores de ar

O condicionamento de ar é o processo que consiste em controlar sua temperatura, umidade, pureza e distribuição no sentido de proporcionar conforto aos ocupantes do recinto condicionado. (JONES, 1985).

Segundo Miller (2014), a refrigeração é o processo de remoção de calor de onde ele não é desejado. E mais, o calor não desejado é transferido mecanicamente para um local em que ele não seja prejudicial. Um exemplo prático disso é o condicionador de ar de janela, que resfria o ar no interior de uma sala e descarrega ar quente no ambiente externo.

O condicionador de ar guia-se por uma troca de temperatura do ambiente. Nesse sentido, pode-se dizer que o aparelho funciona como uma bomba de sucção que retira o excesso e a quantidade exacerbada de calor ou frio externo, ou seja, pode refrigerar o ambiente ou, em sentido inverso, aquecer de acordo com a conveniência do usuário, conforme é mostrado na figura 2.

Figura 2 - Sistema básico de ar condicionado.



Fonte: Correa

Segundo Frota & Schiffer (2009), a condensação consiste na troca térmica úmida decorrente da mudança do estado gasoso do vapor d'água contido no ar para o estado líquido.

No princípio de funcionamento dos condicionadores de ar, o condensador é responsável de realizar o processo de condensação. Neste caso o ar externo é transformado em líquido e posteriormente remanejado para uma bandeja, e posteriormente é conduzido para um dreno do condicionador.

### 3. Problemática

A água que é liberada através dos drenos condicionadores de ar, ocasionada devido o seu processo de condensação apresenta uma destinação aleatória, o que gera um grande desperdício e até mesmo danos à saúde de seus colaboradores e clientes. Dentre tais consequências, está o acúmulo de poças d'água (Imagem 1), o que pode ocasionar possíveis focos de procriação do mosquito da dengue.

Imagem 1- Destino dá água dos condicionadores de ar



Fonte: Autores

Além disso, há na parte externa da faculdade um acúmulo excessivo de água que pode ocasionar deterioração gradual da estrutura do edifício. Segundo Mehta e Monteiro (1994), a redução da permeabilidade do concreto deve ser a primeira linha do sistema de defesa contra qualquer processo físico de deterioração.

À proporção que aumenta o nível de água na superfície externa da faculdade, aumenta os índices de permeabilidade e de porosidade e, por via de consequência, aumenta a deterioração do concreto.

### 4. Metodologia aplicada

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, bem como, presente neste projeto a pesquisa por natureza qualitativa e quantitativa. O ponto principal deste artigo é mostrar formas de reaproveitamento de água, com a implantação de um sistema de reuso da água oriunda do processo de condensação dos condicionadores de ar. O local de desenvolvimento do projeto é a Faculdade Pitágoras/Fama, localizada na Avenida São Luís Reis de França, bairro Turu na cidade de São Luís, Maranhão.

A Faculdade Pitágoras/Fama atualmente é umas das maiores instituições privada de ensino superior no estado do Maranhão. Com ênfase nos cursos de Engenharia, principal contingente de alunos, ela dispõem cerca de 16 mil discentes alocados nos seus 3 turnos de funcionamento.

Para título de dimensionamento do projeto, fora feito junto ao Departamento Operacional da instituição um levantamento quanto ao número total de salas em funcionamento em cada turno. A faculdade dispõe de 187 salas distribuídas entre salas de aula, laboratórios didáticos e salas administrativas. Deste quantitativo, 100% funcionam no turno da noite, 70% durante a manhã e 40% no turno vespertino.

O prédio escolhido para implantação do projeto foi a matriz, onde suas salas eles estão distribuídas nos seus 4 pisos conforme mostra a Imagem 2.

Imagem 2 – Local de desenvolvimento do projeto – Faculdade Pitágoras- Fama





Fonte: Autores

## 5. Etapas de implantação do sistema

O projeto consiste na implantação de um sistema de captação, armazenamento e reuso da água proveniente da condensação dos condicionadores de ar. Vale ressaltar que sua implantação encontra-se em andamento, com fase final prevista para o segundo semestre do ano corrente, conforme é mostrado no cronograma abaixo (Figura 3). As etapas referentes à implantação foram divididas em: captação, armazenamento e reuso.

Figura 3 – Cronograma de atividades do projeto

Cronograma Atividades	Período de tempo em meses					
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Identificação do problema						
Análise da estrutura do prédio						
Levantamento de dados quantitativos						
Orçamentação de implantação						
Implantação do sistema de captação						
Implantação do sistema de armazenagem						
Implantação do sistema de reuso						
Conclusão do projeto						

Fonte: Autores

### 5.1. Captação

A saída da água condensada acontece pelos drenos dos aparelhos e caem diretamente no chão e/ou nas marquises do prédio. Para solucionar tal problema, nesta fase foram instalados tubos PVC dispostos paralelamente às unidades externas dos condicionadores.

As tubulações foram fixadas nas paredes nas posições verticais com o auxílio de braçadeiras metálicas. Após a instalação, as mangueiras dos drenos foram conectadas diretamente nos tubos PVC, conforme mostra a imagem 3.

Imagem 3 – Conexão do dreno de uma unidade de condicionador de ar na tubulação.



Fonte: Autores

## 5.2. Armazenamento

Nesta fase a água que anteriormente foi captada pelos tubos instalados seguirá em sentido único através de uma tubulação horizontal em direção a uma caixa d' água. Para isso será necessária conexões acopladas à tubulação, como joelhos, luvas e conexões em “T”. O recipiente de armazenamento terá a capacidade de 5 mil litros.

A caixa d' água será disposta no pátio externo da faculdade, de forma estratégica para armazenar toda água captada pela tubulação. Para que haja um maior impacto de conscientização e compreensão do projeto pelos funcionários e alunos, a caixa d'água será personalizada de forma a entender que água armazenada ali é oriunda dos condicionadores de ar.

## 5.3 Reuso

Devido as impurezas contidas na água condensada, o seu uso restringe-se a algumas aplicações. Nesse projeto a água será direcionada para uso das descargas dos sanitários, na limpeza das dependências da instituição e na irrigação do jardim.

Através de um sistema de bombeamento automatizado, a água do reservatório será recalçada para outro reservatório localizado na cobertura do prédio e posteriormente direcionado para a utilização.

A implantação do projeto está sendo financiada pela própria instituição. Os custos estão descritos no orçamento abaixo, conforme mostra a figura 4.

Figura 4 - Orçamento de implantação do projeto

Orçamento de Implantação do Projeto				
Especificação	Unidade de medida	Quantidade	Preço Unitário	Total
Tubo de esgoto PVC 40	mm	109	24,14	2631,26
Mangueira	m	283	1,15	325,45
Tubo de esgoto PVC 20	mm	24	13,23	317,52
Curva de 90° 40mm	mm	2	2,95	5,9
Caixa d'água 5000 L	L	1	1972,55	1972,55
Luva 20 mm	mm	1	0,55	0,55
Bomba 3 CV	CV	1	1129,57	1129,57
Tap 40 mm	mm	4	1,69	6,76
Te 90 40 mm	mm	60	9	540
<b>Total Geral</b>				<b>6929,56</b>

Fonte: Autores

## 6. Análise dos dados

Através do controle de patrimônio de bens da instituição, foi possível chegar-se ao número exato dos condicionadores de ar. No total são 283 máquinas que variam conforme suas marcas e potência, como mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Quantitativo dos Condicionadores de ar da Faculdade Pitágoras/Fama.

Marca	Potência (BTU)	Quantidade
Midea	18000	103
Midea	24000	11
Midea	36000	13
Midea	58000	36
Eletrolux	18000	06
Eletrolux	24000	07
Carrier	30000	01
Carrier	36000	09
Carrier	60000	10
LG	18000	17

Komeco	18000	45
Consul	18000	23
Gree	18000	02
<b>Total</b>		<b>283</b>

Fonte: Adaptado pelos Autores

Todos os aparelhos são do tipo Split, com duas unidades, sendo uma interna e outra externa com tubulação de descarte da água voltada para o ambiente externo da sala.

A partir do quantitativo dos condicionadores de ar, foi realizada uma amostragem para chegar ao volume total de água desperdiçada em um período de um dia de funcionamento da instituição. Para isso, analisou-se uma unidade de cada marca e potência. Com auxílio de um recipiente com graduação volumétrica e um cronômetro, coletou-se a água diretamente dos drenos dos aparelhos, e foi possível chegar aos seguintes resultados mostrados na tabela 2.

Tabela 2- Volume de água produzida por unidade dos condicionadores de ar.

Marca	Potência (BTU)	Volume em 1 hora de funcionamento (litros)
Midea	18000	2,1
Midea	24000	2,6
Midea	36000	4,7
Midea	58000	6,0
Eletrolux	18000	1,7
Eletrolux	24000	2,9
Carrier	30000	3,9
Carrier	36000	4,6
Carrier	60000	7,8
LG	18000	2,9
Komeco	18000	2,02
Consul	18000	1,3
Gree	18000	1,9

Fonte: Autores

A temperatura adotada para análise da vazão da água dos condicionadores de ar foi a mínima. Temperatura padrão utilizada na faculdade, que variam de acordo com a marca entre 17° e 18° C.

## 7. Resultados e discussões

O uso de condicionadores de ar está cada vez mais comum, principalmente em áreas com clima tropicais. Seu objetivo principal é proporcionar conforto às pessoas, através do controle da temperatura do recinto em uso. No entanto, devido seu princípio de funcionamento gera um significativo desperdício de água resultante do processo de condensação.

A Faculdade Pitágoras- Fama, local da implantação do projeto, dispõem cerca de 283 unidades condensadoras de ar. Em média são duas unidades por sala. Em um estudo de análise das diferentes marcas e potência dos condensadores, e um levantamento das em uso durante cada turno de funcionamento, foi possível chegar-se ao volume total de água desperdiçada. São cerca de 4206,96 litros d' água diariamente.

Desta forma, a alternativa da implantação do sistema de reuso dessa água resolverá problemas como o desperdício excessivo da água. Assim como a eliminação danos a estrutura do prédio e de possíveis focos do mosquito da dengue ocasionadas pelo acúmulo de liquido condensado no chão.

## 8. Conclusões

Tendo como pano de fundo esta atual conjuntura do uso abusivo da água, pode-se dizer que uma das formas de desacelerar este desperdício é o uso consciente e implantar alternativas, de forma eficiente e efetiva, de reutilizar os recursos hídricos. Além disso, é inegável o reaproveitamento (ou reuso) por meio de opções eficazes com a finalidade de realocar os efluentes de forma mais sustentáveis.

No presente artigo, foi feita a análise dos resultados de vazão de água desperdiçada incessantemente todos os dias no âmbito da instituição e constatou que o viés mais positivo é inserir um sistema de reaproveitamento de água, haja vista a demanda de recurso hídrico é alta e poderia remanejá-lo para outro fim dentro da Faculdade, do tipo: limpeza das dependências, uso no sistema de descargas dos sanitários e irrigação do jardim da instituição.

Este modelo gerou dados de volume de água desperdiçada de um total 4206,96 litros d' água diariamente. É perceptível, assim, que o reaproveitamento de água dará de forma positiva para organização, uma reutilização mais preciso da água.

Somente para finalizar, o projeto de implantação do sistema de reaproveitamento de água está 80% concluído. É de extrema importância inseri-lo na instituição; visto que, além de colocar em prática o projeto, haverá, de forma mais precisa, confirmação dos dados ora citados.

Na empresa analisada, não havia nenhum tipo de sistema de aproveitamento e, também, não tinha conhecimento da quantidade de água desperdiçada diariamente, uma vez que não havia, antes do presente artigo, conhecimento de reúso da água. Por conseguinte, este artigo trouxe para a instituição não só a informação da quantidade de água que pode ser reutilizada na própria Faculdade, mas também os benefícios vindouros de destinação da água residual para outros fins no âmbito da instituição.

## 9. Referências

BARBOSA, Gisele. **O desafio do desenvolvimento sustentável**. 4a Ed. Rio de Janeiro: Revista Visões, 2008.

BERNARDI, Cristina Costa. **Reuso de água para irrigação**. Brasília, 2003. (Monografia) - Programa de Pós-Graduação em nível de Especialização Lato Sensu, modalidade MBA, em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, ISEA-FGV/ ECOBUSINESS SCHOOL, Distrito Federal, 2003.

**Brasil em Desenvolvimento**: Estado, planejamento e políticas públicas / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. - Brasília: IPEA, 2010.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. 2a ed. Tradução de Our common future. 1a ed. 1988. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

FETRANSPOR, Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro. **Reuso de água em garagens de ônibus**. Disponível em: < <http://www.fetranspordocs.com.br/downloads/36Reusoagua.pdf>> Acesso em: 21 abril. 2015.

FROTA & SCHIFFER. **Condensação** - Manual de Conforto Térmico – 8ª Ed. Disponível em: < <http://www.caramuru.com.br/pdf/condesacao.pdf>> Acesso em: 19 abril. 2015.

JONES, Jerold – **Refrigeração e ar condicionado**; tradução José M. Saiz Jabado- [et al] – São Paulo : McGraw-Hill do Brasil, 1985.

MENDIONDO, E. M. **Integrated Urban Water Management**: Humid Tropics. Urban Water series - UNESCO-IHP, 2010.

MILLER, Rex. **Ar -condicionado e Refrigeração** - 2ª Ed. São Paulo: Ed. LTC, 2014.

ONU, Organização das Nações Unidas. **ONU e a água**. Disponível em: <[www.onu.org.br](http://www.onu.org.br)>. Acesso em: 30 mar. 2015.

RIBEIRO, Giselle Smocking Rosa Bernardes; RANGEL, Morgana Batista Alves. **Reuso de água: em garagem de ônibus**. Rio de Janeiro: Fetranspor, 2012.

SATTERTHWAITE, David. **Como as cidades podem contribuir para o Desenvolvimento Sustentável**. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2004;



## XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO

Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção

Fortaleza, CE, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2015.