

AVALIAÇÃO DO USO DE SISTEMA DE DESUMIDIFICAÇÃO EM PRÉDIOS COMERCIAIS

Alexandre Shuji Endo

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
alexander.endo@gmail.com

Resumo. *O propósito deste trabalho é apresentar uma avaliação de um desumidificador por roda dessecante combinado com um sistema de ar condicionado dedicado para diferentes cidades brasileiras. Os ambientes estão condicionados a temperaturas de 24°C e umidade relativa de 50% e o estudo baseia-se em uma edificação comercial de referência. A análise nas cidades de Brasília, Recife, Rio de Janeiro, Santa Maria e São Paulo apresentou reduções anuais entre 3% e 8% no consumo energético total do prédio. Cálculos através do valor presente líquido apresentaram tempos de retorno de 1 ano e 5 meses a 5 anos.*

Palavras chave: *Ar condicionado, desumidificadores, roda dessecante, edificação comercial de referência.*

1. Introdução

Desde o início dos tempos, o homem tem transformado o seu habitat para sobreviver. Com o domínio mundial, a humanidade tem buscado formas de facilitar a sua vida e torna-la mais confortável. Um dos tipos de confortos obtidos é o da temperatura.

Dentro desse contexto de controles de temperaturas que apareceu os sistemas de ar condicionado. Entretanto, o condicionamento de ar encontra outras diferentes aplicações do que o simples resfriamento. Ar condicionado de conforto é definido como o processo de condicionamento de ar objetivando o controle de sua temperatura, umidade e pureza no sentido de proporcionar conforto aos ocupantes do recinto condicionado. Assim, condicionamento de ar inclui processos, tais como, aquecimento, regulagem de velocidade e qualidade do ar.

Apesar de muito conhecidos nas residências e nos veículos, os sistemas de ar condicionado têm outros campos de atuação. Alguns processos industriais, por exemplo, exigem aquecimento ou resfriamento localizado, baixa umidade ou até um bom controle na qualidade do ar. No caso do setor comercial, o fato de grandes quantidades de pessoas ficarem em ambientes fechado durante boa parte do dia, exige, além de um controle de umidade e temperatura, um bom controle na qualidade do ar.

Este problema agrava situações enfrentadas no mundo como na crise do petróleo de 1970 e no Brasil no “apagão” energético de 2001. É por isso que diversas técnicas de redução do consumo energético aparecem. Uma dessas técnicas é acoplar um desumidificador a um sistema de ar condicionado, diminuindo a umidade no ar de renovação. Já testado no setor industrial, hoje, tenta-se estender essa tecnologia a sistemas residenciais e comerciais como forma de melhorar o consumo de energia dos sistemas e ar condicionado. Isso motiva este trabalho de analisar o impacto energético de um sistema de desumidificação em um condicionamento de ar dimensionado para uma edificação comercial de referência.

2. Sistemas de desumidificação

Todos os sistemas de ar condicionado têm como característica reduzir a umidade do ar que é retirado do ambiente exterior. Esse método ocorre devido ao fato do ar conseguir reter menos umidade com uma temperatura menor, condensando a água no processo de resfriamento. Entretanto, a retirada da umidade do ar representa uma carga significativa a ser retirada do sistema, visto que a umidade está ligada diretamente à entalpia.

Uma forma de desumidificar o ar sem gastar energia é utilizar as características dos materiais. A maioria dos materiais, por exemplo, atraem a umidade através de uma superfície de baixa pressão de vapor. A diferença dos materiais comuns e os materiais utilizados como dessecante nos desumidificadores é justamente a quantidade de umidade que eles podem retirar.

Quando o dessecante se torna úmido e quente, ou seja, após atrair a umidade do ar, sua superfície fica com alta pressão de vapor, repassando a umidade para o ar ao seu redor que deve ter pressão menor de vapor. É através desse ciclo de atração e repulsão de umidade que os desumidificadores funcionam.

Existem diferentes tipos de desumidificadores. Eles podem ser do tipo torre de spray, rotativa horizontal, rotativa de múltiplas faces verticais e por roda dessecante. Apenas o desumidificador por roda dessecante será apresentado, pois este será o sistema utilizado nesse trabalho.

2.1. Desumidificador por roda dessecante

O desumidificador é construído por uma roda de material semi-cerâmico, onde o dessecante é colocado. Na roda, existe uma divisão que separa a entrada de ar externo e a saída de ar de refrigeração que pode ser ar externo ou ar rejeitado pelo sistema condicionado. Um motor gira essa roda lentamente fazendo com que a área exposta para cada fluxo de ar esteja em constante mudança. A Figura 1 mostra uma representação desse sistema.

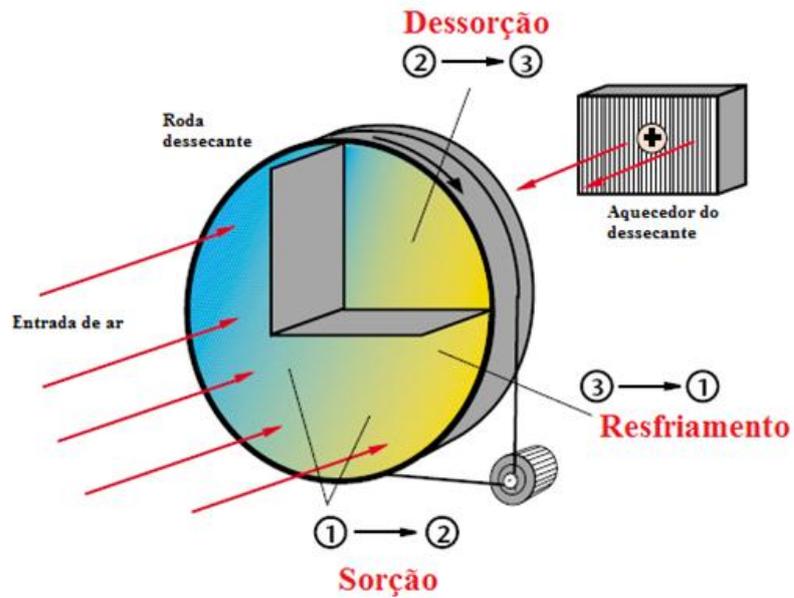


Figura 1. Representação do sistema de desumidificação por roda dessecante (MUNTERS, 2002).

O ar externo passa pela roda e o dessecante retira a umidade do ar, aproximação da sua saturação levando a um aumento na pressão do vapor e da temperatura (sorção). Enquanto a roda gira, a área saturada é afetada pelo fluxo de ar vindo do sistema condicionado, que é aquecido antes de entrar na roda dessecante. O ar vindo do sistema tem menor umidade e ao contato da roda dessecante retira a umidade, ganhando pressão e temperatura (dessorção). A área com baixa umidade volta ao estágio inicial onde recebe o ar externo e uma pequena parcela desse ar retira o calor do dessecante para que ele consiga sorver mais umidade (resfriamento). Todo esse processo está representado na Fig. (2).

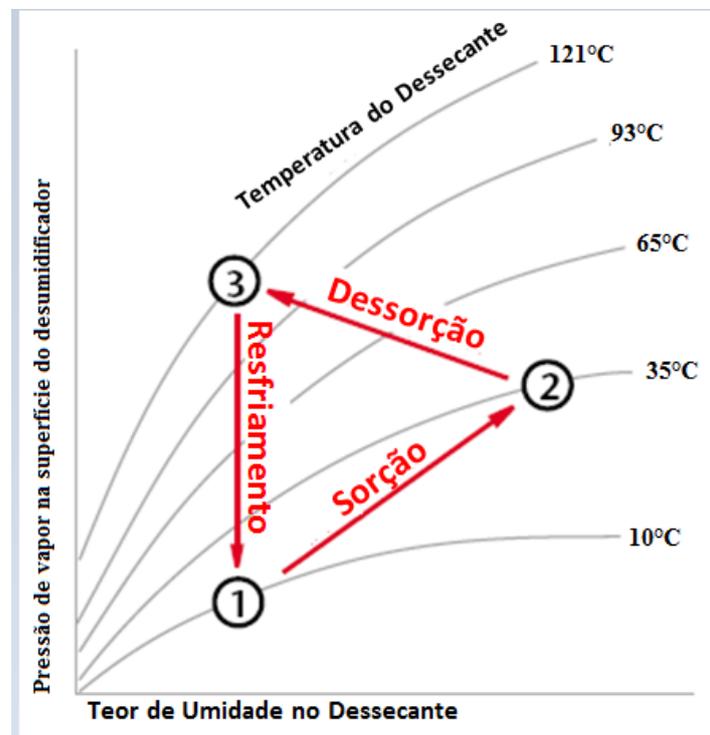


Figura 2. Processo de desumidificação (MUNTERS, 2002).

A grande vantagem desse tipo de desumidificador é o seu baixo peso e a sua superfície porosa que admite diferentes tipos de dessecantes (líquido ou sólido). Com essas características pode-se projetar uma roda específica para

cada sistema de condicionamento de ar. A desvantagem desse sistema é o alto custo inicial para a manufatura da roda dessecante.

Esse tipo de sistema foi testado na Itália por Mazzei et al (2001) e obteve bons resultados. Os ambientes climatizados estavam a 25°C e umidade relativa entre 40% e 55% e a economia total de 35% em Milão gerava um tempo de retorno de 5 anos. Liu et al (2005) mostrou que, na China, entretanto, um sistema com esse tipo de desumidificador acoplado a um sistema de condicionamento de ar com dois chillers e vazão mássica de 0,833 kg/s, resultava num aumento de energia consumida total em 15% para o caso da regeneração através do uso da eletricidade.

3. Descrição do sistema

O sistema analisado é uma edificação comercial referência com dimensões apresentadas na Tab. (1). A construção é do tipo metálico e com piso de viga de aço. O sistema é analisado durante o ano todo em cinco diferentes do Brasil: Brasília-DF, Recife-PE, Rio de Janeiro-RJ, Santa Maria-RS e São Paulo-SP. A densidade de pessoas, as cargas térmicas por iluminação, equipamentos e da ocupação são definidas pela norma NBR16401 e são apresentadas na Tab. (2). Através da norma ASHRAE 90.1-2004, encontrou-se a transmitância máxima para tetos, paredes e pisos. A Tabela (3) apresenta os materiais e as espessuras para paredes, tetos e pisos.

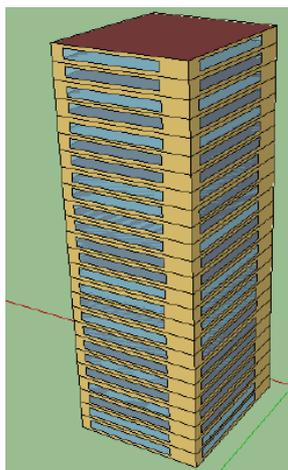


Figura 3. Ilustração da edificação

Tabela 1. Dimensões do edifício referência.

| | |
|-------------------|-------|
| Dimensões (m x m) | 35x30 |
| Pé direito (m) | 3,5 |
| Número de andares | 25 |

Tabela 2. Densidade de cargas térmicas de iluminação e equipamentos, calor liberado pelas pessoas e densidade de ocupação.

| | |
|--|------|
| Densidade de pessoas (pessoa/m ²) | 0,14 |
| Densidade de carga de equipamentos (W/m ²) | 10,7 |
| Densidade de carga de iluminação (W/m ²) | 11 |
| Calor liberado pelas pessoas (W) | 130 |

Tabela 3. Espessura dos materiais para paredes, tetos e pisos.

| Elementos | Concreto | Ar | Gesso | Reboco | Tijolo |
|-----------|----------|------|-------|-----------|--------|
| Teto | 0,20 | 0,03 | 0,02 | - | - |
| Paredes | - | - | - | 0,02+0,02 | 0,16 |
| Piso | 0,20 | - | - | - | - |

O condicionamento do ar utilizado pelo prédio é feito por um sistema dedicado com resfriamento a ar como mostrado na Fig. (3). O sistema possui um desumidificador por roda dessecante que utiliza o ar rejeitado pelo sistema para a regeneração. Este desumidificador garante que a umidade absoluta na saída da roda dessecante seja de 0,01 kg de água por kg de ar seco. O regenerador é, basicamente, um trocador de calor do tipo contra corrente que utiliza energia elétrica para aquecer o ar rejeitado e resfriar o ar de renovação.

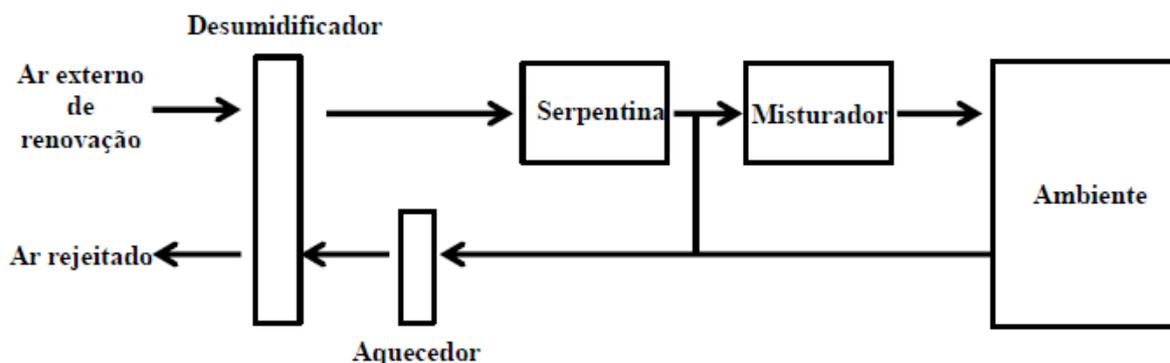


Figura 4. Planta de um ar condicionado dedicado.

4. Resultados

As análises dos sistemas de desumidificação nas cinco cidades brasileiras, obtidas através de simulações na ferramenta Energy Plus®, apresentaram resultados positivos em relação a reduções energéticas quando comparados com sistemas de condicionamento tradicionais. Em todas as cidades foram observados reduções percentuais no consumo total de energia elétrica do prédio como se pode ver na figura 4.

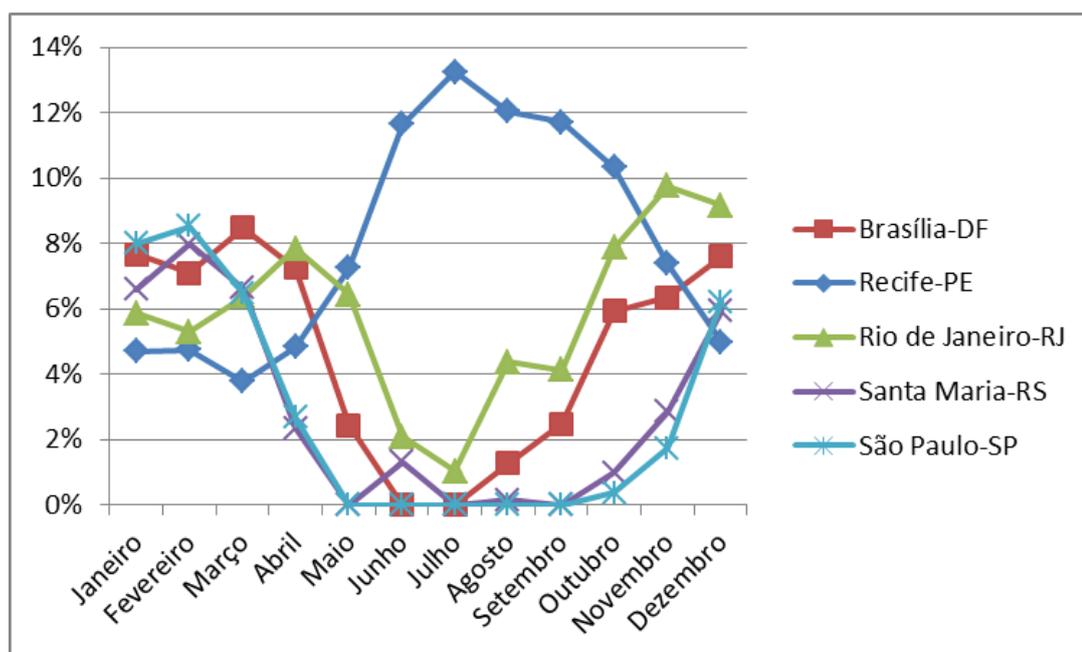


Figura 5. Reduções percentuais no consumo total de energia do prédio.

Como resultado das reduções energéticas, observou-se também uma redução nos gastos com tarifas. A tabela 4 apresenta as reduções anuais em cada cidade para a tarifação verde e azul.

Tabela 4. Reduções tarifárias para cada cidade com o sistema de desumidificação.

| Cidade | Tarifação Azul (R\$) | Tarifação Verde (R\$) |
|----------------|----------------------|-----------------------|
| Brasília | 60.446,20 | 70.298,08 |
| Recife | 101.085,88 | 121.108,11 |
| Rio de Janeiro | 75.110,76 | 81.204,78 |
| Santa Maria | 25.205,70 | 32.884,64 |
| São Paulo | 35.997,55 | 41.768,59 |

Para o cálculo do tempo de retorno, utilizou-se o valor presente líquido (VPL). A metodologia consistiu em tornar o VPL positivo de maneira iterativa até encontrar o tempo de retorno. Considerando uma taxa de juros de 0,48%

ao mês, compatível à taxa de juros de longo prazo do BNDES e os custos da inserção do sistema de desumidificação, obteve-se os resultados apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Custo do sistema de desumidificação e tempo de retorno.

| Cidade | Custo do sistema | Tempo de retorno | Economia elétrica (kWh) |
|----------------|------------------|------------------|-------------------------|
| Brasília | R\$ 160.000,00 | 2 anos e 4 meses | 214.126,3 |
| Recife | R\$ 140.000,00 | 1 ano e 5 meses | 389.974,6 |
| Rio de Janeiro | R\$ 140.000,00 | 1 ano e 11 meses | 273.492,8 |
| Santa Maria | R\$ 140.000,00 | 5 anos | 132.372,63 |
| São Paulo | R\$ 150.000,00 | 4 anos e 1 mês | 129.240,53 |

No caso de São Paulo-SP e de Santa Maria-RS, cidades com invernos frios e secos, as reduções energéticas no consumo total do prédio foram de 3% para ambas as cidades. Nos meses de maio a outubro, as reduções percentuais foram praticamente nulas piorando o resultado para essas duas cidades. Aplicando as tarifas em cada uma das duas cidades, as reduções anuais foram de R\$32.884,64 e R\$41.768,59 para Santa Maria-RS e São Paulo-SP respectivamente. O tempo de retorno para o sistema de desumidificação foi de 5 anos para Santa Maria-RS e 4 anos e 1 mês para São Paulo-SP.

Para Recife-PE e Rio de Janeiro-RJ, cidades litorâneas que tem como característica serem quentes e úmidas praticamente o ano todo, as reduções energéticas no consumo total do prédio foram de 8% e 6% respectivamente. Com essa grande redução no consumo da energia elétrica, as reduções tarifárias anuais chegam a R\$121.108,11 para Recife-PE e R\$81.240,78 para Rio de Janeiro-RJ. O tempo de retorno do projeto encontrado para Recife-PE foi de 1 ano e 5 meses, enquanto que para o Rio de Janeiro-RJ foi de 1 ano e 11 meses; valores muito abaixo dos encontrado nas cidades de São Paulo-SP e Santa Maria-RS.

Especificamente para Brasília-DF, ocorreu um problema com os dados climáticos, ocorrendo reduções no consumo de energia total do prédio de 5% e reduções tarifárias anuais de R\$70.298,08. Esses valores mais altos do que os encontrados em São Paulo-SP causam estranheza, já que o clima brasiliense é mais seco. O tempo de retorno para inserção do sistema de desumidificação foi de 2 anos e 4 meses.

5. Conclusão

Verificou-se que em todas as cidades ocorreram reduções energéticas. Para as cidades mais secas como São Paulo e Santa Maria, essas reduções foram de aproximadamente 3% da energia total consumida pelo prédio, enquanto que para as cidades mais litorâneas como Rio de Janeiro e Recife, essas reduções foram de 6% e 8%, respectivamente. Para Brasília, sua redução energética porcentual anual foi de 5%, valor acima do que o encontrado em São Paulo. Entretanto, é de conhecimento que o clima de Brasília é mais seco do que o de São Paulo e por isso, suspeita-se de um problema na base climática utilizada pela ferramenta de simulação, Energy Plus®.

Cálculos mostraram que para Recife e Rio de Janeiro, o tempo de retorno é de 1 ano e 5 meses e 1 ano e 11 meses, respectivamente. Para Santa Maria e São Paulo, cidades que apresentaram as menores reduções energéticas, o tempo de retorno é de 5 anos e 4 anos e 1 mês. Em Brasília, o tempo de retorno é de 2 anos e 4 meses.

Percebe-se que o sistema de desumidificação é uma opção interessante para redução do consumo energético em prédios comerciais. Apesar do alto custo inicial, seu valor é ainda muito baixo se comparado ao gasto mensal com tarifas energéticas. Além disso, o tempo de retorno para todas as cidades está dentro de um padrão aceitável pelas empresas atuais.

6. Referências

AES ELETROPAULO. Tarifas de Energia. São Paulo, 2010. Disponível em:

<<http://www.aeseletpaulo.com.br/clientes/ClientesCorporativos/informacoes/Paginas/TarifasdeEnergia.aspx>

>. Acesso em: 20 Set. 2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR16401: Instalações de Ar Condicionado- Sistemas Centrais e Unitários. Rio de Janeiro, 2008

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE STANDARDS- Energy Standart for Buildings Except Low- Rise Residential Buildings- SI EDITION. Atlanta, 2004.

Liu, W., Lian, Z., Radermacher R., Yao, Y. Energy consumption analysis on a dedicated outdoor air system with rotary desiccant wheel. Xangai, 2005.

Mazzei, P., Minichiello, F., Palma, D. Desiccant HVAC systems for commercial buildings. Nápoles, 2001.

Munters Corporation Dehumidification Division. The Dehumidification Handbook. 2. ed. Amesbury, 2002.

CEB. Tarifas. Brasília, 2010. Disponível em:
<<http://www.ceb.com.br/CebNovo/arquivos/Pdf/Tarifas%20THS%20092010.pdf>>. Acesso em: 20 Set. 2010.

CEEE. Tarifa horo-sazonal azul. Porto Alegre, 2009. Disponível em:
<http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/archives/Tabela_Horo_Azul_2009.pdf>. Acesso em: 20 Set. 2010.

CEEE. Tarifa horo-sazonal verde. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <
http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/archives/Tabela_Horo_Verde_2009.pdf>. Acesso em: 20 Set. 2010.

CELPE. Valor da Tarifa. Recife, 2010. Disponível em:
<http://www.celpe.com.br/Aplicacoes/Orientacao/orientacoes_energia.asp?c=17&tensao=Baixa>. Acesso em:
20 Set. 2010.

FIESP. Manual de Tarifação. São Paulo, 2001.

LIGHT. Valor da tarifa. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:
<<http://www.light.com.br/web/institucional/atendimento/informacoes/tarifas/tarifas.asp?mid=868794297227722772287226>>. Acesso em: 20 Set. 2010.

Dehumidification system analysis for commercial buildings

Alexandre Shuji Endo

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
alexandre.endo@gmail.com

Abstract. *The purpose of this paper is to present an evaluation of a desiccant dehumidifier wheel combined with a dedicated air conditioning system for different cities. The zones are conditioned to temperatures of 24 ° C and relative humidity of 50% and the study is based on a commercial building reference. The analysis in the cities of Brasilia, Recife, Rio de Janeiro, Santa Maria and Sao Paulo had annual reductions of 3% to 8% in total energy consumption of the building. Pay back calculations, presented periods of 1 year and 5 months to 5 years.*

Keywords. *Air conditioning, dehumidifiers, desiccant wheel, building commercial reference.*