

# CONIC SEMESP

17º Congresso Nacional de Iniciação Científica

**TÍTULO:** ESTUDO DA SECAGEM COM MICRO-ONDAS DE SULFATO DE MAGNÉSIO

**CATEGORIA:** CONCLUÍDO

**ÁREA:** ENGENHARIAS E ARQUITETURA

**SUBÁREA:** ENGENHARIAS

**INSTITUIÇÃO:** CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO EDUCACIONAL INACIANA PE SABÓIA DE MEDEIROS

**AUTOR(ES):** ANDREZA FERNANDES AMARAL

**ORIENTADOR(ES):** LUIZ ALBERTO JERMOLOVICIUS

Realização:

SEMESP 

Apoio:

  
CENTRO UNIVERSITÁRIO ÍTALO BRASILEIRO

## RESUMO

Esse trabalho apresenta um estudo da secagem do sulfato de magnésio para avaliação da viabilidade técnica de sua secagem com micro-ondas. Aperfeiçoou-se o método tradicional de irradiação com micro-ondas do material a secar. Realizaram-se ensaios de secagem em diferentes condições de irradiação e compararam-se os resultados de secagem com micro-ondas com os da secagem em estufa, empregando curvas de umidade.

Palavras-chave: micro-ondas, secagem, sulfato de magnésio.

## INTRODUÇÃO

Entre as atividades do uso das micro-ondas, ela vem sendo aplicada no desenvolvimento de processos químicos, principalmente em secagem, onde permite melhor desempenho em relação ao tempo de secagem e economia de energia.

Micro-ondas são ondas eletromagnéticas com frequência de 300 MHz ( $3 \cdot 10^8$  Hz) a 300 GHz ( $3 \cdot 10^{11}$  Hz) equivalentes no ar a valores de comprimento de onda de 1 mm a 1 m. Segundo Schiffmann (1995), o campo elétrico causa movimentação de compostos bipolares e de íons na direção oposta a sua polaridade, causando atrito entre as moléculas. Esse efeito ocorre milhões de vezes por segundo, ocorrendo à transferência de energia e assim, o aquecimento.

O Sulfato de magnésio é um mineral utilizado em uso industrial, farmacêuticos e fertilizantes, ele possui quatro formas cristalinas: dodecahidratado ( $\text{MgSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ), heptahidratado ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), hexahidratado ( $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) e anidro ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Para sua utilização em algumas aplicações, é necessário torná-lo anidro.

Uma opção para a secagem do sulfato de magnésio até sua fase anidro é a liofilização seguida de secagem a  $200^\circ\text{C}$ , por conta da precipitação dos hidratos. Porém, esse processo leva semanas. Pelo método de dessecação, o sulfato de magnésio heptahidratado converte-se para o hexahidratado quando a umidade relativa está entre 50-55%, a  $20^\circ\text{C}$ . Para avançar nas desidratações, são necessárias temperaturas e umidades maiores.

Dessa visualizou-se a possibilidade de um estudo sobre a secagem do sulfato de magnésio assistida por micro-ondas, de modo a avaliar se a introdução das micro-ondas nesta secagem apresentará benefício.

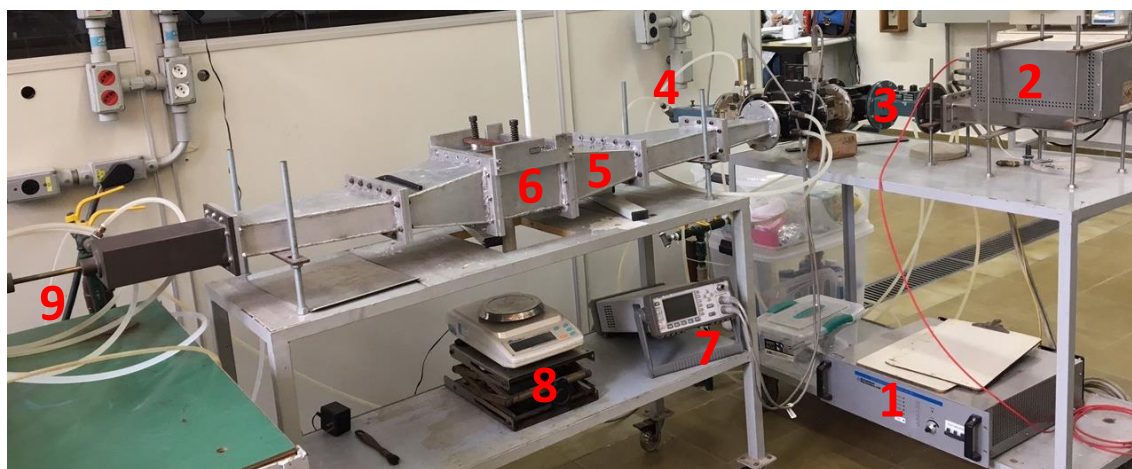
## OBJETIVO

Esse trabalho tem como objetivo estudar as curvas de secagem do sulfato de magnésio em diferentes potencias de micro-ondas, quantificando o processo de secagem por sua velocidade e comparar o uso das micro-ondas com a secagem em estufa. Também, analisar a umidade presente nas amostras e determinar a água de hidratação residual.

## METODOLOGIA

### Sistema de geração de micro-ondas

A figura 1 **Error! Reference source not found.** mostra o equipamento a ser utilizado no trabalho e as partes necessárias para a geração de micro-ondas.



**Figura 1. Sistema para geração de micro-ondas. Fonte: laboratório de micro-ondas.**

Sendo:

- 1 – Fonte de tensão variável Cober Eletronics, inc;
- 2 – Gerador de micro-ondas CoberMuegge de 2,45 GHz, potência máxima de 3 kW;
- 3 – Acopladores direcionais Connecticut Microwaves Equipaments;

- 4 – Carga de dissipação Gerling Moore, modelo 4011;
- 5 – Guias de onda 72x34 mm e 30 cm de comprimento para 2,45 GHz;
- 6 – Cavidade;
- 7 – Sistema de controle por medidor de potência de dois canais Agilent Modelo E4419B;
- 8 – Balança Semi-Analítica GEHAKA –BK 3000 II;
- 9 – Curto móvel.

### **Rendimento da Cavidade**

Foi preciso medir a eficiência da cavidade, então foi calculado a potência real da cavidade para obter o rendimento do equipamento, através da equação da energia:

$$Q (J) = m * C_p * \Delta T$$

$$P (W)_{real} = \frac{Q (J)}{tempo (s)}$$

$$Rendimento (\%) = \frac{P (W)_{real}}{P (W)_{aplicada}}$$

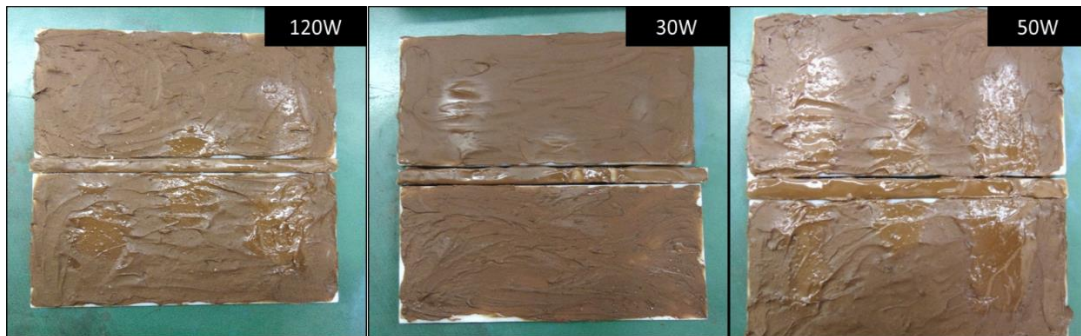
E utilizou-se o seguinte procedimento:

- Pesar precisamente 100g de água destilada no béquer de Pirex e anotar o valor;
- Medir a temperatura inicial da água com um termopar, agitando o meio;
- Irradiar micro-ondas por 1 minuto com potência de 220W;
- Medir a temperatura final da água com o mesmo termopar, agitando a amostra.

### **Otimização da dispersão do campo de micro-ondas na cavidade**

Inicialmente, foi utilizado um procedimento com chocolate, que visa a verificar a melhor posição da amostra dentro da cavidade e medições do curto móvel, que tem o papel de aperfeiçoar o campo elétrico com relação ao magnético, através do seguinte procedimento:

- Derreter chocolate;
- Transferir para uma placa de Teflon;
- Congelar;
- Alocar a placa na cavidade;
- Ajustar o curto móvel no final do guia;
- Irradiar micro-ondas por 1 minuto;
- Desligar o sistema de geração de micro-ondas;
- Retirar a placa da cavidade;
- Fotografar e analisar a distribuição de aquecimento na placa.
- Adotar como melhor posição a que fornece um derretimento mais homogêneo.



**Figura 2. Distribuição do campo no chocolate.**

Como cada material reage de uma forma diferente às micro-ondas, foi necessário ratificar esta posição do curto móvel com amostras de sulfato de magnésio. Para isso foi utilizado o equipamento VNA – Vector Network Analyzer para medir a menor impedância do sistema cavidade sulfato de magnésio.

## **DESENVOLVIMENTO**

Como iniciação do trabalho, foi realizada a dosagem de magnésio no sulfato de magnésio heptahidratado em triplicata, com o objetivo de encontrar o número de moléculas de água do produto comercial. Para tal, foi feita a complexometria via EDTA e, para analisar as amostras e medir o teor de água residual, utilizou-se o método de Determinação de dureza total de água.

### **Umidificação da amostra**

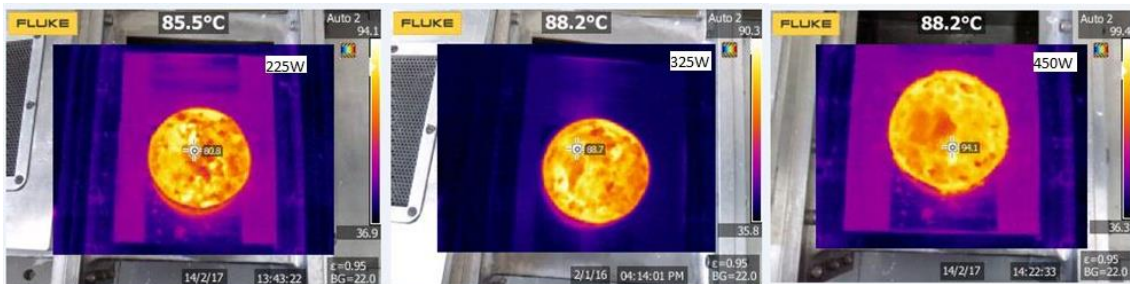
No intuito de simular o processo industrial de secagem do sulfato de magnésio, a amostra foi umidificada seguindo o procedimento a seguir:

- Pesar sulfato de magnésio PA;
- Adicionar 40% de água destilada;
- Misturar até que o sulfato de magnésio fique homogêneo;
- Deixar decantando por 3 horas;
- Fazer filtração a vácuo;
- Pesar 202g, suficiente para encher o recipiente de alumínio, em sacos plásticos;
- Armazenar em geladeira.

As amostras estão prontas para as análises de secagem.

### Determinação das curvas de secagem

As secagens foram feitas em três potências diferentes, determinadas através do cálculo de energia, uma 100W de micro-ondas menor e outra 125W maior, determinando as três potências de trabalho (225, 325 e 450W) para visualizar a região de melhor desempenho do equipamento, em triplicata. No intuito de analisar o comportamento do sulfato de magnésio comercial após umidificação, foram registradas no termógrafo as fotos em infravermelho, como se apresenta na figura 3. Notam-se, nesta figura relativa homogeneidade da distribuição de temperatura, sendo ela mais pronunciada a 450 W.



**Figura 3: Variação da temperatura nas potências utilizadas.**

Foi monitorada a variação de massa da amostra em função do tempo, a potência irradiada e a efetiva, além disso, ao término da secagem, foi retirada amostra para determinar o número de mols de água residual e o teor de umidade no analisador de umidade por infravermelho.

O procedimento a seguir foi feito para cada um dos 9 experimentos, no equipamento apresentado:

- Tarar a balança com o recipiente de alumínio;

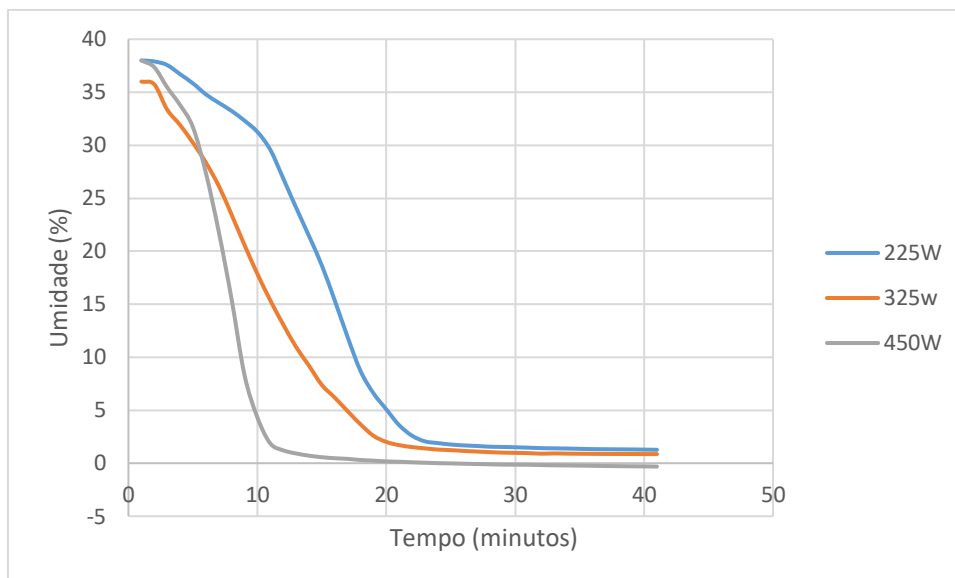
- Tomar amostra de 202g do sulfato de magnésio umidificado e colocar no recipiente;
- Retirar uma amostra de 2g e medir a umidade inicial no infravermelho;
- Coletar uma amostra de 0,1g para complexometria e cálculo do número de mols;
- Anotar a massa inicial;
- Fechar a cavidade;
- Ligar a fonte de tensão;
- Ajustar potência efetiva;
- Acionar o cronômetro;
- Anotar massa, potência irradiada e refletiva a cada minuto;
- Parar a secagem em 40 minutos;
- Desligar a fonte de tensão;
- Abrir a cavidade;
- Fotografar o material com um termógrafo;
- Coletar amostra para análise de umidade no infravermelho,
- Descartar o restante.

A frequência de operação das micro-ondas durante todos os ensaios foi de 2,45 GHz.

Através das massas, foi possível calcular a umidade em cada minuto.

## **RESULTADOS**

Foram feitos nove ensaios nas três potências (225, 325 e 450W) em triplicata, com duração de 40 minutos cada. O gráfico abaixo apresenta os resultados da média das três análises da variação da umidade em relação ao tempo, obtidos através da diferença de massa e da umidade inicial medida no infravermelho.



**Figura 4: Comparativo de secagem.**

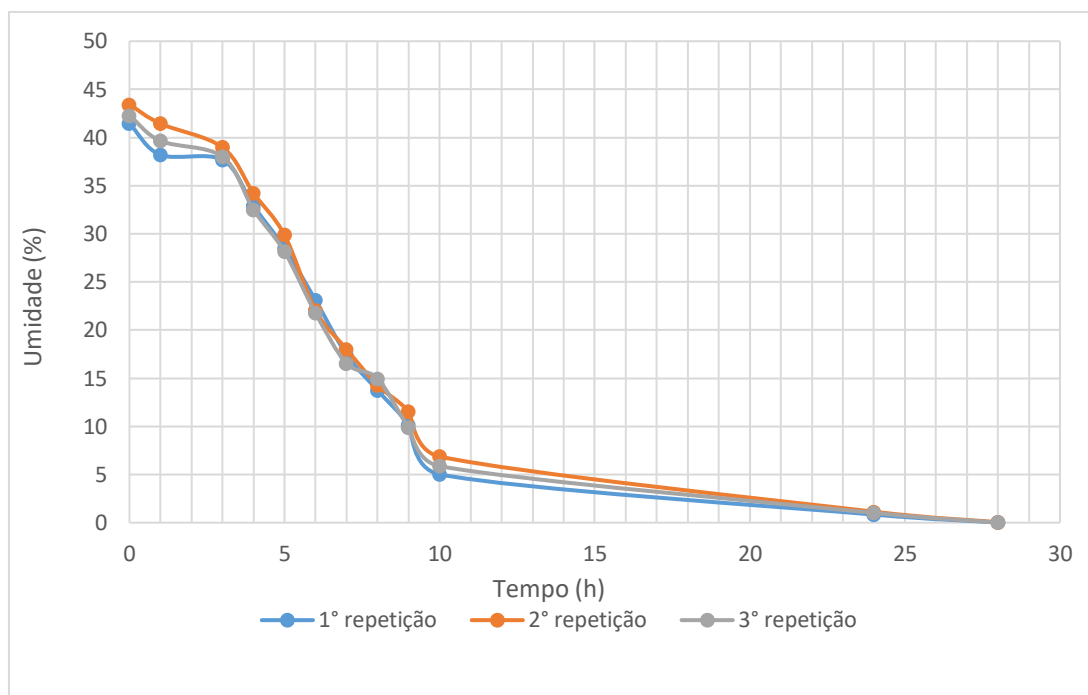
Observou-se que, para umidade inferior a 5%, é necessário apenas 10 minutos na potência de 450W e aproximadamente 20 minutos para as potências de 225W e 325W. O cálculo para potência de 450W obteve no final um valor negativo, que pode se explicar por ser maior que a potência necessária encontrada no cálculo de energia e esse erro pode ser considerado baixo em relação ao valor encontrado na tabela abaixo, que representa a média do número de mols de água presente nas amostras analisadas e os valores finais de umidade realizados no infravermelho:

Potência (W)	Nº de mols de H <sub>2</sub> O	Umidade no I.V (%)	Umidade teórica (%)
450	1,8	0,74	-0,32
325	2,07	0,85	0,86
225	2,35	2,85	1,26

**Tabela 1: Resultados das análises via Titulação, Infravermelho, e valor teórico.**

Para comparar o uso das micro-ondas com o método convencional, utilizou-se a secagem em estufa, em que, colocou-se a amostra na mesma condição utilizada nos ensaios na estufa a 120°C e retirou-se amostras que foram analisadas no infravermelho. O gráfico abaixo representa o resultado obtido:





**Figura 5: Curva de secagem de MgSO<sub>4</sub> em estufa.**

As amostras foram tiradas a cada uma hora por 10 horas e a última após 28 horas de secagem, o procedimento foi realizado em triplicada.

## CONCLUSÃO

A secagem com micro-ondas apresentou-se eficiente, pois em 40 minutos se obteve valores próximos a 1% de umidade, enquanto a secagem em estufa precisou de mais de 24 horas. A melhor condição encontrada foi a de 450W irradiados, porém, para tornar o sulfato de magnésio anidro, seria necessário mais tempo do procedimento. A cavidade estava bem configuradas pois os termogramas mostrar superfícies com tendência a serem homogêneas.

## REFERENCIAS

1. BARBOSA, F. T.; BARBOSA, L. T., JUCÁ, M. J. CUNHA, R. M. **Usos do Sulfato de Magnésio em Obstetrícia e em Anestesia.** Revista Brasileira de Anestesiologia, Campinas, v. 60, n.º 1, jan. /fev. 2010;
2. JERMOLOVICIUS, L. A.; SENISE, J. T.; NASCIMENTO, R. B. **Microwave Drying of Zinc Sulfate.** Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano Do Sul.
3. NASCIMENTO, R. B.; JERMOLOVICIUS, L. A.; SENISE, J. T. **Economia de Energia na Secagem de Sulfato de Zinco Heptahidratado pela**

- Substituição de Secadores com Infravermelho por Secadores a Micro-ondas.** Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano Do Sul.
4. LEONARDO, V. J. A. **Contribuição do estudo da secagem com micro-ondas de tinta à base de resina acrílica emulsionada em água utilizada na sinalização horizontal viária.** Dissertação de Mestrado do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano Do Sul, 2009. 118 p;
  5. NASCIMENTO, R. B. **Contribuição ao desenvolvimento de processos químicos incentivados por micro-ondas para hidrólise em alta pressão de bagaço de cana.** Dissertação de Mestrado do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano Do Sul, 2012. 162p.
  6. SARTORIO, L.; Júnior, J. K. **Química Analítica Quantitativa.** 1 ed. Editora Moderna, 1981.
  7. DARMSTADT. **Métodos complexométricos de valoración con Titriplex.** 3 ed. Editora Merck, 1975. 91 p.
  8. **Determinação da Dureza Total.** Disponível em:  
<https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/determinacao-da-dureza-total/>  
Acesso em: 06 de agosto de 2017.