



UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE

Curso de Tecnologia em Cerâmica

Trabalho de Conclusão de Curso



## ANÁLISE do processo de secagem de pasta de cerâmica vermelha utilizando planejamento experimental estatístico

Camila Perdoná

Adriano Michael Bernardin, Dr. Eng.<sup>1</sup>

**Resumo:** O presente trabalho tem por objetivo estudar o processo de secagem de uma pasta de cerâmica estrutural para fabricação de telhas em função da sua temperatura, tempo e a velocidade do ar de secagem. Para este estudo foi usado planejamento experimental com base nestas variáveis de secagem. A massa estudada foi formulada em uma cerâmica estrutural da região de Morro da Fumaça, SC. Sua estrutura cristalina é composta por quartzo (36%), caulinita (50%), montmorilonita (9%), illita (5%) e sua composição química apresenta em maiores percentuais  $\text{SiO}_2$  (68%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (18%) e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (3%). Os corpos de prova cilíndricos foram obtidos da pasta já extrudada e posteriormente foram secos em estufa (60°C e 90°C) com diferentes tempos de secagem (6 h e 12 h) e com ventilação (0,01 m/s) e sem ventilação. Como resultado, a resistência mecânica à compressão é função da temperatura e do tempo de secagem, a perda de umidade é função da temperatura de secagem, e a velocidade de secagem não teve efeito significativo sobre as propriedades medidas.

Palavras-chave: secagem, cerâmica vermelha, temperatura, ventilação forçada.

### 1. Introdução

Na indústria de cerâmica vermelha o processo de secagem é uma etapa de grande importância para obtenção da qualidade do produto final. Constitui-se em uma etapa do processamento que tem como finalidade retirar a água contida nas argilas e aquela que foi adicionada para possibilitar a moldagem. No que se refere à matéria-prima, o setor de cerâmica vermelha utiliza basicamente os argilominerais.

Segundo Pinto (1997), a argila pode ser definida como um sedimento com tamanho de partícula inferior a 4 $\mu\text{m}$ , constituída em grande parte por argilominerais, podendo

---

<sup>1</sup>professor orientador

conter impurezas. Desenvolve plasticidade com a adição de uma quantidade conveniente de água, perdendo-a após a secagem. Após queima a uma temperatura superior a 1000°C, adquire alta resistência mecânica.

As argilas são formadas essencialmente por:

- i) argilominerais, cuja composição é variável, podendo assim apresentar diferenças importantes na morfologia e na estrutura das partículas. Muitos são os grupos de argilominerais, como caulinitas, montmorilonitas, ilitas, cloritas, paligorskita, entre outros.
- ii) Carbonatos, com diversos tamanhos de partículas e em vários graus de dispersão;
- iii) Sílica livre, de tamanho grande (maior que 10µm);
- iv) Feldspatos e micas;
- v) Sais solúveis;
- vi) Matéria orgânica e resíduos carbonosos.

De acordo com Barba (1977), as argilas podem dividir-se em três grupos:

- i) Caulins, que são depósitos de caulinita, possuindo quantidade elevada de partículas finas;
- ii) Argilas de cor de queima branca, subdivididas em: “ballclays” (caulinítico-ilíticas); “fireclays” (refratárias) e “flintclays” (duras, maciças e pouco plásticas);
- iii) Argilas de cor de queima vermelha, subdividida em: argilas refratárias (fases com elevada refratariedade na queima) e argilas fundentes, (comportamento fundente, com baixo, médio ou alto conteúdo de carbonato).

As matérias-primas empregadas no processo de fabricação de cerâmica vermelha, que são compostas por diferentes espécies mineralógicas, são combinadas em determinadas proporções, estabelecendo a formulação específica ao fim a que se destina o material cerâmico. O conhecimento das relações físico-químicas de seus constituintes permite conhecer o comportamento frente às diferentes etapas do

processo de fabricação até a obtenção do produto final (BARBA, 1977).

A massa estudada apresenta como composição cristalina aproximadamente 36% de quartzo, 50% de caulinita, 9% de montmorilonita e 5% de illita, formulação obtida pela combinação de diferentes argilas da região de Morro da Fumaça, SC, visando uma composição ideal de plasticidade e fusibilidade.

De acordo com Santos (1989), a plasticidade constitui a propriedade que um material possui de se deformar e manter a deformação após a retirada de uma força aplicada. Para uma composição cerâmica tradicional, seu comportamento plástico depende da relação entre a água e a argila, sendo que sua capacidade de deformação está diretamente ligada às relações físico-químicas do material. São essencialmente resultantes das forças de atração entre as partículas de argilominerais e a ação lubrificante entre as mesmas. Desta forma, é muito importante, tanto na modelagem, quanto na prensagem ou conformação do material cerâmico. Quando da aplicação de uma pressão, as partículas fluem devido à plasticidade e se empacotam de forma estável com a forma desejada e a resistência mecânica torna-se suficiente para a manipulação da peça a verde (antes da queima). Sua inadequada preparação pode acarretar em defeitos durante as etapas posteriores, como é o caso da gretagem, trincas de secagem, rupturas no transporte e manipulação de peças não queimadas.

Dessa forma, a água torna-se um componente de fundamental importância no processo cerâmico. Sua adição à argila torna a massa cerâmica plástica, facilitando operações de processamento como moldagem, conformação e extrusão. A quantidade deve ser controlada, sendo de grande importância o conhecimento de seus princípios físicos e químicos quando em contato com o material cerâmico. A água adicionada na preparação da massa deve ser removida no processo de secagem. Caso contrário, poderão ocorrer fissuras e outros defeitos que serão vistos após o processo de queima. Dentro deste conceito, Más (2002) afirma que "(...) a variação de água na extrusão pode causar variação de tamanho maior que a variação de temperatura no forno."

Durante o processo de secagem em materiais cerâmicos o ar psicrometricamente controlado, ou seja, com temperatura e umidade controladas, circula sobre o meio

poroso, fazendo com que esse ar ganhe ou perca umidade. Caso a pressão de vapor desse ar psicrométrico seja menor que a do meio poroso o qual está secando, esse meio poroso perderá umidade (maior pressão de vapor) até atingir uma condição de equilíbrio. Da mesma forma, se a pressão de vapor do ar psicrométrico for maior que a pressão parcial de vapor do meio poroso, esse meio poroso tenderá a absorver umidade até uma condição de equilíbrio. Essa condição de equilíbrio será atingida quando não mais houver trocas entre o ar psicrométrico e o meio poroso, ou seja, quando ambos estiverem na mesma pressão de vapor (equilíbrio de pressões), dando origem às chamadas curvas de equilíbrio entre a umidade do meio poroso e umidade relativa do ar, à determinada temperatura (COSTA, 2001).

Várias são as fontes energéticas que podem agir no processo de secagem, entre as quais, cita-se, além da secagem térmica por calor gerado por combustão e/ou radiação, a secagem por pulsos; a secagem dielétrica; a secagem por frequência de rádio e a secagem por micro-ondas. O ambiente pode ser preparado de forma direta, como é o caso da utilização de raios infravermelhos, por indução através da utilização de altíssima frequência e por autoclave aplicada a um ambiente fechado. O ambiente pode ainda ser preparado de forma indireta, como é o caso da transmissão de calor por convecção, que pode manifestar-se de duas formas, quais sejam, através do ar natural aquecido em um ambiente aberto ou através do controle do ar atmosférico em ambiente fechado (FACINCANI, 1993).

Deste modo, torna-se condição necessária a criação de um ambiente de secagem no qual são superadas as condições de equilíbrio entre a tensão do líquido a ser retirado e a capacidade do ambiente em absorvê-lo. Esse balanço de massa entre a massa cerâmica e o meio ambiente depende, dentre outros fatores, principalmente da temperatura e do conteúdo de umidade no meio poroso, produzindo gradientes em seu interior. Isso leva a uma solução simultânea devido as suas variações ao longo do tempo, acoplada às equações universais de conservação de energia e massa. Esses processos acontecem em regime transitório, onde a concentração de líquido se diferencia entre os pontos vizinhos no interior do material poroso, criando dificuldades à solução matemática. Assim sendo, se enquadram como função das

equações diferenciais da difusão da massa e da energia, que têm sido resolvidas para sistemas unidirecionais e bidirecionais, sujeitas a simplificações e sob determinadas condições de contorno, que levam a valores além dos esperados (MENDES, 1997). Devido à dificuldade da solução matemática do processo de secagem, um modo de estudá-lo é pelo uso de planejamento experimental estatístico, onde variáveis de secagem como temperatura, tempo e velocidade do ar podem ser simultaneamente variados e seus efeitos, individualizados ou interativos, podem ser determinados experimentalmente por análise de variância e superfícies de resposta.

Segundo Brosnan e Robinson (2003), para que ocorra a secagem, o sistema formado entre o ar circulante de secagem e a massa cerâmica a ser seca não pode estar em equilíbrio. É necessário que o ambiente de secagem esteja a uma temperatura superior àquela do corpo úmido, criando um fluxo de calor entre o meio poroso e o ar circulante, e possibilitando a vaporização da umidade. Um dos conceitos fundamentais da secagem é que não se pode aplicar calor seco sobre a peça úmida fria (MÁS, 2002).

De acordo com Más (2002), quando o ar seco sopra sobre a peça úmida e fria ocorre imediatamente formação de trinca. Quanto menos materiais não plásticos (como os materiais rochosos) e mais argilas na formulação, maior tendência de ocorrerem trincas. E quanto maior a quantidade de água de retração, maior a possibilidade de surgirem trincas. Porém, se sobre a mesma peça é soprado ar saturado morno por um bom ventilador, essa peça não sofre trincas, pois ocorre o aquecimento da peça sem haver secagem.

Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo estudar o processo de secagem de uma composição de cerâmica vermelha variando-se a temperatura, o tempo e a condição de ventilação em estufa de laboratório. Tanto a formulação da pasta cerâmica quanto sua condição de extrusão não foram variadas neste estudo.

## 2. Materiais e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido no laboratório de Materiais Cerâmicos e Vítreatos da UNESC em parceria com a Cerâmica Ouro Preto, sendo utilizada a pasta (massa) padrão para fabricação de telha composta pela mistura de diferentes argilas.

Os ensaios para determinação da composição química, fases cristalinas e tamanho de partículas foram realizados no Senai – Criciúma. Onde a composição química das amostras foi determinada por fluorescência de raios X (Philips). As fases cristalinas foram determinadas por difração de raios X (Bruker D8) e sua quantificação pela técnica de Rietveld. As condições de ensaio foram, radiação Cu K $\alpha$  a potencia 40 kV e a corrente 40 mA, com velocidade de 0,02°/s e intervalo de varredura do goniômetro entre 2° a 72°. O tamanho de partícula das amostras foi mensurado por difração a laser (CILAS modelo 1064).

Foram preparadas amostras em formato de cilindros, com aproximadamente 950 mm de diâmetro e cerca de 970 mm de altura, preparadas a partir da massa pronta, ou seja, com as argilas já homogeneizadas e conformadas por extrusão, com teor inicial de umidade de aproximadamente 19%. As amostras foram posteriormente levadas a um aparato experimental de secagem e à estufa sem ventilação, para determinação da perda de umidade e da retração linear em função do tempo e da temperatura de secagem.

O aparato experimental é constituído por uma estufa de laboratório com controlador de temperatura, onde um ventilador foi posicionado sobre o teto, o motor acima da estufa e sua hélice passada por um pequeno orifício posicionado no centro, conforme apresentado na figura 1. O objetivo do uso do aparato foi comparar a influência da velocidade do ar na secagem em diferentes temperaturas. A velocidade do ar de secagem foi medida com auxílio de um anemômetro, sendo 0,01 m/s.

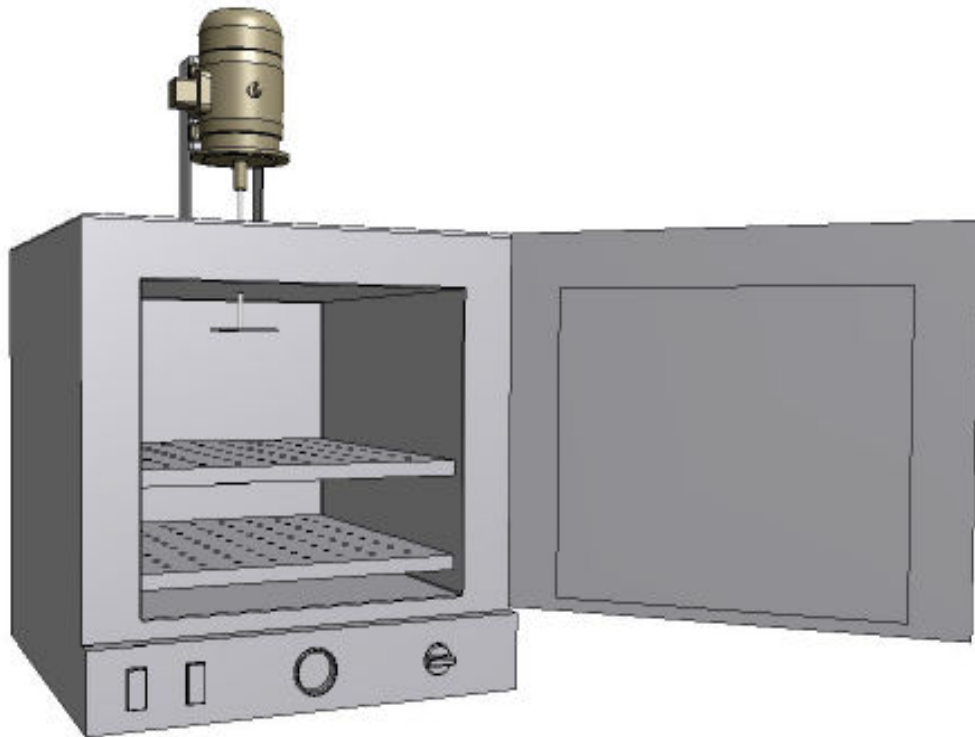


Figura 1 – Aparato experimental.

Inicialmente, foram selecionados alguns corpos de prova para realizar a secagem completa do mesmo, os corpos de prova permaneceram na estufa por 24h a 100°C sem ventilação. Estes foram utilizados como parâmetro para a realização dos outros ensaios.

Em seguida, foram realizados ensaios de secagem com variação de temperatura entre 60°C e 90°C, tempo de secagem entre 6 h e 12 h, e com ventilação (aparato de secagem) e sem ventilação (estufa de laboratório). Os valores selecionados para as variáveis tiveram como objetivo simular a variação das condições de secagem, resultando em uma matriz experimental do tipo fatorial completo  $2^3$  (três variáveis, temperatura, tempo e ventilação, a dois níveis, 60°C e 90°C, 6 h e 12 h, 0 m/s e 0,01 m/s), conforme tabela 1.

Tabela 1 – Matriz de planejamento experimental.

Ensaio	Temperatura (°C)	Tempo (h)	Ventilação (m/s)
1	60	6	0
2	60	6	0,01
3	60	12	0
4	60	12	0,01
5	90	6	0
6	90	6	0,01
7	90	12	0
8	90	12	0,01

Em ambos os procedimentos de secagem o diâmetro e a umidade dos corpos de prova foram constantemente monitorados. A variação de diâmetro foi determinada com auxílio de um paquímetro, a variação de umidade foi determinada utilizando-se uma balança, e a força de ruptura à compressão das amostras foi determinada em uma máquina universal de ensaios (Emic DL 10000, 1 mm/min).

#### 4. Resultados e Discussões

A partir da realização dos ensaios no laboratório de materiais cerâmicos e vítreos da UNESC, foi possível obter os resultados apresentados na tabela 2. Os resultados da análise química da massa empregada estão apresentados na tabela 3. Observando-se a análise química da massa cerâmica, há um alto percentual de  $\text{SiO}_2$ , que atua como principal componente da estrutura cerâmica. O alto teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  aumenta a refratariedade da massa. A combinação entre os dois óxidos forma a estrutura básica de todos aluminossilicatos. O teor de perda ao fogo indica a presença de matéria orgânica na massa.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{TiO}_2$  atuam basicamente dando cor à massa. Finalmente, a quantidade de elementos mineralizantes, os óxidos alcalinos e alcalino-terrosos, é praticamente desprezível.



Tabela 2 – Matriz experimental fatorial completa 2<sup>3</sup> e resultados dos ensaios de perda de umidade (%), retração de secagem (%) e força de ruptura (kgf).

Ensaio	Temperatura (°C)	Tempo (h)	Ventilação (m/s)	Retração (%)	Perda de umidade (%)	Força de ruptura (kgf)
1	60	6	0	2,61	6,64	29,66
2	60	6	0,01	5,69	9,81	25,96
3	60	12	0	5,18	10,22	9,84
4	60	12	0,01	4,74	17,16	13,22
5	90	6	0	4,69	17,55	14,83
6	90	6	0,01	5,2	18,07	10,32
7	90	12	0	4,21	17,6	14,03
8	90	12	0,01	4,69	18,84	25,47

Tabela 3 – Análise química por espectrometria de fluorescência de raios X da massa empregada.

Elemento	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	P.F.
Teor (%)	18,4	0,1	2,8	1,0	0,5	0,1	68,0	1,3	7,7

Fonte: SENAI, 2012.

A tabela 4 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de difração de raios X com análise quantitativa pela técnica de Rietveld. A massa cerâmica é basicamente uma composição caulinitica, apresentando montmorilonita e illita como fases plásticas, e grande quantidade de quartzo como contaminação. Deve-se ressaltar que o quartzo pode auxiliar no processo de secagem de composições cerâmicas, pois sendo um elemento não plástico pode facilitar a remoção de água na secagem.

Tabela 4 – Análise de fases por difração de raios X da pasta cerâmica.

Fase identificada	Quartzo	Caulinita	Montmorilonita	Ilita
Quantificação (%)	35,6	49,6	9,3	5,5

Fonte: SENAI, 2012.

A figura 2 apresenta a curvas de distribuição de tamanho de partícula da massa cerâmica obtida por difração a laser.

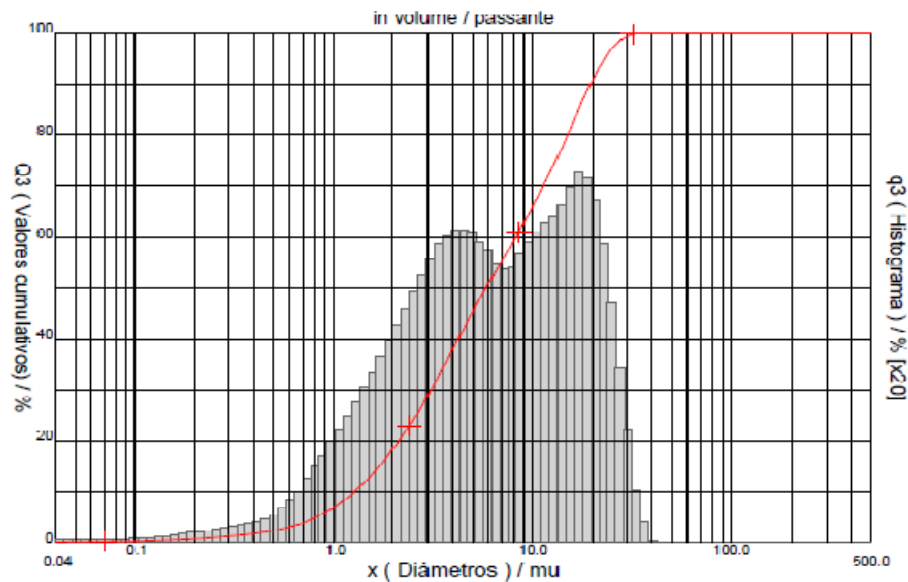


Figura 2 – Distribuição de tamanho de partícula da massa padrão.  
 Fonte: SENAI, 2012.

Ao se analisar a figura 3, percebe-se que a massa cerâmica possui uma distribuição de tamanho de partícula com diâmetro médio  $D_{50}$  de  $8,4 \mu\text{m}$ , 90% da distribuição abaixo de  $19,5 \mu\text{m}$  e 10% abaixo  $1,3 \mu\text{m}$ . Também se pode perceber que a distribuição é tipicamente bimodal, com duas curvas superpostas, provavelmente uma associada aos argilominerais, e outra com o quartzo.

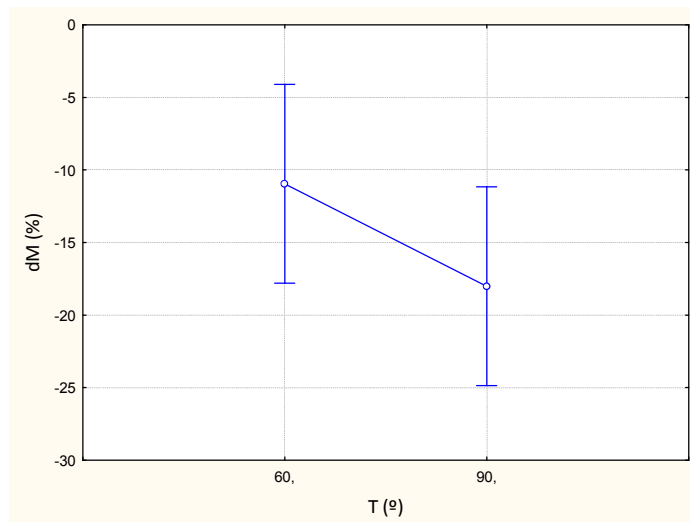


Figura 3 – Médias para a perda de umidade após a secagem em função do efeito da temperatura.

A partir dos resultados apresentados na tabela 2, foi calculada a análise de variância para a retração de secagem, tabela 5.

Tabela 5 – Análise de variância para a retração de secagem (%) das amostras após secagem.

Fator	SQ	gL	MQ	F	p
Temperatura (°)	0,040613	1	0,040613	0,026675	0,896935
Tempo (h)	0,049613	1	0,049613	0,032586	0,886305
Ventilação (m/s)	1,647113	1	1,647113	1,081838	0,487484
Temperatura × Tempo	0,851512	1	0,851512	0,559281	0,591211
Temperatura×Ventilação	0,340313	1	0,340313	0,223520	0,718846
Tempo×Ventilação	1,575312	1	1,575312	1,034680	0,494574
Erro	1,522513	1	1,522513		
SQ total	6,026988	7			

Onde: SQ são as somas quadráticas; gL os graus de liberdade (diferença entre o número total de experimentos e o número de experimentos independentes); MQ as médias quadráticas; F e p são os testes de confiabilidade.

Para a análise do fator mais influente sobre a retração de secagem (temperatura, tempo ou ventilação), inicialmente deve-se verificar o fator F (de Fisher), que indica qual a maior fonte de variabilidade, ou seja, qual modelo é o mais significativo para todos os ensaios realizados nesse trabalho. O  $F_{\text{experimental}}$  deve ser maior que o  $F_{\text{tabelado}}$  para que a hipótese ( $H_0$ ) da variabilidade do fator seja verdadeira, ou seja, maior será a significância para o modelo testado.

A análise de variância mostra que não há significância estatística para a retração de secagem, dada pelo teste F, pois a confiabilidade dos resultados, dada pelo teste p, é muito baixa, apenas 50,5% para o fator mais significativo. Desta forma, nenhum fator é estatisticamente significativo, pois todos apresentaram um valor para o teste  $F_{\text{experimental}}$  inferior ao valor tabelado, tabela 5, não sendo possível a análise da retração de secagem das amostras.

A tabela 6 apresenta a análise de variância para a perda de umidade após a secagem. A análise de variância mostra que para o caso analisado o fator estatisticamente mais significativo é apenas a temperatura de secagem, com 93% de confiabilidade dos resultados. Os demais fatores não foram estatisticamente significativos. A confiabilidade é obtida a partir do fator p, onde  $\text{Conf.} = (1 - p / 100)$ .

Tabela 6 – Análise de variância para a perda de umidade (%) das amostras após secagem.

Fator	SQ	gL	MQ	F	p
Temperatura (°)	99,6166	1	99,61661	85,66868	0,068515
Tempo (h)	17,2578	1	17,25781	14,84144	0,161682
Ventilação (m/s)	17,6121	1	17,61211	15,14613	0,160116
Temperatura × Tempo	12,7765	1	12,77651	10,98759	0,186529
Temperatura × Ventilação	8,7153	1	8,71531	7,49503	0,222952
Tempo × Ventilação	2,5200	1	2,52001	2,16717	0,379864
Erro	1,1628	1	1,16281		
SQ total	159,6612	7			

A partir dos dados da análise de variância, os resultados para perda de umidade após a secagem foram representados graficamente como médias em função do efeito da temperatura, figura 3. Pelo gráfico percebe-se o efeito da temperatura sobre a perda de umidade após secagem; neste caso, os maiores valores de perda de umidade (~20%) ocorrem para temperatura de 90°, o que seria esperado, pois a maior temperatura resulta em maior energia para remoção do líquido no processo de secagem, pois o ambiente de secagem deve estar a uma temperatura superior àquela do corpo úmido, criando um fluxo de calor entre o meio poroso e o ar circulante, possibilitando a vaporização da umidade. O ajuste dos resultados observados é muito bom ( $R^2=0,99$ ).

A tabela 7 apresenta a análise de variância para a resistência mecânica das amostras após secagem medida pela força de ruptura. A análise de variância mostra que, para a força de ruptura, o fator estatisticamente significativo é a interação entre a temperatura e o tempo de secagem, com confiabilidade de 88%.

Tabela 7 – Análise de variância para a força de ruptura (%) das amostras após secagem.

Fator	SQ	gL	MQ	F	p
Temperatura (°)	24,6051	1	24,6051	2,50189	0,358908
Tempo (h)	41,4505	1	41,4505	4,21476	0,288561
Ventilação (m/s)	5,4615	1	5,4615	0,55534	0,592291
Temperatura × Tempo	275,0685	1	275,0685	27,96943	0,118971
Temperatura × Ventilação	6,5703	1	6,5703	0,66808	0,563764
Tempo × Ventilação	66,2976	1	66,2976	6,74125	0,234046
Erro	9,8346	1	9,8346		
SQ total	429,2882	7			

A partir dos dados da análise de variância, os resultados para a resistência mecânica à compressão das amostras após secagem medida pela força de ruptura foram

representados graficamente como curvas de nível a partir de uma superfície de resposta, figura 4.

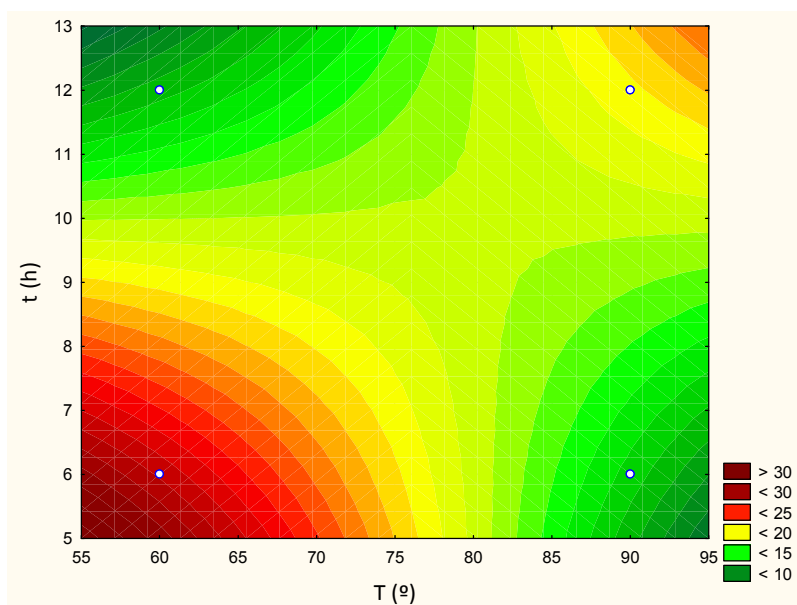


Figura 4 – Curva de nível para a força de ruptura das amostras após secagem.

Pelo gráfico percebe-se o efeito tanto da temperatura como do tempo de secagem sobre a resistência mecânica das amostras. O gráfico tem formato de sela, ou seja, tanto a combinação de baixa temperatura e menor tempo de secagem, quanto maior temperatura e maior tempo de secagem resultam em amostras mais resistentes. Os resultados mostram que para um menor tempo de secagem, é necessária uma menor temperatura, evitando-se assim a formação de trincas de secagem, que reduzem a resistência mecânica das amostras. Para um maior tempo de secagem pode ser utilizada uma maior temperatura. Porém, os melhores resultados são obtidos para a primeira opção, baixa temperatura, menor tempo. O ajuste dos resultados observados é muito bom ( $R^2=0,98$ ).

Em nenhuma das propriedades analisadas a velocidade do ar de secagem – a ventilação – teve efeito significativo. Provavelmente a velocidade do ar selecionada, 0,01 m/s, foi muito pequena para causar variação nos resultados obtidos, porém esta

velocidade foi selecionada em função das dimensões do equipamento (estufa) utilizado, pois maior velocidade geraria muito turbulência.

## **5. Considerações Finais**

Com relação ao estudo do efeito da temperatura, do tempo e da velocidade do ar sobre o processo de secagem de uma pasta de cerâmica vermelha, os principais resultados obtidos foram:

-Não foi possível determinar o principal fator – ou fatores – que afetam a retração de secagem, pois os resultados não tiveram significância estatística.

-A perda de umidade na secagem depende da temperatura, sendo a maior perda função da maior temperatura de secagem.

-A resistência mecânica das amostras medida pela força de ruptura é função da interação entre a temperatura e o tempo de secagem, sendo os maiores valores obtidos para combinação entre a menor temperatura e o menor tempo de secagem, provavelmente devido a menor formação de trincas na secagem sob estas condições.

-Finalmente, a ventilação forçada utilizada não teve efeito sobre as propriedades medidas, provavelmente devido à baixa velocidade do ar de secagem.

## **Referências Bibliográficas**

BARBA, A. e al., **Matérias-Primas para La fabricación de soportes de baldosas cerámicas**, ITC, Instituto de Tecnología Cerámica, Universitat Jaume I de Castelló, 1977.

BROSNAN, A. D., ROBINSON, G.C., **Introduction to Drying of Ceramics**. The American Ceramic Society, Westerville, Ohio, United State of America. 2003.

COSTA, T., LANÇA R. - **Escoamento em Meios Porosos**. Escola Superior deTecnologia: Universidade do Algarve, 2001. 37 pg.

FACINCANI, E. **Tecnologia Cerâmica – Los Ladrillos**. 2ª ed. Grupo Editoriale Faenza Editrice Ibérica S. L., 1993.

MÁS, E. **Qualidade e Tecnologia em Cerâmica Vermelha**, Editora Pólo Produções LTDA, São Paulo, 2002.

MENDES, N. - **Modelos de previsão da transferência de calor e umidade em elementos porosos de edificações** - Tese de doutorado - UFSC, 1997.

PINTO N. B. – **Tecnologia cerâmica aplicada à produção de pisos e azulejos** – Centro de Instrução Profissional Octávia Gaidzinski, 1997,

SANTOS, P.S., **Ciência e Tecnologia de Argilas - Fundamentos**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. Ed. Edgard Blücher Ltda, 1989.