

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PLACAS CERÂMICAS COM A UTILIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO ESTATÍSTICO DE EXPERIMENTOS EM ESCALA INDUSTRIAL

Dyene Mafioletti^{1,3}, Agenor de Noni Júnior^{1,2}, Maykon Cargnin¹, Rogério Matias³

1 – Instituto Maximiliano Gaidzinski.

Colégio Maximiliano Gaidzinski

Rua Dr. Edson Gaidzinski, 352, Cocal do Sul (SC)

maykon.cargnin@imgnet.org.br

2 – Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC.

3 – Eliane S/A Revestimentos Cerâmicos.

RESUMO

As placas cerâmicas devem estar dentro de determinadas tolerâncias dimensionais e características técnicas, segundo as normas nacionais e internacionais, que dependem das variações que a peça sofre ao longo do processo. Um planejamento estatístico de experimentos foi realizado, a nível industrial, com as variações da umidade do pó, carregamento do pó na prensa, pressão específica e da temperatura de queima. A tipologia do produto em estudo é um porcelanato esmaltado e com tamanho de cavidade de 60 cm x 60 cm. Os resultados mostram que a pressão específica e a temperatura de queima são as variáveis de processo que mais influenciam no tamanho final da placa cerâmica com amplitudes de +2,08 mm e -1,73 mm. A absorção de água também é influenciada pela pressão específica e pela temperatura de queima com amplitudes de -0,86% e -1,71%. A carga de ruptura é influenciada pela umidade do pó atomizado e pelo carregamento do pó na prensa com amplitudes de -82 N e +148 N. Com a utilização desta ferramenta foi possível obter um modelo matemático para cada característica técnica, com uma confiabilidade para o tamanho final de 99%, para a absorção de água de 97%, enquanto que para carga de ruptura ficou em 54%.

Palavras-chave: tamanho, porcelanato esmaltado, processo, planejamento estatístico.

INTRODUÇÃO

As placas cerâmicas para revestimentos devem ser produzidas de forma que obtenham características finais que atendam às normas nacionais e internacionais e que garantam a qualidade.⁵ As normas NBR 13818, NBR 15463 e ISO 13006 referem-se ao tamanho final que determina que as placas cerâmicas devem estar dentro de determinadas tolerâncias dimensionais e dentro das características técnicas especificadas².

O tamanho final e as características técnicas dependem das variações que a peça sofre ao longo do processo e isto está vinculado a uma série de fatores, tais como: umidade do pó, pressão de compactação, carregamento do pó na cavidade da prensa, ciclo e temperatura de queima. Estas variáveis de processo influenciam nos valores da expansão pós-prensagem, retração de secagem e de queima, o que interferem diretamente no tamanho final das placas cerâmicas, além de contribuírem para alterações nas características técnicas, como absorção de água e carga de ruptura². Melchiades *et. al.* (2001) aponta que o fator mais importante para a obtenção da estabilidade dimensional é através da retração linear de queima, com o controle da densidade aparente de peças secas e temperatura de queima^{5,4}. Uma das dificuldades encontradas no processo é delimitar os ranges de trabalho das variáveis influentes sobre o tamanho e evitar ao máximo a intervenção na queima, pois, é de conhecimento que este ato pode eliminar a imperfeição relacionada ao tamanho, mas pode ocasionar defeitos na superfície esmaltada, alterar os valores de absorção de água e carga de ruptura das placas cerâmicas⁵.

Um dos principais fatores para a ocorrência da instabilidade dimensional são as variações na densidade aparente à cru ou à seco, que são diretamente influenciadas pela pressão de compactação e umidade do pó atomizado, sendo a densidade aparente à seco a melhor forma para manter o tamanho final constante¹. À medida que se faz o acréscimo da pressão de compactação o material fica mais denso, diminuindo a retração linear de queima, aumentando o tamanho final, diminuindo a absorção de água e aumento a carga de ruptura³. Já a umidade do pó atomizado por sua vez, interage diretamente no grau de compactação, ajudando na deformação

dos grânulos da massa diminuindo a porosidade da peça, elevando sua densidade aparente a seco e queimado, reduzindo a absorção de água e retração linear de queima. Outro fator relevante para o controle dimensional é o carregamento uniforme do pó atomizado nas cavidades da prensa, pois segundo De Noni (2005) um carregamento heterogêneo causa diferentes densidades aparentes na mesma peça e densidades diferentes causam instabilidade dimensional e alterações em outras características técnicas³.

Assim foi realizado um planejamento estatístico de experimentos, a nível industrial, com as variações da umidade do pó atomizado, carregamento do pó atomizado nas cavidades da prensa, pressão específica de compactação e da temperatura de queima na produção de porcelanato esmaltado com tamanho de 60 cm x 60 cm, a fim de quantificar a influência das variáveis de processo e ter conhecimento sobre as interações entre as mesmas no tamanho final e sobre a densidade aparente a seco e queimado, absorção de água e carga de ruptura. O estudo também tinha como objetivo obter um modelo capaz de prever, com boa aproximação, os valores destas características técnicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi iniciado com um levantamento de dados históricos nos setores de modelagem e fornos para a obtenção de informações sobre os limites inferiores e superiores das variáveis de processo, juntamente com o desvio dos ranges de trabalho das variáveis escolhidas, considerando que, estudos anteriores^{3,5} indicam que as variáveis mais influentes sobre o tamanho final e as características técnicas são: pressão de compactação, umidade do pó atomizado, carregamento do pó nas cavidades da prensa e temperatura de queima. Foram coletados dados sobre o índice de qualidade dimensional no tamanho central das placas cerâmicas, com a finalidade de comprovar a importância do estudo, sendo que o período da coleta dos dados foi de 12 meses. Os limites inferiores e superiores de cada variável de processo e do índice de qualidade do tamanho central, juntamente com a amplitude dos valores, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Limites inferiores, superiores e amplitude dos dados históricos das variáveis de processo.

Variável	Limite Inferior	Limite Superior	Amplitude
Umidade do pó atomizado (%)	6,4	7,3	0,9
Carregamento do pó na cavidades das prensas (g)	8066	8290	224
Pressão de compactação (MPa)	27,5	30,0	2,5
Temperatura de queima (°C)	1190	1207	17
Tamanho central (%)	54,82	86,41	31,59

A partir destes valores foi possível elaborar os limites de especificação das variáveis de processo que foram inseridos no software estatístico Minitab 14 para elaborar o planejamento de experimentos. Os limites de especificação destas variáveis estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Limites de especificação inseridos no software estatístico Minitab 14.

Variável	Limite inferior	Limite superior
Umidade do pó atomizado (%)	6,2	7,3
Carregamento do pó na cavidade das prensas (g)	8000	8400
Pressão de compactação (MPa)	25,5	30,0
Temperatura de queima (°C)	1191	1208

Com as variáveis de processo e seus limites definidos foram elaborados 16 experimentos com o software estatístico Minitab 14, sendo que estes contaram com réplicas para que se obtivesse maior confiabilidade nos resultados. Os experimentos foram realizados com a massa de porcelanato esmaltado, via úmida, com a bitola 60 cm x 60 cm, tipologia pertencente ao grupo Bla. Foram compactadas 15 placas cerâmicas para cada experimento e foram secas em secador vertical por aproximadamente 30 minutos. Coletou-se três placas cerâmicas de cada experimento para realizar o ensaio de densidade aparente à seco por empuxo de água, levando em conta que estas placas permaneceram cerca de 24 horas em estufa laboratorial, com temperatura $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ antes da execução do ensaio e para o mesmo foi utilizado uma balança digital com resolução de 0,01g. As outras placas cerâmicas prosseguiram para o setor de esmaltação e logo após para a queima. Os primeiros 16 experimentos foram queimados com temperatura de 1191°C e ciclo de 39 minutos e os outros 16 experimentos foram queimados na temperatura de 1208°C e ciclo de 39 minutos, sendo que foram 10 placas queimadas para cada experimento, resultando em 320 placas no total. Com as placas cerâmicas queimadas de cada experimento foram realizados os ensaios de

densidade aparente por empuxo de água, absorção de água, carga de ruptura e medido o tamanho final com um paquímetro analógico com resolução de 0,02 mm. Os dados foram inseridos no software estatístico Minitab 14 e os resultados foram analisados. A Tabela 3 apresenta os 16 experimentos elaborados pelo software estatístico Minitab 14.

Tabela 3 – Experimentos elaborados pelo software estatístico Minitab 14.

Experimento	Temperatura de queima (°C)	Umidade do pó atomizado (%)	Pressão de compactação (MPa)	Carregamento do pó na cavidade da prensa (g)
1	1208	6,2	30,0	8400
2	1208	7,3	30,0	8000
3	1191	6,2	30,0	8000
4	1191	6,2	25,5	8400
5	1191	7,3	30,0	8000
6	1191	7,3	25,5	8000
7	1191	7,3	25,5	8400
8	1208	7,3	25,5	8400
9	1191	7,3	30,0	8400
10	1208	6,2	30,0	8000
11	1208	6,2	25,5	8400
12	1208	7,3	30,0	8400
13	1191	6,2	30,0	8400
14	1208	6,2	25,5	8000
15	1208	7,3	25,5	8000
16	1191	6,2	25,5	8000

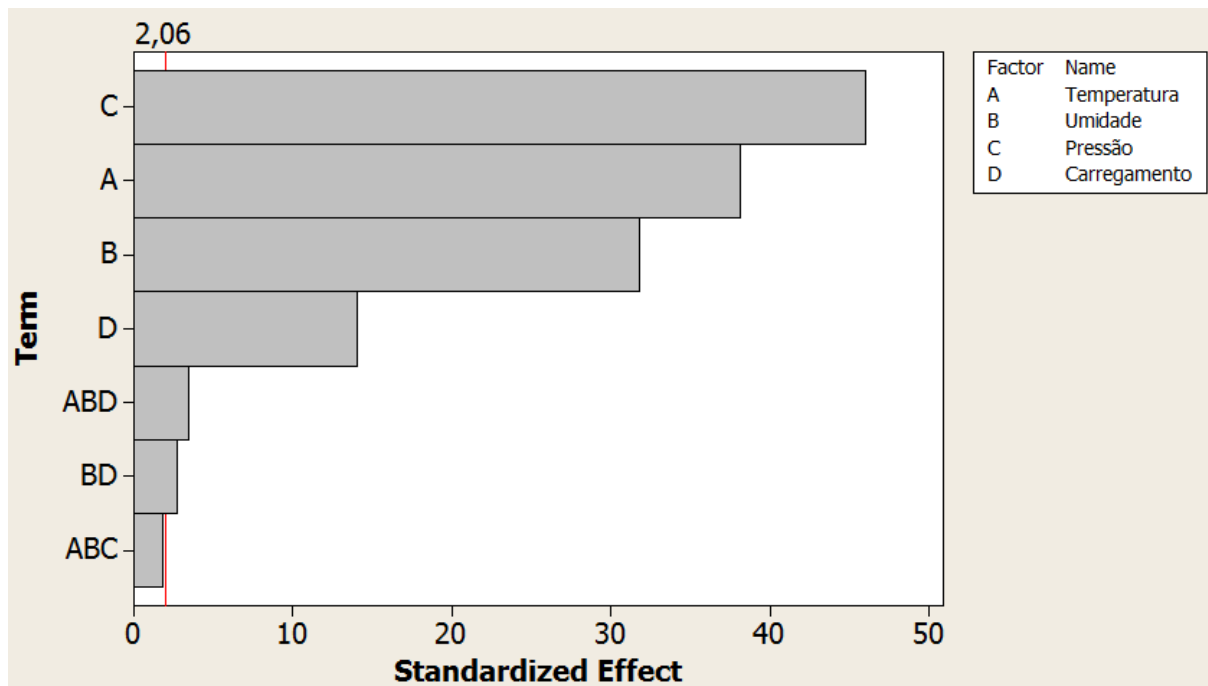
RESULTADOS E DISCUSSÕES

TAMANHO FINAL

A compilação dos dados no software Minitab 14 apontam que as variáveis que exercem maior influência sobre o tamanho final são a pressão de compactação (C), temperatura de queima (A) e umidade do pó atomizado (B) conforme apresentado pela Figura 1, demonstrando o mesmo comportamento apresentado por Melchiades *et al.* (2001) e De Noni (2005), onde o ajuste da pressão de compactação e umidade do pó atomizado afeta diretamente na densidade aparente a seco, caracterizada por ser a forma mais efetiva de controlar a retração linear de queima, juntamente com a temperatura de queima. O carregamento apresentou a menor influencia, mas caso seja desuniforme, produz variações significativas na densidade aparente da placa cerâmica, variando o tamanho final da mesma. Apesar da pressão de compactação

e temperatura de queima serem as maiores responsáveis pela mudança dimensional da placa cerâmica, industrialmente, estas variáveis têm uma maior estabilidade por serem controladas automaticamente. Por sua vez, a umidade do pó atomizado possui maior instabilidade no seu range de trabalho, pois sofre alterações significativas desde a saída do atomizador até o silo da prensa. Todos os efeitos que ultrapassam a linha no valor de 2,06 são significantes para a variável de resposta.

Figura 1 – Diagrama de Pareto das variáveis de processo que afetam o tamanho final das placas cerâmicas.



Com o objetivo de avaliar somente o efeito da pressão de compactação e da temperatura de queima no tamanho final da placa cerâmica foram fixados os valores da umidade do pó atomizado e do carregamento do pó na caixa matriz da prensa em 6,8% e 8200g, respectivamente, por serem os valores mais utilizados no processo produtivo. A Figura 2 apresenta a variação da pressão de compactação e da temperatura de queima no tamanho final da placa cerâmica. Os pontos 1 e 2 indicam a variação do tamanho final em função da temperatura de queima (1191°C a 1208°C) a pressão de compactação constante (28,5 MPa). Pode-se notar que quanto maior a temperatura de queima menor é o tamanho final da placa cerâmica, ou seja, tem-se uma maior retração linear de queima, obtendo uma amplitude de (-1,73mm) ultrapassando o limite interno do processo produtivo de (1,4mm) para o tamanho central, comprovando que a temperatura de queima deve ser bem

controlada. Os pontos 3 e 4 indicam a variação do tamanho final em função da pressão de compactação (25,5 MPa a 30,0 MPa) a temperatura de queima constante (1200°C). De acordo com estas condições, a pressão de compactação influencia significativamente na densificação da placa cerâmica, fazendo com que ocorra uma diminuição da retração linear de queima, para elevadas pressões de compactação e por consequência, o tamanho final tenha uma menor redução do seu valor. Avaliando os valores extremos da pressão de compactação, obtém-se uma amplitude do tamanho final de (+2,08mm), sendo o maior valor de todas as variáveis, justificando sua maior influência na variação do tamanho final, exigindo um maior controle da pressão de compactação no processo produtivo.

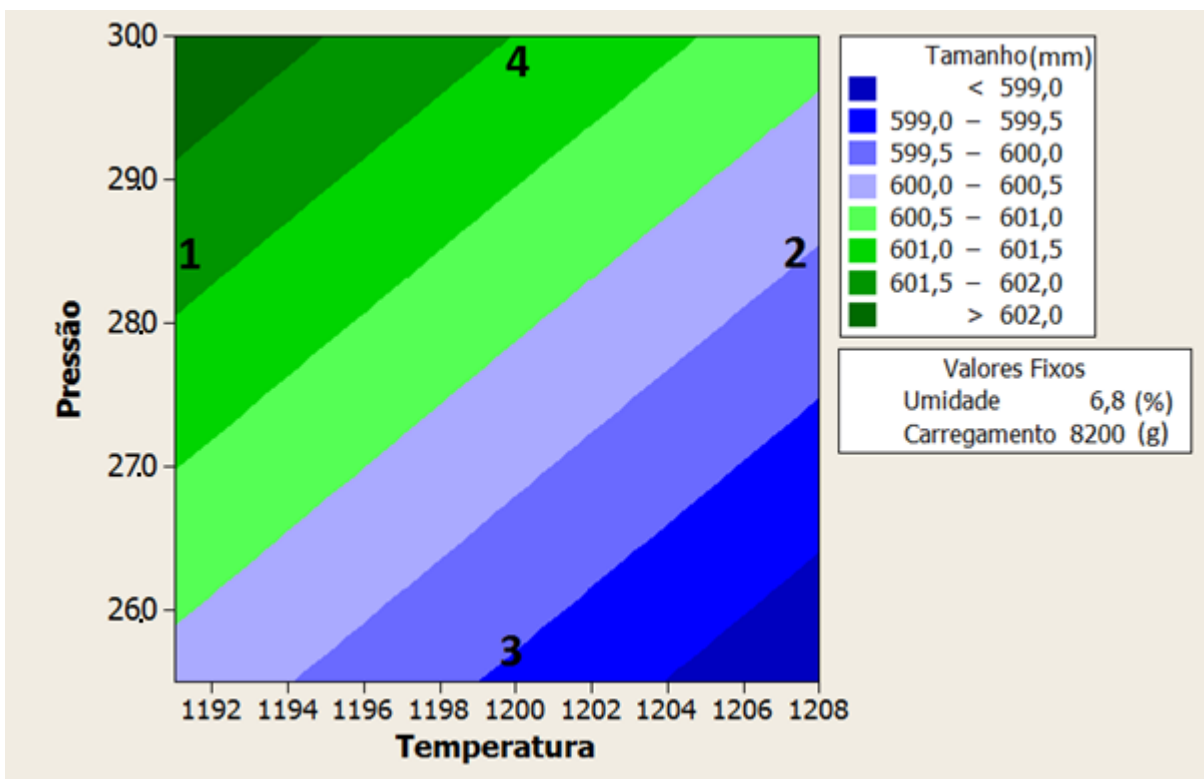


Figura 2 – Variação do tamanho final em função da pressão de compactação e da temperatura de queima com valores fixos de umidade do pó atomizado (6,8%) e carregamento do pó na cavidade da prensa (8200 g).

Seguindo a mesma metodologia da Figura 2, foram fixados os valores da pressão de compactação (28,5 MPa) e temperatura de queima (1200°C) para avaliar a influência da umidade do pó atomizado e do carregamento do pó na cavidade da prensa no tamanho final da placa cerâmica. Na Figura 3 os pontos 1 e 2 indicam a variação do tamanho final em função da umidade do pó atomizado (6,2% a 7,3%) considerando um carregamento do pó na cavidade da prensa constante (8200g). Observa-se que quanto maior a umidade do pó atomizado, maior é a densificação

da placa cerâmica diminuindo o valor da retração linear de queima e por consequência, o tamanho final tenha uma menor redução no seu valor. A alteração no tamanho final resultou numa amplitude de (+1,43mm), ou seja, ultrapassando o limite interno do processo produtivo de (1,4mm) para o tamanho central, mostrando que os limites de trabalho para a unidade do pó atomizado devem ter um controle efetivo para que não cause mudanças dimensionais. Os pontos 3 e 4 indicam a variação do tamanho final em função do carregamento do pó na cavidade da prensa (8000g a 8400g) considerando a unidade do pó atomizado constante (6,8%). Percebe-se que um maior carregamento do pó na cavidade da prensa faz com que o valor do tamanho final seja maior, pois quando há uma maior quantidade de massa na peça, o processo de transferência de calor é mais lento, não fechando totalmente os poros da peça o que consequentemente ocasiona o maior tamanho final da placa cerâmica, conforme De Noni (2005). A variação do carregamento do pó na cavidade da prensa apresentou uma menor influência no valor do tamanho final, pois a amplitude foi de (+0,65mm), ficando abaixo do limite interno do processo produtivo.

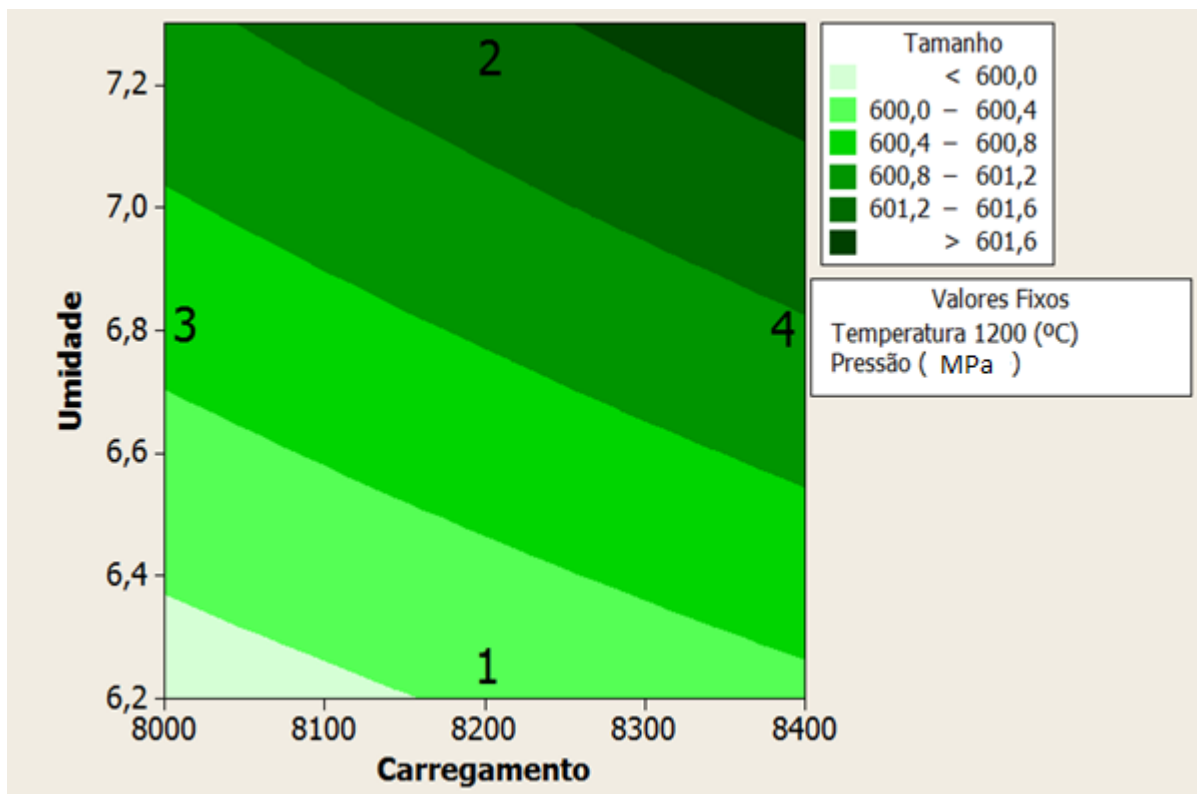


Figura 3 – Variação do tamanho final em função da umidade do pó atomizado e do carregamento do pó na cavidade da prensa com valores fixos da pressão de compactação (28,5 MPa) e da temperatura de queima (1200°C).

A Figura 4 apresenta um resumo geral das influências das variáveis de processo sobre o valor do tamanho final. Os valores apresentados de cada variável são os limites utilizados para as análises apresentadas pelas Figuras 2 e 3. As variáveis que mais influenciam no valor do tamanho final são aquelas que apresentam uma maior inclinação da reta, comprovando as análises feitas anteriormente, ou seja, a pressão de compactação sendo a variável que mais afeta no valor do tamanho final e o carregamento do pó na cavidade da prensa a variável que tem a menor influência.

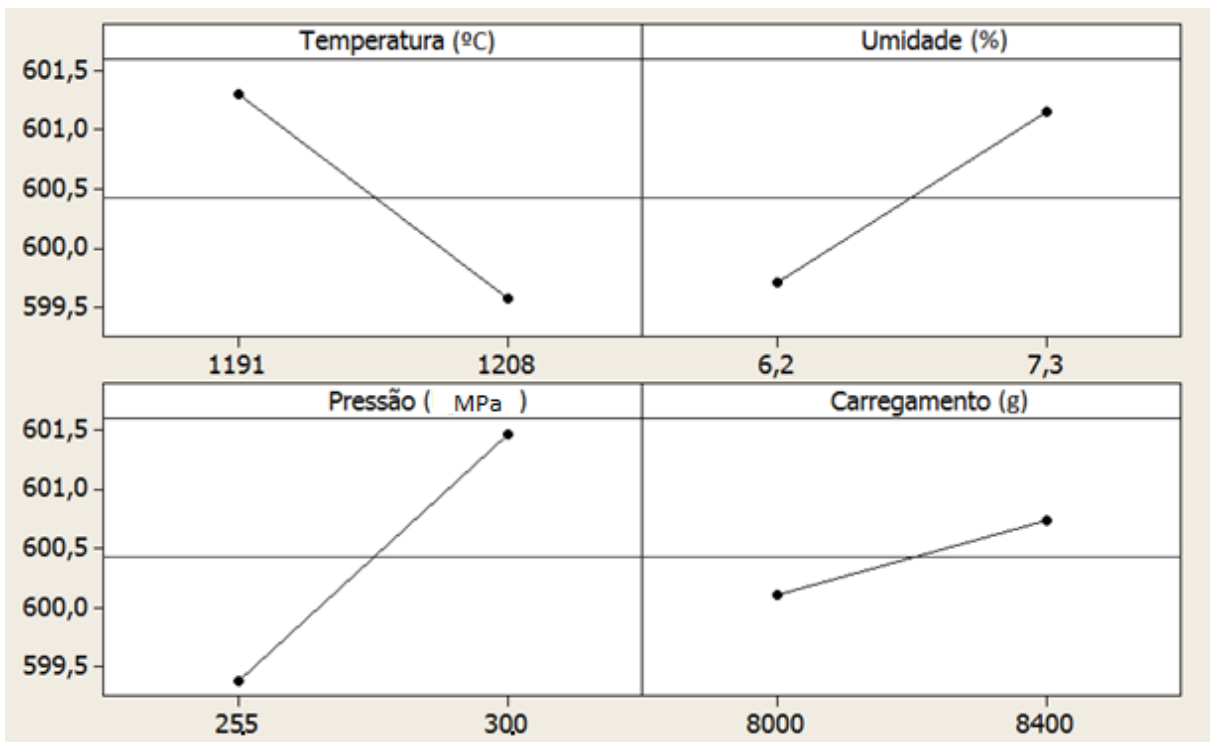


Figura 4 – Resumo das influências das variáveis de processo no tamanho final da placa cerâmica.

ABSORÇÃO DE ÁGUA

O mesmo procedimento de análise do tamanho final foi utilizado para avaliar as demais características técnicas da placa cerâmica. A ordem de importância das variáveis de processo que mais influenciam na absorção de água é a temperatura de queima, pressão de compactação, umidade do pó atomizado e carregamento do pó na cavidade da prensa. Justifica-se esta classificação, pois quanto maior a temperatura de queima da placa cerâmica, uma maior quantidade de fase líquida será formada preenchendo os poros e conseqüentemente diminuindo a absorção de

água. A máxima densificação da placa cerâmica é obtida pelo aumento da pressão de compactação aliada a umidade do pó atomizado diminuindo a absorção de água.

As amplitudes dos valores da absorção d'água em relação às variáveis de processo foram obtidas, primeiramente, fixando os valores de umidade do pó atomizado (6,8%) e carregamento do pó na prensa (8200g) e feita a variação da pressão de compactação e temperatura de queima, resultando nas amplitudes de (-0,86%) e (-1,71%), respectivamente. Os efeitos da umidade do pó atomizado e do carregamento do pó na cavidade da prensa foram avaliados fixando-se a pressão de compactação (28,5 MPa) e a temperatura de queima (1200°C) resultando nas amplitudes de (-0,45%) e (+0,43%), confirmando a ordem de importância citada anteriormente.

DENSIDADE APARENTE À SECO

As variáveis do processo que afetam de maneira significativa a densidade aparente a seco das placas cerâmicas são a pressão de compactação e a umidade do pó atomizado contribuindo para um aumento nos valores da densidade aparente a seco, pois a sinergia destas variáveis contribui, até certo ponto, para este efeito. Já o carregamento do pó na cavidade da prensa mostrou-se pouco significativo sobre a densidade aparente a seco.

O efeito da pressão de compactação e da umidade do pó atomizado nos valores da densidade aparente a seco foi quantificado fixando os valores da temperatura de queima (1200°C) e do carregamento do pó na cavidade da prensa (8200g), resultando em amplitudes de (+0,0199 g/cm³) e (+0,0152 g/cm³), respectivamente. Fica evidenciado desta forma que estas duas variáveis interferem para um aumento da densidade aparente a seco das placas cerâmicas.

DENSIDADE APARENTE A QUEIMADO

As variáveis de processo que mais influenciam nos valores da densidade aparente das placas cerâmicas queimadas são a temperatura de queima, a umidade do pó atomizado e a sinergia da pressão de compactação e da umidade do pó atomizado. A temperatura de queima e a umidade do pó atomizado exercem maior influência sobre a densidade aparente das placas cerâmicas queimadas, pois a temperatura é responsável por reduzir a porosidade através do preenchimento dos

poros pela formação de fase líquida e diminuição do volume da placa, aumentando assim a densidade aparente. A contribuição da sinergia da umidade do pó atomizado com a pressão de compactação na densidade aparente da placa cerâmica queimada está associada com o aumento no grau de compactação, pois a umidade atua como um lubrificante, aumentando assim a densidade aparente da placa cerâmica seca e apresentando um menor número de poros que será preenchido pela fase líquida.

Para quantificar os efeitos destas variáveis de processo na densidade aparente das placas cerâmicas queimadas, inicialmente, foram mantidas as variáveis pressão de compactação (28,5 MPa) e carregamento do pó na cavidade da prensa (8200g) constantes. Os valores das amplitudes da densidade aparente das placas cerâmicas queimadas obtidos com a variação da temperatura de queima e da umidade do pó atomizado são (+0,0103 g/cm³) e (+0,0033 g/cm³). Já para a influência da pressão de compactação e do carregamento do pó na cavidade da prensa foram mantidas as variáveis temperatura de queima (1200°C) e umidade do pó atomizado (6,8%) constantes. As amplitudes da densidade aparente das placas cerâmicas queimadas para a variação da pressão de compactação foi de (+0,0114g/cm³) e para a variação do carregamento do pó na cavidade da prensa foi de (-0,0035g/cm³). Percebe-se que a temperatura de queima e a pressão de compactação tiveram uma maior influência nas amplitudes dos valores da densidade aparente das placas cerâmicas, mostrando que o efeito combinado da pressão de compactação e umidade do pó atomizado é muito mais significativo do que as variáveis isoladas.

CARGA DE RUPTURA

A carga de ruptura é fortemente influenciada pelo carregamento do pó na cavidade da prensa e pela umidade do pó atomizado, pois com uma maior quantidade de massa na cavidade da prensa, a espessura da placa cerâmica será maior e esta dificultará a ruptura da mesma, aumentando assim o valor da carga de ruptura, enquanto a umidade do pó atomizado influenciará numa maior compactação da massa, aumentando a resistência a ruptura da placa cerâmica. Já para a pressão de compactação e temperatura de queima não apresentaram influencia significativa.

Em função do que foi descrito anteriormente, foram mantidas constantes a pressão de compactação (28,5 MPa) e a temperatura de queima (1200°C) para

quantificar os efeitos do carregamento do pó na cavidade da prensa (8000g a 8400g) e da umidade do pó atomizado (6,2% a 7,3%) no valor da carga de ruptura, apresentando uma amplitude da carga de ruptura de (+148,01N) e (-82,24N), confirmando a maior influência da espessura da placa cerâmica nos valores da carga de ruptura, o que torna importante um controle rigoroso nos valores do carregamento do pó na cavidade da prensa.

SIMULAÇÃO DO MODELO PREDITIVO

A partir dos resultados obtidos para o tamanho final e para as características técnicas estudadas, frente à variação das variáveis de processo, foi possível obter um modelo capaz de prever os valores destas características técnicas apenas inserindo os valores das variáveis de processo. Isto se torna útil para uma tomada de decisão, prevenção de problemas e desclassificações da placa cerâmica durante o processo produtivo. A confiabilidade do modelo para o tamanho final e características técnicas, apresentadas na Tabela 4, são válidos para dentro dos intervalos das variáveis de processo estabelecidos inicialmente na Tabela 2.

Tabela 4 – Confiabilidade do modelo para as variáveis de resposta

Variáveis de Resposta	Confiabilidade
Tamanho Final	99,50%
Absorção de Água	97,09%
Densidade Aparente a Seco	93,74%
Densidade Aparente Queimado	68,48%
Carga de Ruptura	53,77%

Os resultados da simulação e da validação do modelo preditivo estão apresentados na Tabela 5. Nota-se que os valores das amplitudes ficaram dentro dos valores apresentados anteriormente, demonstrando que o modelo é capaz de prever a tendência das variáveis de resposta, quando as variáveis de processo sofrem algum ajuste durante o processo produtivo. Assim torna-se uma ferramenta importante para prever a instabilidade do processo e direcionar as tomadas de ações, aumentando sua eficácia e garantindo assim a qualidade das placas cerâmicas no final do processo.

Tabela 5 – Resultados da simulação e da validade do modelo preditivo.

Variáveis de Processo	Valor Padrão	Valor Real	Amplitude
Umidade do pó atomizado (%)	7,00	6,30	0,70
Pressão de compactação (MPa)	30,0	29,0	1,0
Carregamento do pó na cavidade da prensa (g)	8200,00	8300,00	100,00
Temperatura de queima (°C)	1208	1200	8
Variáveis de Resposta	Valor Calculado	Valor Real	Amplitude
Tamanho final (mm)	599,68	599,32	0,36
Absorção de água (%)	0,95	2,31	-1,36
Densidade aparente a seco (g/cm ³)	1,884	1,870	0,015
Densidade aparente queimado (g/cm ³)	2,318	2,309	0,009
Carga de ruptura (N)	2058,93	2143,64	-84,71

CONCLUSÃO

A aplicação do planejamento de experimentos no processo produtivo de placas cerâmicas mostrou ser uma ferramenta muito útil para auxiliar os gestores nas tomadas de decisão, no controle das variáveis do processo e no monitoramento das características técnicas das placas cerâmicas com massa de porcelanato esmaltado.

Este estudo permitiu quantificar os efeitos das variáveis de processo sobre o tamanho final e sobre as características técnicas das placas cerâmicas num processo produtivo. Sabe-se que o controle para a obtenção de todas essas características técnicas dentro dos limites desejáveis deve ser rígido e diário, já que podem ser influenciadas por inúmeras combinações das variáveis ao longo do processo produtivo, já que este é altamente complexo.

O modelo preditivo obtido comprovou a efetividade do método de planejamento de experimentos e os resultados calculados ficaram muito próximos do real obtido no processo produtivo, demonstrando ser capaz de prever as variáveis de resposta e auxiliar no controle das mesmas. Este estudo tem que ser realizado periodicamente para atualizar o modelo preditivo e obter resultados ainda mais confiáveis, garantindo assim a qualidade do produto final.

AGRADECIMENTOS

Os autores abrem espaço para agradecer a todos que contribuíram para a realização deste estudo, ao Instituto Maximiliano Gaidzinski e a Eliane S/A Revestimentos Cerâmicos pelo financiamento e auxílio na pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 – BARBOSA, Dolly Santos. Controle do tamanho final de porcelanatos: Modelagem e simulação das etapas de prensagem e secagem Florianópolis – SC, 2011. Tese (pós-graduação em ciência e engenharia de materiais) Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.
- 2 - CARGNIN, M.; JUNG, M.; CAMISA, I. S.; ALBANAZ, I.; PEREIRA, S. L. S. Comparativo entre diferentes métodos de determinação da retração linear de placas cerâmicas. Rev. Técnico Científica (IFSC), v. 3, n. 1, p.242-251, 2012.
- 3 – DE NONI, Agenor, Jr. Modelagem matemática aplicada ao controle dimensional de placas cerâmicas de monoqueima processadas por via úmida. Florianópolis – SC. 2005, 92p. Dissertação (mestrado em ciência e engenharia de materiais). Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.
- 4 – MELCHIADES, F. G.; QUINTEIRO, E.; BOSCHI, A.O. A curva de Gresificação – Parte I. Cerâmica Industrial, v.01, n. 04/05, p.30-31, 1996.
- 5 – MELCHIADES, F. G.; DEL ROVERI, C.; SOTÉRIO, J.; SILVA, L. L.; BOSCHI, A. O. Controle Dimensional e do Formato de Revestimentos Cerâmicos. Parte I: Dimensões. Cerâmica Industrial, v.6, n. 5, p.27-33, 2001.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF PROCESS VARIABLES REGARDING THE TECHNICAL CHARACTERISTICS OF CERAMIC PLATES WITH THE USE OF STATISTICAL PLANNING OF EXPERIMENTS IN INDUSTRIAL SCALE

ABSTRACT

The ceramic plates must be within certain dimensional tolerances and technical characteristics in accordance with national and international standards which depend on the variations that the piece endures throughout the process. A statistical design of experiments was carried out at the industrial level with variations in powder humidity, the loading of powder into the press, specific pressure, and temperature of firing. The typology the product in study is enamel with a cavity size of 60cm x 60cm. The results show that the specific pressure and firing temperature are most influential

process variables in the final size of the ceramic plate with amplitudes of +2.08mm and -1.73mm. Water absorption is also influenced by specific pressure and firing temperature with amplitudes of -0.86% and -1.71%. The breaking strength is influenced by the humidity of the atomized powder and the powder load in the press with amplitudes of -82N and +148N. With the use of this tool, it was possible to obtain a mathematical model for each technical characteristic, with a final size reliability of 99%, water absorption level of 97%, with a breaking strength of 54%.

Key words: size, porcelain tile, process, statistical planning