

Otimização de Fórmulas de Massas Cerâmicas de Faiança

Henrique Cislagui da Silva^{a,b,*}, Felipe Augusto Corbellini de Souza^{a,b},

Nilson Schwartz da Silva^a, Dachamir Hotza^b

^aPós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – PGMAT,
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Campus Reitor João David Ferreira Lima,
Bairro Trindade, 88040-970 Florianópolis - SC, Brasil

^bT-cota Engenharia e Minerais Industriais, Rua Coronel Izidoro 1022, Tijucas - SC, Brasil

*henrique@t-cota.com.br

Resumo: O delineamento de misturas apresenta-se como uma potente ferramenta para o desenvolvimento e a otimização de fórmulas de massas cerâmicas, uma vez que possibilita avaliar o comportamento tecnológico individual de matérias-primas dentro de misturas. A validade da aplicação industrial da metodologia estatística é avaliada com formulações que contenham número de matérias-primas similar às misturas cerâmicas industriais. Cerâmicas de mesa, como a faiança, são compostas, principalmente, por um conjunto variado de matérias-primas naturais, dentre as quais foram selecionadas oito para compor as misturas estudadas neste trabalho. Foram avaliadas: resistência mecânica pós-queima, diagrama de sinterização e parâmetros de processamento em função da composição das massas. Os modelos matemáticos lineares adotados ajustaram-se bem às propriedades estudadas, apresentando alta qualidade preditiva e a possibilidade de avaliar-se o comportamento tecnológico de cada matéria-prima envolvida.

Palavras-chave: *delineamento de mistura, cerâmica de mesa, faiança, multicomponentes, minerais industriais, formulação de massas.*

1. Introdução

A indústria cerâmica freqüentemente se depara com necessidades de melhoria da qualidade e da produtividade de produtos e processos, desenvolvimento de novos produtos e substituição de matérias-primas que determinam a reformulação das massas utilizadas em produção. A introdução ou a substituição de matérias-primas em misturas cerâmicas leva à modificação de parâmetros de processamento e/ou características do produto acabado, sendo de fato bem sucedidas quando as propriedades são aprimoradas e/ou há redução no custo de produção.

O delineamento de misturas é uma metodologia opcional para estudo e otimização de formulações⁵, que aos poucos vem se difundindo no meio acadêmico e industrial, a qual se baseia na utilização de métodos estatísticos aplicados no delineamento, avaliação e otimização de experimentos. Esta metodologia de delineamento estatístico avalia o comportamento dos componentes de misturas, conhecendo-se a ação de cada matéria-prima. Logo, podem se realizar estudos visando à compreensão dos mecanismos envolvidos nas reações de um dado processamento, sendo possível viabilizar a otimização de formulações; obter as que apresentam melhor desempenho associado ao baixo custo, proporcionando a utilização racional das matérias-primas.

A grande maioria dos trabalhos publicados utilizando delineamento estatístico de misturas cerâmicas foi baseada em um número de variáveis de controle igual a três ou no máximo a quatro matérias-primas^{6,8-10}. Essa quantidade facilita a interpretação dos dados e a visualização e otimização gráfica dos experimentos, mas, muitas vezes, inviabiliza a aplicação da metodologia no desenvolvimento de massas destinadas à indústria, uma vez que ocorrem comumente formulações industriais com até 10 matérias-primas.

O aumento do número de matérias-primas gera um aumento da dificuldade de interpretação dos dados e em parte impossibilita a avaliação gráfica do experimento. Outra dificuldade em utilizar um grande número de matérias-primas é a quantidade elevada de formulações que devem ser preparadas quando se trabalha com modelamentos não-lineares, como o quadrático. Por exemplo, em um experimento com 7 matérias-primas, utilizando-se modelo linear, o

número de formulações deve ser de no mínimo 7; já para o modelo quadrático completo este número aumenta para no mínimo 28. Assim, procura-se aplicar a metodologia ao menor número possível de formulações, isto é, procura-se obter o máximo de informações aplicando o modelo mais simples possível. Sabe-se também que a redução do número de formulações resulta em uma redução na qualidade das respostas obtidas. Logo, devem-se estipular quais reduções poderão ser feitas sem grandes perdas, já que quanto menor for o número de provas, mais rápida e econômica será a resposta.

Louças de mesa são divididas em duas tipologias: a faiança e a porcelana. Em termos de processamento, ambas seguem as mesmas etapas, havendo modificações nas matérias-primas e nos parâmetros aplicados. Segundo Emiliani e Corbara⁷, a faiança se identifica como uma cerâmica de mesa, que após a queima, apresenta corpo levemente colorido, com cores que vão do bege ao rosado, com alta absorção de água podendo chegar a 25%, recoberta com esmaltes e/ou engobes.

Normalmente, na formulação das massas utilizam-se materiais com baixos teores de óxido de ferro devido à cor clara do produto após a queima. Na faiança, são usadas argilas com pequenos percentuais de feldspatos, calcita, dolomita e talco para que sejam atingidas as propriedades desejadas após a sinterização.

O presente trabalho busca aplicar o delineamento de misturas multicomponentes no desenvolvimento de massas de faiança a partir de matérias-primas de uso industrial e de condições de processamento similares às industriais.

2. Materiais e Métodos

2.1. Matérias-primas

Os materiais utilizados na execução dos experimentos foram fornecidos por indústrias cerâmicas brasileiras produtoras de faiança e são apresentados na Tabela 1. A principal função que as matérias-primas ocupam na fórmula de massa de faiança, foi o critério adotado para classificá-las como: fundente, inerte e plástico¹.

Inicialmente, as matérias-primas foram caracterizadas individualmente. A caracterização individual foi utilizada como pré-requisito para a determinação do intervalo de participação de cada matéria-prima selecionada para o experimento. A caracterização individual preliminar, no caso da utilização de matérias-primas desconhecidas, contribui para a definição mais precisa do campo composicional e da superfície das respostas (resultados de produto) esperadas. Nas Tabelas 2 e 3, encontra-se a caracterização química e física dos materiais envolvidos.

2.2. Planejamento experimental

As Equações 1 e 2 representam as condições necessárias ao planejamento de experimentos com misturas:

$$x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, q \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^q x_i = 1 \quad (2)$$

onde x_i representa a proporção do i -ésimo componente de uma mistura⁴.

Tabela 1. Matérias-primas industriais utilizadas.

Código	Característica ou função
F-F1	Feldspato de Lítio (fundente)
F-F2	Feldspato Sódico-potássico (fundente)
F-F3	Filito potássico (fundente)
F - I1	Quartzo
F-P1	Caulim bruto (argilosa de baixa plasticidade)
F-P2	Caulim passante em #200 (argilosa de baixa plasticidade)
F-P3	Argila caulinitica (argilosa de média plasticidade)
F-P4	Argila bentonítica (argilosa de alta plasticidade)

Tabela 2. Composição química das matérias-primas utilizadas.

Matéria-prima	Composição expressa em óxidos (%)											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LiO ₂	Perda ao fogo
F-F1	76,36	15,46	<0,01	0,13	0,08	0,03	0,21	3,84	1,57	0,07	1,89	0,35
F-F2	59,88	18,65	0,01	0,68	0,01	0,34	0,01	3,98	14,76	0,43	0,00	1,26
F-F3	59,49	26,81	0,82	0,69	0,01	0,63	0,03	0,34	6,21	0,04	0,00	4,05
F-I1	99,00	0,25	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
F-P1	65,63	23,07	0,29	0,95	0,01	0,10	0,01	0,08	1,09	0,03	0,00	8,74
F-P2	48,83	35,04	0,35	1,47	0,02	0,27	0,02	0,06	1,90	0,02	0,00	12,02
F-P3	67,57	20,57	0,21	1,00	0,04	0,24	0,01	0,52	0,01	0,01	0,00	9,83
F-P4	59,35	21,82	0,29	1,21	0,01	3,52	1,46	3,33	0,48	0,07	0,00	7,69

Tabela 3. Caracterização física das matérias-primas utilizadas.

Matéria-prima	Propriedades a cru		Queima 1080 °C			Queima 1120 °C		
	Densidade aparente a seco (g.cm ⁻³)	Resistência mecânica a seco (kgf.cm ⁻²)	Densidade aparente (g.cm ⁻³)	Retração linear (%)	Absorção de água (%)	Densidade aparente (g.cm ⁻³)	Retração linear (%)	Absorção de água (%)
F-F1	1,679	*	1,851	3,10	13,56	2,303	10,25	0,72
F-F2	1,590	*	1,592	0,42	23,27	1,732	3,00	17,96
F-F3	1,778	*	1,696	-0,10	20,36	1,812	1,13	16,60
F-I1	1,564	*	1,538	-0,18	26,35	1,537	-0,16	26,40
F-P1	1,875	17,5	1,772	0,61	18,51	1,822	0,93	17,37
F-P2	1,848	25,2	1,817	2,77	17,16	1,924	4,16	14,17
F-P3	1,881	24,4	1,779	0,58	18,42	1,783	0,66	18,40

*Não se aplica. Estes materiais não são plásticos.

Há dependência entre as variáveis de controle, pois não é possível admitir variação em apenas um componente de uma dada mistura para avaliar seu efeito em uma propriedade de interesse. Em experimentos que envolvem três componentes a Equação 2 reduz-se a $x_1 + x_2 + x_3 = 1$, podendo ser representada no espaço através de um triângulo equilátero inscrito em um cubo, conforme ilustrado na Figura 1. Usa-se essa representação espacial para determinar os pontos experimentais a serem escolhidos no planejamento para este caso específico; logo há uma forma gráfica para determinar os níveis em que as variáveis de controle irão assumir. Ressalta-se que para experimentos que envolvem mais de três componentes, a visualização do espaço amostral fica impossibilitada, bem como a escolha dos pontos experimentais a partir de gráficos. Para os casos em que se trabalha com misturas de mais de três componentes, utiliza-se um planejamento baseado em algoritmos matemáticos, os quais determinam de forma algébrica os níveis das variáveis de controle respeitando a lei da mistura (Equação 2).

A partir da caracterização química e física das matérias-primas, é possível determinar os limites de variação de cada uma nas formulações a serem testadas. A Tabela 4 apresenta os limites de variação para o presente trabalho.

Devido à necessidade de elevada porosidade em massas de faiança, a quantidade de fundentes deve ser restringida. Para F-F1 e F-F2, que são mais fundentes, determinou-se que a quantidade máxima dos mesmos não deve ultrapassar 20%, já F-F3 pode chegar até a 30%.

Optou-se por aplicar outras restrições à variação das variáveis de controle para manter as respostas compatíveis com massas de faiança. O somatório dos percentuais das matérias-primas F-P1, F-P2 e F-P3 deve ser maior que 30% para não ocorrerem formulações excessivamente fundentes e menor que 70% para não permitir a formulação de massas refratárias.

Através do uso de um software de delineamento experimental apropriado, é possível planejar as formulações que serão testadas. Apresenta-se na Tabela 5 a composição das misturas ou massas, ou seja, as variáveis de controle para o delineamento experimental. Ressalta-se que 5 massas foram replicadas com o objetivo de verificar a dispersão e, conseqüente, a qualidade dos experimentos.

2.3. Processamento

As massas foram processadas individualmente de acordo com os parâmetros de processo estabelecidos na Tabela 6 e no seguinte detalhamento:

- Pesagem: massa total de 600 g por formulação em balança com resolução de 0,01 g;
- Moagem: via úmida em moinho de jarros, com adição de silicato de sódio como defloculante;
- Aditivação: devido à falta de plasticidade das massas de faiança é comum a utilização de um aditivo com o objetivo de facilitar a conformação. O plastificante utilizado neste trabalho foi um poliacrilato de sódio.
- Secagem: em estufa a 100 °C;
- Umidificação: com o pó seco e desagregado adiciona-se água em teor especificado na Tabela 6, a fim de facilitar a conformação.
- Prensagem: em prensa hidráulica conforme parâmetros da Tabela 6;

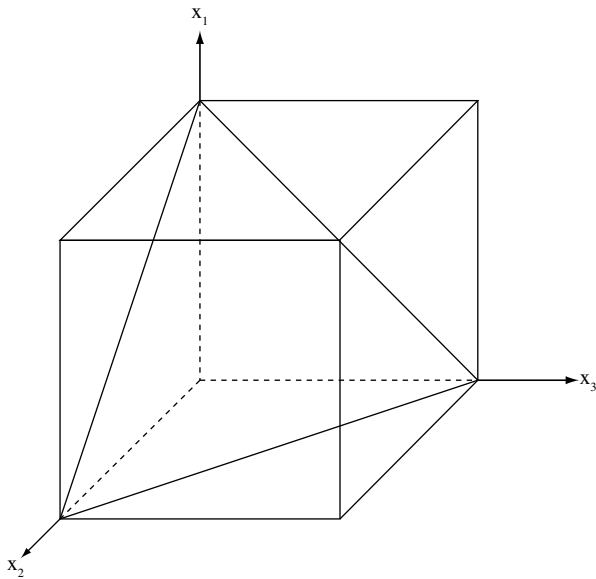


Figura 1. Espaço simplex. x_i é a proporção do i -ésimo componente.

Tabela 4. Limites de variação para cada matéria-prima.

Matéria-prima	Limite (%)	
	Mínimo	Máximo
F-F1	0	20
F-F2	0	20
F-F3	0	30
F-I1	0	30
F-P1	0	40
F-P2	0	40
F-P3	0	40
F-P4	0	6

A partir de cada formulação foram obtidos 4 corpos-de-prova cilíndricos (50 mm de diâmetro e 5 mm de altura) e 6 corpos-de-prova retangulares (110 x 70 x 6 mm) destinados aos ensaios para obtenção do diagrama de gresificação, deformação pirolástica e resistência mecânica a flexão².

3. Resultados e Discussão

3.1. Propriedades físicas

Na Tabela 7, encontram-se as propriedades de densidade aparente a seco, deformação pirolástica e módulo de ruptura pós-queima para cada composição. Nas Figuras 2, 3 e 4, apresentam-se as propriedades que formam o diagrama de sinterização³, composto por retração linear, absorção de água, e densidade aparente em função da temperatura de queima, respectivamente.

Em grande parte das massas testadas, com exceção da massa 3, a propriedade de absorção de água (1120 °C) é coerente com a especificação bibliográfica⁷. A absorção de água do produto é critério de classificação de faianças.

3.2. Análise estatística

O ajuste linear proposto entre o teor de matérias-primas das massas (variável de controle) e as propriedades físicas da Tabela 7 e Figuras 2, 3 e 4 (variáveis de resposta) é avaliado, para cada variável de resposta, através: do coeficiente de determinação do modelo (R^2), da significância do modelo (P), do coeficiente linear de cada termo, do desvio padrão destes coeficientes e da significância dos termos.

Na Tabela 8 apresentam-se os dados referentes ao ajuste do modelo linear para a densidade aparente a seco. Pode-se notar alta significância e elevado R^2 , indicando um bom ajuste do modelo linear aos dados obtidos experimentalmente, não havendo a necessidade de se usar modelos mais complexos.

Avaliando-se cada um dos termos que compõem o modelo para densidade aparente a seco, nota-se que todos os termos apresentam significância, isto é: alterações na quantidade de qualquer uma das matérias-primas na formulação irão alterar de forma significativa o valor da densidade aparente a seco da mistura.

Na avaliação dos coeficientes, quanto maior for seu valor, maior será a influência da matéria-prima sobre a propriedade avaliada. Pode-se observar que as matérias-primas plásticas são as que apresentam maiores coeficientes, indicando que a presença

Tabela 5. Composição das massas que compõem o experimento.

Massas	Matérias-primas (% em peso)							
	F-F1	F-F2	F-F3	F-I1	F-P1	F-P2	F-P3	F-P4
1	-	30	-	30	-	-	40	-
2	10	-	20	-	30	40	-	-
3	20	30	-	4	40	-	-	6
4	4	-	20	-	30	-	40	6
5	4	-	20	30	40	-	-	6
6	20	-	-	30	-	4	40	6
7	20	30	20	-	-	-	30	-
8	-	30	20	4	-	40	-	6
9	20	-	20	30	-	30	-	-
10	-	-	-	30	30	40	-	-
11	20	4	-	-	-	40	30	6
12	-	30	-	-	40	-	30	-
13	-	30	-	30	-	34	-	6
14	10	15	10	15	20	-	27	3

Tabela 6. Parâmetros de processamento.

Água (%)	Sólido (%)	Moagem		Resíduo		Prensagem			Queima	
		Defloculante (%)	Ligante (%)	Malha	(%) Retido	Umidade (%)	Pressão (kgf.cm ⁻²)	Ciclo (minutos)	Tempo na temperatura máxima (minutos)	Temperatura máxima (°C)
36	64	0,6	0,45	270	2,0 a 3,5	3	280	140	45	1080, 1100, 1120, 1140

Tabela 7. Propriedades de interesse tecnológico.

Massa	Densidade aparente a seco	Deformação	Módulo de ruptura pós
	(g.cm ⁻³)	Piroplástica 1120 °C (mm)	Queima 1120 °C (kgf.cm ⁻²)
1	1,711 ± 0,001	1,12 ± 0,01	57,95 ± 10,35
2	1,756 ± 0,002	2,04 ± 0,00	241,70 ± 0,00
3	1,842 ± 0,012	5,04 ± 0,05	493,80 ± 48,10
4	1,825 ± 0,000	1,20 ± 0,17	216,50 ± 7,90
5	1,828 ± 0,001	1,27 ± 0,17	208,15 ± 9,05
6	1,833	1,27	178,5
7	1,685	5,22	459,9
8	1,810	2,91	346,7
9	1,691	0,48	65,4
10	1,793	0,64	53,4
11	1,842	1,55	382,3
12	1,761	1,50	136,8
13	1,799	2,31	225,6
14	1,807	2,36	240,1

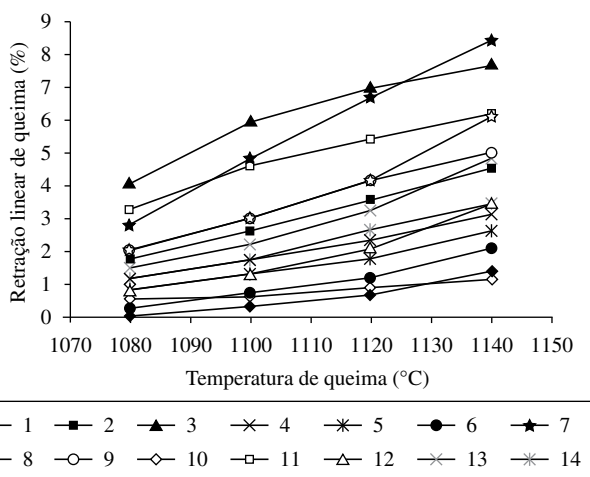


Figura 2. Retração linear em função da temperatura de queima.

das mesmas em formulações aumenta o fator de empacotamento e a densidade aparente a seco. Deve-se destacar a alta influência da matéria-prima F-P4 que por apresentar um coeficiente elevado, indica plasticidade elevada. Quanto às matérias-primas fundentes, estas apresentam os menores coeficientes de densidade aparente a seco, devido à sua origem predominantemente rochosa.

Para cada variável de resposta estudada foi elaborado um modelo e análise conforme apresentados para densidade aparente a seco, ressaltando a alta significância e bom ajuste linear para todas as propriedades em questão. A Tabela 9 apresenta um resumo

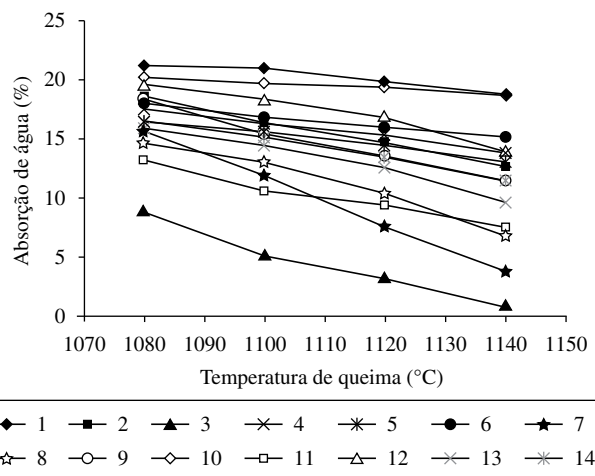


Figura 3. Absorção de água em função da temperatura de queima.

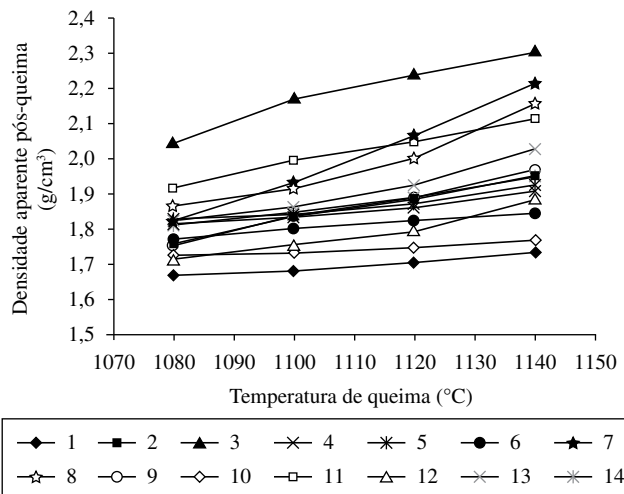


Figura 4. Densidade aparente pós-queima em função da temperatura de queima.

da análise dos modelos através de R² e P para cada propriedade ajustada.

3.3. Verificação dos modelos

A fim de validar a metodologia de delineamento experimental, de acordo com o modelo linear, foram propostas provas de verificação da capacidade preditiva do modelo. Partindo da indicação de resultados esperados pela indústria, duas formulações foram processadas e caracterizadas a fim de se comparar as propriedades previstas e medidas.

Nas Tabelas 10, 11, 12 e Figuras 5 e 6 apresentam-se as formulações e os resultados experimentais para efeito de verificação.

Pode-se observar proximidade entre os valores medidos e previstos, confirmando a boa capacidade preditiva dos modelos,

Tabela 8. Ajuste do modelo linear para densidade aparente a seco.

Termo	Coefficiente	Desvio-padrão	P
F-F1	1,712	0,045	0,0000
F-F2	1,667	0,026	0,0000
F-F3	1,574	0,042	0,0000
F-I1	1,706	0,026	0,0000
F-P1	1,848	0,024	0,0000
F-P2	1,790	0,026	0,0000
F-P3	1,756	0,021	0,0000
F-P4	3,236	0,157	0,0000

Significância do modelo (P): 0,0000; e R² do modelo: 0,950

Tabela 9. R² e P para os modelos ajustados de cada propriedade.

Propriedade	R ²	P	
Densidade aparente a seco	0,950	0,0000	
Resistência mecânica a flexão pós-queima	0,901	0,0007	
Flecha de deformação piropoplástica	0,883	0,0014	
Absorção de água	1080 °C	0,971	0,0000
	1000 °C	0,979	0,0000
	1120 °C	0,980	0,0000
	1140 °C	0,986	0,0000
Retração linear de queima	1080 °C	0,931	0,0001
	1000 °C	0,938	0,0001
	1120 °C	0,957	0,0000
	1140 °C	0,971	0,0000
Densidade aparente pós-queima	1080 °C	0,965	0,0000
	1000 °C	0,969	0,0000
	1120 °C	0,973	0,0000
	1140 °C	0,985	0,0000

Tabela 10. Fórmulas para a verificação da capacidade preditiva do modelo linear aplicado.

Matéria-prima	Percentual em massa (%)	
	F-V1	F-V2
F-F1	10	10
F-F2	15	15
F-F3	12	7
F-P1	32,5	30
F-P3	28	35
F-P4	2,5	3

Tabela 11. Resultados experimentais da massa F-V1 para avaliação dos modelos.

Propriedade	Previsto	Medido	Varição (absoluta)	Varição (percentual)
Densidade aparente a seco (g.cm ⁻³)	1,783	1,813	0,030	1,7
Deformação piropoplástica (mm)	2,54	2,30	0,24	-10,4
Resistência mecânica pós-queima (kgf.cm ⁻²)	273,2	233,0	-40,190	-17,3

Tabela 12. Resultados experimentais da massa F-V2 para avaliação dos modelos.

Propriedade	Previsto	Medido	Varição (absoluta)	Varição (percentual)
Densidade aparente a seco (g.cm ⁻³)	1,797	1,818	0,021	1,2
Deformação piropoplástica (mm)	2,33	2,48	-0,15	6,0
Resistência mecânica pós-queima (kgf.cm ⁻²)	281,6	240,9	-40,650	-16,9

testados através do R² dos mesmos. As propriedades com maior variação foram deformação piropoplástica e resistência mecânica a flexão, justamente as que apresentaram menores valores de R², 0,883 e 0,901, respectivamente.

Observa-se maior precisão da capacidade preditiva do modelo para a formulação F-V2 do que para a F-V1.

A partir dos dados analisados, evidencia-se que o modelo linear apresenta suficiente confiabilidade para prever variações

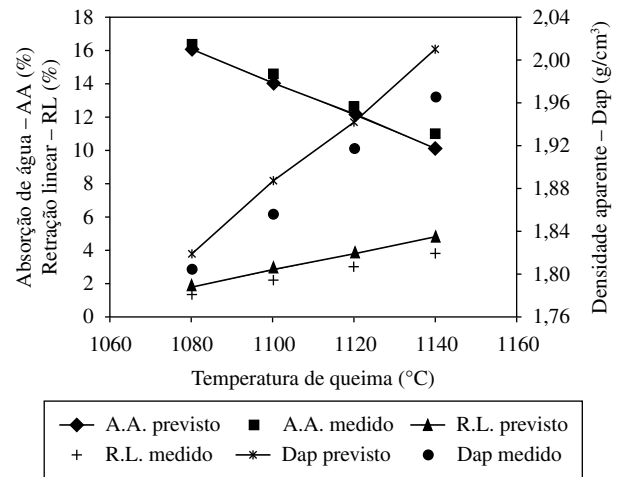


Figura 5. Resultados de verificação da massa F-V1 para avaliação dos modelos.

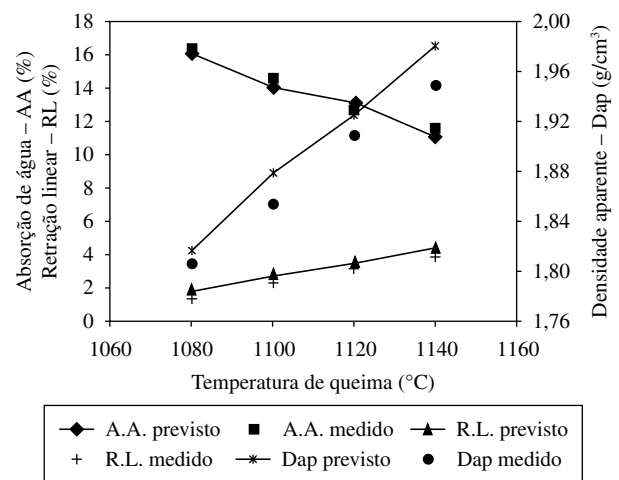


Figura 6. Resultados experimentais da massa F-V2 para avaliação dos modelos.

de propriedades em função de variações nos percentuais de matérias-primas que compõem estas formulações, na faixa de temperatura de queima utilizada.

4. Conclusões

Considerações finais a respeito dos modelos e do uso da metodologia de delineamento de misturas multicomponentes para a formulação de massas cerâmicas são listadas a seguir:

- Os modelos lineares ajustados às massas de faiança apresentaram alta significância, com valores de P menores que 0,05, e alto poder preditivo, com valores de R^2 próximos a 1; isso indica que não há necessidade de se utilizar modelos mais complexos, desde que a região experimental seja corretamente determinada.
- Conseqüentemente, a capacidade preditiva dos modelos lineares ajustados para a faiança é aceitável, uma vez que as formulações de verificação apresentaram valores medidos próximos aos estimados pelos modelos.
- Desde que sejam determinadas corretamente as regiões de trabalho, a utilização do delineamento de misturas no estudo de formulações de faiança mostra-se eficaz.

Referências

1. AMORÓS, J. L. et al. **Manual para el control de la calidad de materias primas arcillosas**. Castellón: Instituto de Tecnología Cerámica – AICE, 1998.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 13818**: placas cerâmicas para revestimento – especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997.
3. BARBA, A. et al. **Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas**. 1 ed. Castellón: Instituto de Tecnología Cerámica – AICE, 1997.
4. BARROS NETO, B.; SCARMINIO, J. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2 ed. Campinas: Unicamp, 1996.
5. CORNELL, J. A. **Experiments with mixtures: designs, models, and analysis of mixture data**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 2002.
6. CORREIA, S. L. **Desenvolvimento de metodologia de formulação de massas cerâmicas triaxiais utilizando delineamento de misturas e otimização**. Florianópolis, 2003. 140p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina.
7. EMILIANI, G. P.; CORBARA, F. **Tecnología cerámica: le materie prime**. 2 ed. Faenza: Grupo Editoriale Faenza Editrice, 2001.
8. GOMES, C. M. et al. Influencia de diferentes tipos de silicato sódico en composiciones de cerámicas triaxiales utilizando un planteamiento de diseño de mezclas. In: QUALICER - WORLD CONGRESS ON CERAMIC TILE QUALITY, 8, 2004, Castellón, Espanha. **Proceedings...** 2004, v. 3, p. 79-82.
9. ZAUBERAS, R. T.; BOSCHI, A. O. Avaliação de uma metodologia para a formulação de massas para produtos cerâmicos – Parte I. **Cerâmica Industrial**, v. 9, n. 5/6, p. 25-8, set./dez. 2004.
10. ZAUBERAS, R. T.; BOSCHI, A. O. Avaliação de uma metodologia para a formulação de massas para produtos cerâmicos – Parte II. **Cerâmica Industrial**, v. 10, n. 1, p. 15-22, jan./fev. 2005.