

14º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2023

ANÁLISE DA CONFORMAÇÃO DE ZIRCÔNIA ESTABILIZADA COM 8% MOL DE ÍTRIA SOBRE Prensagem UNIAXIAL CORRELACIONADA À GRANULOMETRIA DO PÓ

LETÍCIA L. TRUJILLO DE SOUZA¹, HUYRA E. ARAÚJO²

¹ Graduanda em Engenharia de Controle e Automação, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Hortolândia, lima.leticia@aluno.ifsp.edu.br.

² Professor Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, IFSP, Câmpus Hortolândia, huyraestevao@ifsp.edu.br.
Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.03.05.02-0 Cerâmicos

RESUMO:

A ciência dos materiais desempenha um papel fundamental nas escolhas estratégicas de desenvolvimento tecnológico em âmbito nacional e internacional. Nesse contexto, destaca-se a ciência dos materiais cerâmicos que também possui na etapa de processamento grande objeto de pesquisa e investigação. As propriedades finais de um corpo cerâmico são dependentes do processamento desde a preparação dos pós até o processo de sinterização e, nesse sentido, a investigação da etapa de conformação apresenta-se como caminho para otimização das propriedades do corpo cerâmico a verde. O presente trabalho investigou a correlação entre pós cerâmicos comerciais preparados com diferentes tempos de moagem em moinho giratório, diferentes proporções de esferas e pó cerâmico e diferentes pressões de prensagem uniaxial. As curvas da densificação em função de pressão e a análise conjunta aos valores de ângulo de repouso permitiram correlacionar o tempo de moagem, o proporção de bolas e comportamento fenomenológico da conformação.

PALAVRAS-CHAVE: Prensagem Uniaxial, Conformação Cerâmica, Processamento Cerâmico

ANALYSIS OF THE CONFORMATION OF 8% YTTRIA-STABILIZED ZIRCONIA UNDER UNIAXIAL PRESSING CORRELATED TO POWDER GRANULOMETRY

ABSTRACT: Materials science plays a fundamental role in strategic choices for technological development at national and international levels. Therefore, ceramic materials science stands out for also having a huge research and investigation on the processing stage. The final properties of a ceramic body depend on the processing since the powder preparation to sintering process and in this regard the investigation of the conforming step shows as a path to optimizing the properties of the green ceramic body. The present study has investigated the correlation of ceramic green bodies and its properties, prepared with distinct combination of milling time, proportions of spheres and ceramic powder and different uniaxial pressing pressures. Density curves and compaction curves were made as a function of pressure, and concurrently with the measurements of the angle of repose, it was possible to understand the role of milling time and sphere-to-powder ratio in the phenomenological behavior of conformation.

KEYWORDS: Uniaxial Pressing, Ceramic Forming, Ceramic Processing

INTRODUÇÃO

A análise da morfologia do pó é de extrema importância na compreensão do comportamento do processamento cerâmico. Essa abordagem torna-se indispensável no avanço de novos materiais e na otimização de processos. A forma e o tamanho de um material granular têm um efeito considerável em seu comportamento e propriedades, como compressibilidade, deformação, resistência e densidade relativa. Parâmetros que correlacionam-se com tais propriedades são o atrito interno e ângulo de repouso (Beakawi Al-Hashemi; Baghabra Al-Amoudi, 2018). O pó deve ser fluido para ocupar o molde de prensagem e o equilíbrio entre as forças de atração e repulsão entre partículas influencia este processo.

Assim, a diminuição do contato leva à redução da resistência ao fluxo. Partículas finas são boas e implicam em menores temperaturas de sinterização, porém a alta superfície de contato proporciona aglomeração, devido a força de Van der Waals, atrapalhando seu fluxo. Partículas esféricas fluem melhor que as planas ou de formato irregular (Francis, 2016). Uma forma de mensurar a fluidez é o método do ângulo de repouso. Nesse teste o pó é liberado de determinada altura por um funil até uma superfície horizontal e se acomoda formando um ângulo. Fisicamente, pode ser definido como o ângulo que diferencia as transições entre as fases do material granular e é um parâmetro essencial para compreender o micro comportamento do material granular e, assim, relacioná-lo com o macro comportamento (Beakawi Al-Hashemi; Baghabra Al-Amoudi, 2018). Dentro da faixa de 0 a 90 graus, os ângulos menos agudos estão correlacionados com propriedades de fluxo mais deficientes (Francis, 2016).

A prensagem uniaxial é o principal método de compactação adotado na prática, por ser um método simples, rápido e de baixo custo. É caracterizado pela compactação do pó mediante a aplicação de pressão ao longo de uma única direção axial, utilizando um pistão. Trata-se de um método versátil para obter cerâmicas com alta densidade e boa resistência nas peças prensadas a verde, com capacidades de produção elevadas (Özkan, 1994). A disposição uniforme das partículas favorece uma compactação mais uniforme e contribui para garantir uma densificação mais homogênea (Ewsuk, 2003). Diante do exposto, o presente trabalho analisa a morfologia do pó cerâmico, sua fluidez e a densidade dos corpos a verde após a prensagem uniaxial.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia experimental incluiu as etapas descritas a seguir que correlacionam-se com o objetivo de investigar a prensagem uniaxial e sua eficiência para diversas morfologias de pó cerâmico e respectiva fluidez.

1. Preparação dos Pós Cerâmicos

O pó cerâmico foi preparado a partir da mistura de Óxido de Zircônio dopado com 8% mol de Ítrio, fornecido pela Sigma-Aldrich (8YSZ - Sigma Aldrich). Foi utilizado 1% de Polivinil Butiral como ligante (PVB), que tem a função de viabilizar a sinterização e contribui para maior fluidez do pó. A mistura foi levada ao moinho de bolas, com esferas de Zircônia de alta dureza, mergulhadas em álcool isopropílico. Foram utilizadas duas proporções de esferas, em relação ao pó cerâmico, para analisar diferentes níveis de refinamento do pó. As proporções foram de 1:1 e 20:1, na relação em peso entre esferas e pó cerâmico, respectivamente. Foram experimentados dois períodos de moagem em moinho giratório, 1 hora e 24 horas, com o objetivo de ampliar a investigação do refinamento do particulado e posterior correlação com a prensagem.

2. Secagem e Desaglomeração

A etapa de secagem foi realizada a partir da incidência de radiação infravermelha durante 1 hora, com conseqüente aquecimento a cerca de 60°C, até que o álcool evapore e seja possível retirar as esferas de zircônia. Esse processo de separação das esferas e o pó foi realizado em um almofariz de

ágata acompanhado de desaglomeração do pó. Ao finalizar a secagem, o pó foi separado com auxílio de uma peneira para que obtenha a granulometria correta.

3. Determinação do ângulo de Repouso e Prensagem Uniaxial

Os quatro pós cerâmicos preparados a partir de diferentes combinações de tempo de moagem e proporção de esferas, foram caracterizados a partir da determinação do ângulo de repouso. Para isso, o pó foi depositado em uma superfície horizontal a partir de 10 cm de altura e o ângulo agudo produzido entre o montante de pó e a tal superfície foi determinado, assim como mostra a Figura 1.

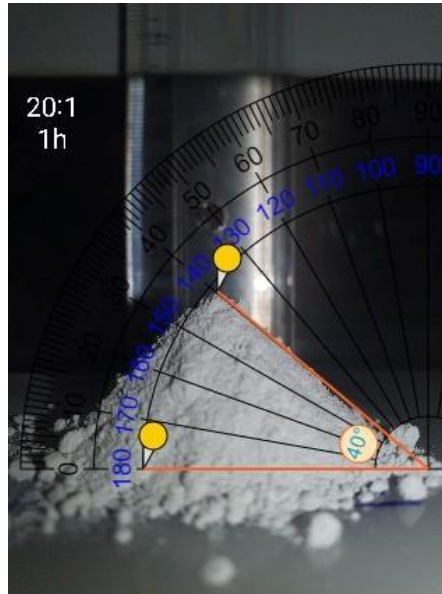


Figura 1. Determinação do ângulo de repouso.

Posteriormente, os pós foram prensados uniaxialmente com moldes cilíndricos de diâmetro 10 mm e 15 mm, fazendo com que a altura das amostras fosse diretamente correlacionada com a quantidade de massa. Foi padronizado, cerca de 0.4 g por amostra. No que tange à escolha das pressões, foram utilizados diversos valores capazes de compreender mais do que uma ordem de grandeza para tal parâmetro, com a aplicação de 5 a 30 MPa.

A partir dos valores de pressão aplicada, parâmetros de processamento do pó e dados do ângulo de repouso, foi possível determinar a densidade geométrica dos corpos a verde e, conseqüentemente, construção de curvas que correlacionam a densidade e as outras variáveis do processamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das etapas descritas na metodologia, os dados foram organizados para a compreensão fenomenológica do processamento cerâmico, considerando o objetivo de obtenção de maiores valores de densidade a verde. Primeiramente, destaca-se que a prensagem com a utilização do molde de 15mm de diâmetro promoveu amostras com resistência mecânica baixa e incapazes de serem manipuladas. Tal resultado, correlaciona-se com a dimensão do molde que influenciou o processo de propagação da sollicitação mecânica da prensagem, uma vez que a quantidade de pó depositado no molde cerâmico foi a mesma para ambos os moldes. A partir do exposto, as análises foram realizadas com as amostras prensadas uniaxialmente em molde cilíndrico de 10mm de diâmetro.

A figura 2 mostra os valores obtidos para a densidade a verde em função da pressão aplicada para todas as variáveis de processamento. De forma global, indica-se que a variação de densidade conforme a pressão chegou a cerca de 10%. Quando comparadas as amostras prensadas no maior valor de pressão, observa-se que a proporção 20:1 em peso entre esferas e pó apresentou piores resultados.

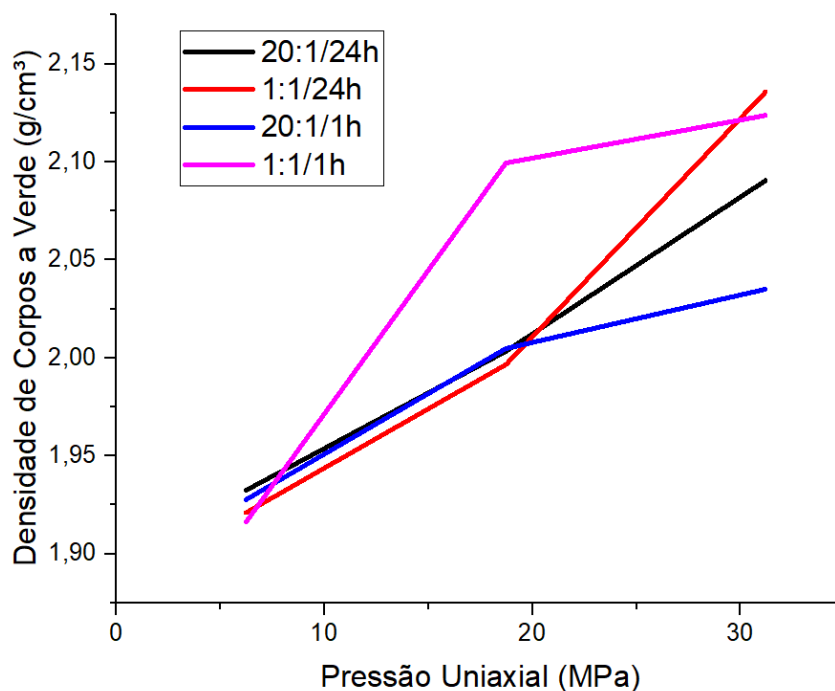


Figura 2. Valores de densidade dos corpos a verde em função da pressão aplicada uniaxialmente.

Quando comparamos os gráficos da proporção 1:1, fica evidente uma diferença marcante no comportamento entre as situações de 1 hora e 24 horas. Entretanto, essa discrepância é significativamente menos pronunciada na proporção de 20:1. Dessa forma, sob uma perspectiva comportamental, aumentar a quantidade de esferas tem o efeito de reduzir a influência do tempo, tornando a proporção de 20:1 preponderante em relação ao fator temporal.

É notável que quando a massa das esferas se igualou à do pó, o tempo exerceu uma influência maior sobre a proporção utilizada.

Ao comparar os gráficos da proporção de 1:1 observa-se uma notória diferença no comportamento entre a 1 hora e 24 horas. Essa diferença é bem menor na proporção de 20:1. Logo, no ponto de vista comportamental, aumentar a quantidade de esferas diminui a influência do tempo, sendo a proporção de 20:1 mandatória sobre o tempo. Quando a massa de esferas foi igual a de pó, houve muita influência do tempo.

A figura 3 permite a análise do comportamento fenomenológico na relação entre a densidade dos corpos a verde sob pressão uniaxial e as características do processamento. Observa-se que o tempo de moagem possibilita o agrupamento em dois comportamentos distintos. Para o tempo de moagem de 24 horas, a taxa de aumento da densidade em relação à pressão apresenta comportamento contrário ao observado para o tempo de moagem de 1h. Tais correlações gráficas, denominadas curvas de compactação, indicam comportamentos distintos em função da energia despendida para reconfigurar possíveis aglomerados. A literatura indica que as curvas de compactação podem ser interpretadas a partir da identificação de pontos de transição em que há visível alteração da taxa de alteração da densidade em relação à pressão aplicada.

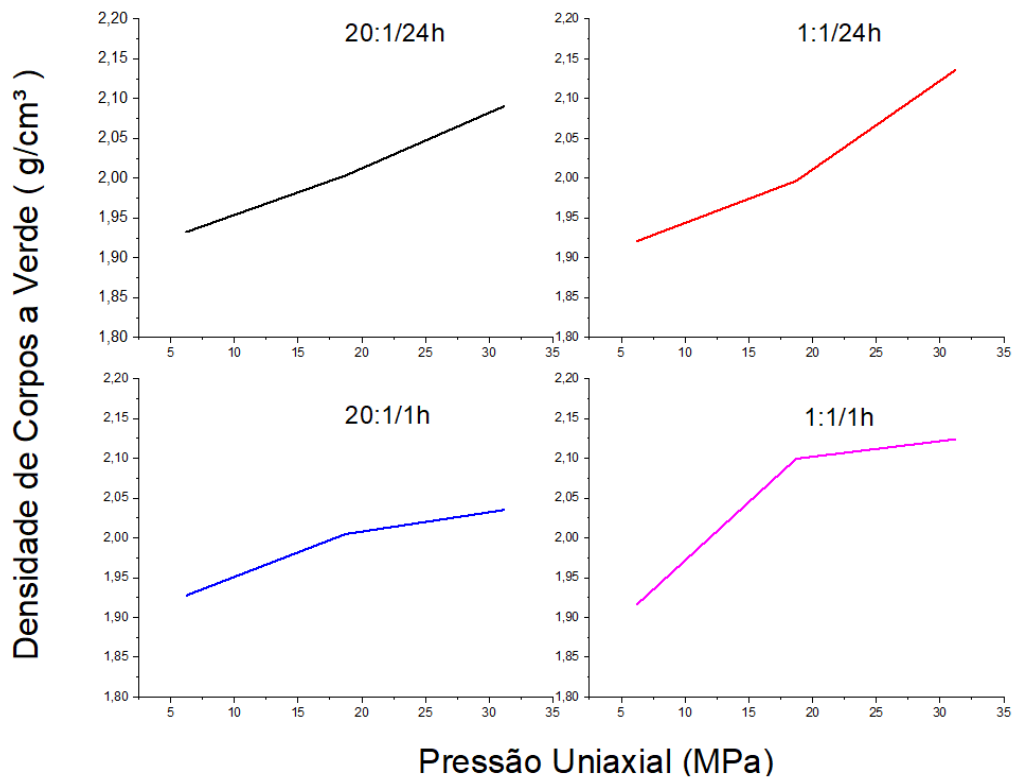


Figura 3. Curvas de compactação para os diferentes pós cerâmicos preparados.

Uma vez que as curvas de compactação indicam a dependência dos parâmetros de processamento com o comportamento fenomenológico do pó compactado sob pressão uniaxial, a análise do ângulo de repouso permite a investigação qualitativa da fluidez do pó e correlacioná-la com os dados expostos anteriormente. A tabela 1 apresenta os ângulos de repouso determinados conforme descrito na metodologia. Os diferentes valores de ângulo de repouso apresentam graus de fluidez distintos que podem ser correlacionados tanto à possível redução de tamanho de partícula para longos tempos de moagem quanto para a efetividade do material ligante para a estabilização e fluidez do pó.

TABELA 1. Valores do ângulo de repouso para cada pó.

	20:1	1:1
1 hora	40°	35°
24 horas	38°	37°

CONCLUSÕES

A partir do presente trabalho foi possível observar a forma com que o tempo de moagem e a proporção de esferas afetam o comportamento fenomenológico do processo de conformação, por meio do estudo do processo de conformação por prensagem uniaxial e análise do ângulo de repouso do pó. Com isso, foi constatado que o aumento da quantidade relativa de esferas reduz a quantidade de tempo necessária para moagem, para a obtenção de uma mesma densidade a verde. Portanto, uma proporção maior de esferas diminui a influência do tempo, mas quando a proporção de esferas é igual à massa do pó, o tempo começa a exercer uma influência significativa. Foi possível analisar também o impacto do tempo na densidade, houve um aumento em moagens de 24 horas, com efeito de crescimento exponencial e em moagens de 1 hora foi um efeito que tendia a estagnação. Com relação a fluidez, os valores obtidos para o ângulo de repouso indicaram que alterações nos parâmetros também influenciam no fluxo do pó, de forma que a proporção igual entre pó e esferas produziu melhor equilíbrio entre as forças de atração e repulsão no particulado.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

L.L.T.S realizou todas as etapas da produção do trabalho orientada por H.E.A
Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Hortolândia por oferecer a infraestrutura para desenvolvimento do meu projeto, assim como professores e materiais que contribuem com meu aprendizado. E ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica (PIBIFSP) pelo financiamento do projeto com uma bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

FRANCIS, L. F. Powder Processes. *Materials Processing*, p. 343–414, 2016.

BEAKAWI AL-HASHEMI, H. M.; BAGHABRA AL-AMOUDI, O. S. A review on the angle of repose of granular materials. *Powder Technology*, v. 330, p. 397–417, maio 2018.

EWSUK, K. G. Characterizing powders for dry pressing, sintering. *American Ceramic Society Bulletin*, v. 82, n. 5, p. 41–47, 2003.

ÖZKAN, N. Compaction and sintering of ceramic powders. *Dissertation - University of London*, 1994.