



# ESTUDO PARA UTILIZAÇÃO DE Prensagem Uniaxial de Aço Simples para Compactação de Corpos Moedores Utilizada na Indústria de Placas de Revestimentos Cerâmicos

VILSON MENEGON BRISTOT<sup>1</sup>, VILMAR MENEGON BRISTOT<sup>2</sup>, LIRIO SCHAEFFER<sup>1</sup>, VILSON GRUBER<sup>3</sup>, LEOPOLDO PEDRO GUIMARÃES FILHO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Setor 4 - Prédio 74 - Sala 211  
Campus do Vale - Porto Alegre/RS - Brasil

<sup>2</sup>IMG, Instituto Maximiliano Gaidzinski  
R. Dr. Edson Gaidzinski, 352 – Centro - Cocal do Sul - Brasil

<sup>3</sup>UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina  
R. Pedro João Pereira, Araranguá - SC, CEP 88900-000  
Campus Araranguá - Brasil

<sup>4</sup>UNESC, Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Avenida Universitária, 1105 - Universitário - CEP 88806-000  
Criciúma - Brasil

*(Recibido 21 de diciembre de 2011, revisado 14 de abril de 2012, para publicación 25 de abril de 2012)*

**Resumo** – Na prensagem isostática de pós cerâmicos para a fabricação de corpos moedores, tem-se uma produção muito inferior em relação a produção de placas de revestimentos cerâmicos que possui metodologia de prensagem uniaxial de ação simples, e isto se deve ao fato da complexidade do processo isostático. Atualmente, a fabricação dos corpos moedores para a indústria cerâmica de placas de revestimentos, só é realizada através do processo isostático, isso porque sua característica física é bem mais complexa que a prensagem uniaxial, pois enquanto na prensagem isostática consegue-se obter o prensado em forma esférica, o processo uniaxial das placas, simplesmente tem as características retangulares e ou quadradas, com uma determinada espessura. Com isso realizou-se um estudo para a utilização da prensagem uniaxial de ação simples para a compactação de corpos moedores utilizada na indústria de placas de revestimentos cerâmicos com processo via úmido.

**Palavras-chave** – Isostático, revestimento, uniaxial.

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de moagem de uma indústria de placas cerâmicas de revestimento é de fundamental importância dentro de uma linha de produção. Este processo inicia com a seleção das matérias-primas que devem formar parte da composição de partida. Nos produtos cerâmicos, as matérias-primas utilizadas são fundamentalmente: argilas, caulins, quartzos, carbonatos e aluminas [1].

Na indústria cerâmica, as matérias primas podem ser utilizadas tal como são extraídas da jazida, ou depois de submetê-las a um tratamento mínimo. Sua procedência natural exige, na maioria dos casos, uma homogeneização prévia que assegure a continuidade das características da matéria prima [7].

Uma vez realizada a primeira mistura dos distintos componentes da massa cerâmica, esta será submetida a um processo de moagem, que pode ser “via seca” ou “via úmida”, onde este último é o objeto de estudo.

O material resultante da moagem apresenta algumas características distintas se for efetuado por via seca ou via úmida. No primeiro caso produz-se uma fragmentação, mantendo-se tanto os agregados como os aglomerados de partículas, sendo o tamanho de partículas resultante (existem partículas maiores de 300

micrometros) superior ao obtido por via úmida (todas as partículas são menores de 200 micrometros) [10].

O procedimento que tem melhores resultados técnicos é o da via úmido. Neste processo, as matérias-primas são introduzidas total ou parcialmente em moinho de bolas.

O objetivo do processo de moagem é a diminuição do tamanho das partículas de um material sólido [4]. Sabe-se também que o tamanho das partículas exerce uma influência determinante nas propriedades e comportamento dos materiais ao longo do processo de fabricação, como por exemplo: no comportamento reológico, na conformação, na queima e nas características finais do produto. De um modo geral, o rendimento da moagem é influenciado pelas características da própria matéria-prima [8]. Esta etapa do processo é realizada pelos moinhos de bolas (Fig. 1).

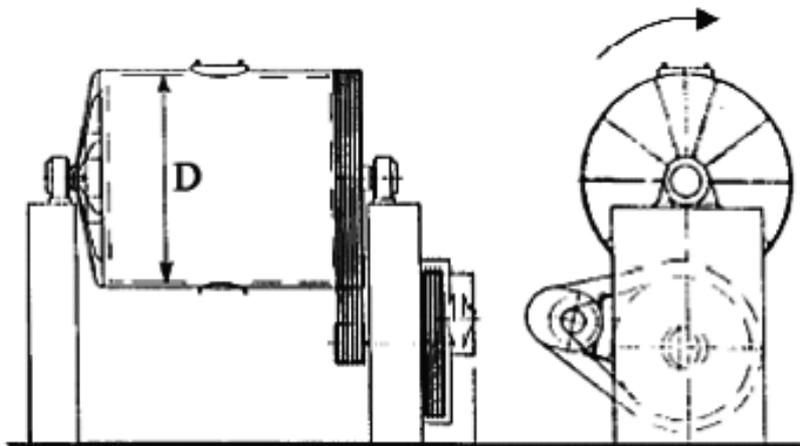


Fig. 1. Moinhos de bolas.



Fig. 2. Constituição de um molde isostático.

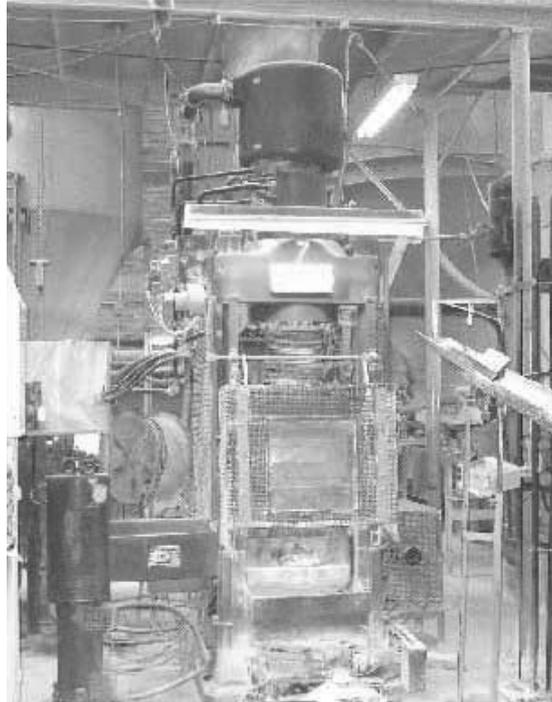
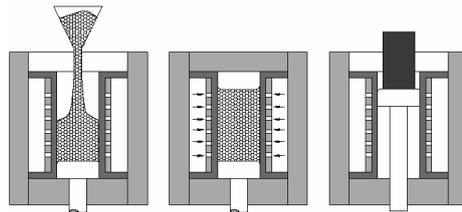


Fig. 3. Prensa isostática.

Fig. 4. Esquema do processo de prensagem isostática *dry bag* ou *fixed bag*. Da esquerda para a direita, as etapas de alimentação do molde, prensagem e extração do compactado [12].

## 2. O PROCESSO DE PrensAGEM ISOSTÁTICA

O processo de prensagem isostática de pós cerâmicos, tradicionalmente utilizado da produção de velas de ignição de motores automotivos, é caracterizado pela grande uniformidade e alta qualidade dos produtos gerados [5].

O processo utiliza-se de um molde que pode ser constituído de diversas partes (Fig. 2), sendo a principal parte, a membrana elastomérica flexível ou a matriz elastomérica. Neste caso, a matriz elastomérica é preenchida por pó cerâmico e é posteriormente selada. A superfície externa da matriz elastomérica é comprimida por um fluido pressurizado gradativamente pela ação de uma prensa isostática, gerando o compactado a verde (compacto) que posteriormente e quando necessário poderá ser usinado e sinterizado dependendo das características exigidas pelo produto [2].

A prensagem isostática é particularmente aplicada a produtos que apresentam formas cilíndricas ou esféricas. Cavidades internas podem ser obtidas com a adição de machos dentro da matriz elastomérica.

Várias concepções de prensas isostáticas foram desenvolvidas, sendo que as principais são agrupadas em prensas isostáticas a frio (Fig. 3) e prensa isostáticas à quente. A prensagem isostática a frio é o método mais empregado pela indústria cerâmica, devido a utilização de líquidos pressurizados à

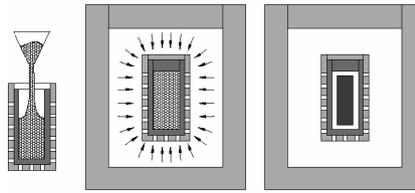


Fig. 5. Esquema do processo de prensagem isostática *wet bag* ou *free bag*. Da esquerda para a direita, as etapas de alimentação do molde, prensagem e peça compactada [12].

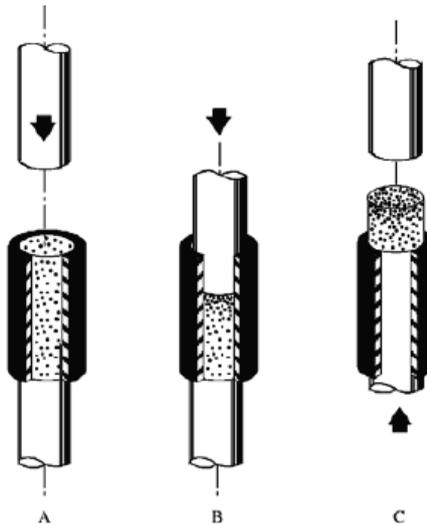


Fig. 6. Prensagem uniaxial de ação simples.

temperatura ambiente no interior do vaso. Por outro lado, a prensagem isostática a quente é um processo no qual a pressão e a temperatura variam independentemente e simultaneamente [6].

Dependendo das dimensões do componente pretendido, do nível de sofisticação ou de requisitos de produção, dois tipos de processos a frio vêm sendo utilizados: o processo *dry bag (fixed bag)* e o processo *wet bag (free bag)*. Na prensagem isostática *dry bag*, esquematizada na Fig. 4, o operador do equipamento não entra em contato com o fluido, pois o molde é integrado ao vaso de pressão e neste caso a tampa do molde é a própria tampa do vaso. Nesse processo altas taxas de produção podem ser alcançadas pela possibilidade em se automatizar os estágios de alimentação do molde e extração do compactado [3].

Na prensagem isostática *wet bag*, esquematizada na Fig. 5, o molde que contém o pó cerâmico é introduzido no interior do vaso de pressão da prensa, e o operador tem contato com o fluido em cada alimentação e descarga dos moldes [9]. Esse processo é apropriado para peças grandes, mais não permite altas taxas de produção.

### 3. O PROCESSO DE PRENSAGEM ANIAXIAL

Atualmente, a prensagem uniaxial é a técnica de conformação de peças mais empregada no processamento de materiais cerâmicos [11]. Ela consiste na compactação de uma massa aglomerada contida em uma cavidade rígida, mediante a aplicação de pressão em apenas uma direção axial através de um ou vários punções rígidos. A cavidade rígida é composta pela base, denominada punção inferior, pelo punção superior e pelas paredes, que podem ser móveis ou fixas, chamadas de matriz do molde.

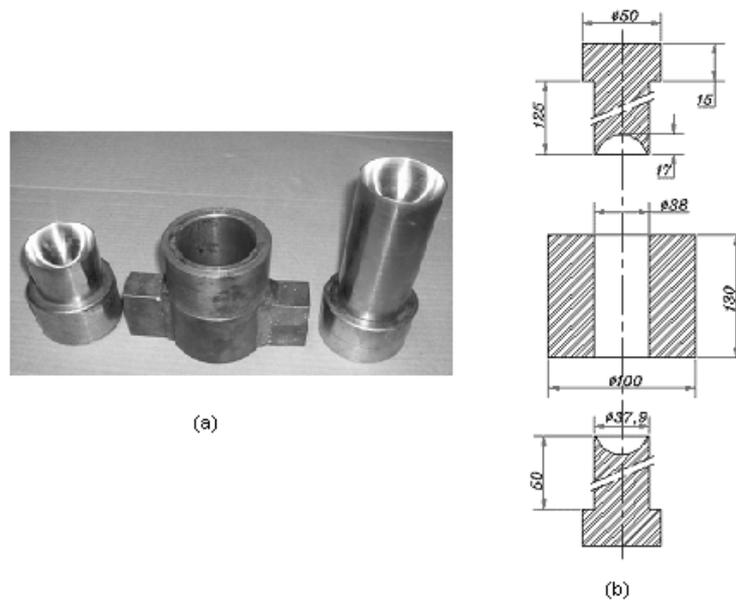


Fig. 7. Modelo: (a) sistema físico; (b) vista esquemática.



Fig. 8. Prensa hidráulica manual.

As técnicas de prensagem se diferenciam pela movimentação destes elementos básicos do molde: o punção superior, o punção inferior e a matriz, bem como pelo número de elementos responsáveis pela aplicação da pressão.

Na prensagem uniaxial de ação simples (Fig. 6) a pressão é aplicada através do punção superior, que é introduzido na cavidade que contém a massa, formada pela matriz e pelo punção inferior, os quais permanecem imóveis nesta etapa. Uma vez compactada a peça, o punção superior é retirado e o deslizamento do punção inferior permite a extração da peça do molde. Devido à fricção entre os aglomerados e entre estes e a parede do molde, surgem gradientes de densidades na peça [1].

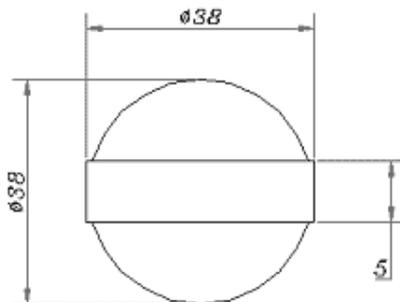


Fig. 9. Representação do corpo moedor.

Tabela 1. Comparação de densidade aparente e desgaste obtidos pelos diferentes processos (modelo).

Descrição	Conformação Isostática	Conformação Hidráulica (modelo)
Densidade aparente [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	De 3,58 a 3,64	De 3,60 a 3,64
Desgaste [%] (teste moinho 96 horas em serviço)	De 8,0 a 10,0	De 8,0 a 8,8



Fig. 10. Caixa matriz de tijolos para revestimentos.

#### 4. CONSTRUÇÃO DE UM MODELO

Foi construído um modelo do sistema, com o objetivo de testar o funcionamento da prensagem uniaxial de ação simples para a compactação de corpos moedores. O modelo com cavidade única está apresentado na Fig. 7.

Assim, utilizando-se de uma prensa hidráulica manual (Fig. 8), com capacidade de  $400 \text{ kgf}/\text{cm}^2$  ( $39.226,4 \text{ KPa}$ ), colocou-se o modelo na sua devida posição na prensa e fez-se o carregamento manual na cavidade cilíndrica da matriz.

Na Fig. 9, temos uma representação de como ficará o corpo moedor conformado uniaxialmente. A tabela 1 mostra a comparação dos produtos obtidos pelos diferentes processos.

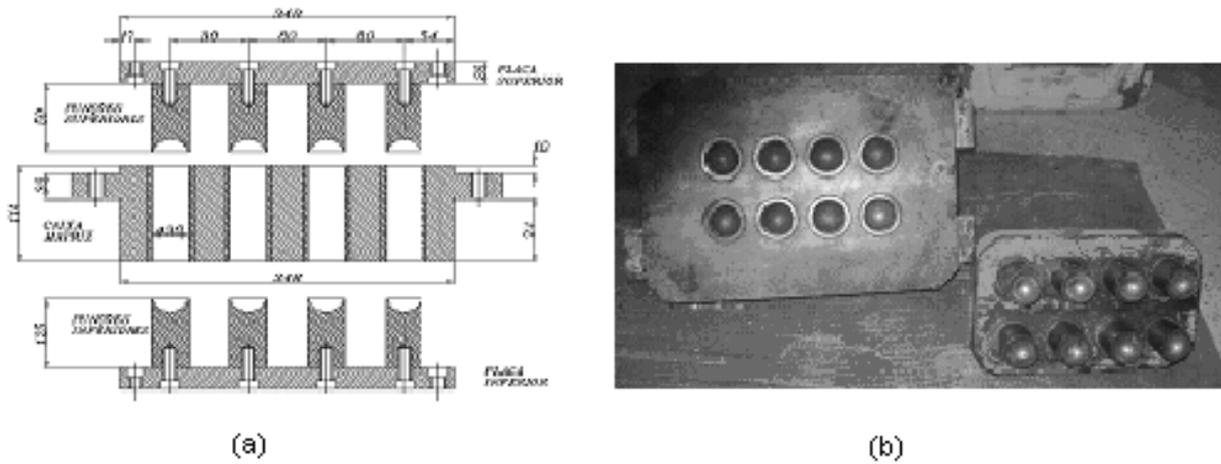


Fig. 11. Matriz para conformação dos corpos moedores: (a) vista esquemática; (b) sistema físico.

Tabela 2. Comparação de densidade aparente e desgaste obtidos pelos diferentes processos (protótipo).

Descrição	Conformação Isostática	Conformação Hidráulica (protótipo)
Densidade aparente [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	De 3,58 a 3,63	De 3,60 a 3,63
Desgaste [%] (teste moinho 96 horas em serviço)	De 8,0 a 9,5	De 8,0 a 8,9

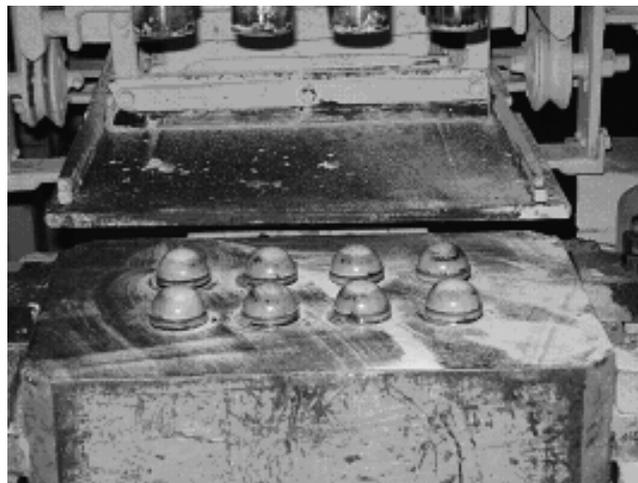


Fig. 12. Corpos conformados no protótipo.

## 5. CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO

Depois dos ótimos resultados obtidos pelo modelo, decidiu-se fabricar um protótipo para uma produção industrial.

Tendo o objetivo de manter as mesmas características físicas da parte externa da caixa matriz de tijolos (Fig. 10), preservando a metodologia de carregamento, fixação da caixa matriz e expulsão do material prensado, e já tendo realizado o teste através do modelo criado, chegou-se a uma caixa matriz conforme visto na Fig. 11.

O ferramental do protótipo comportou-se como o planejado, sendo que a princípio, por ser tratar de protótipo, o carregamento de massa nas cavidades das camisas da caixa matriz, foi executado manualmente.

Na tabela 2 têm-se os resultados de densidade aparente e desgaste obtidos na conformação isostática comparadas ao método do protótipo.

Na Fig. 12 podem-se visualizar os corpos já conformados no protótipo antes de sua retirada de dentro da caixa matriz.

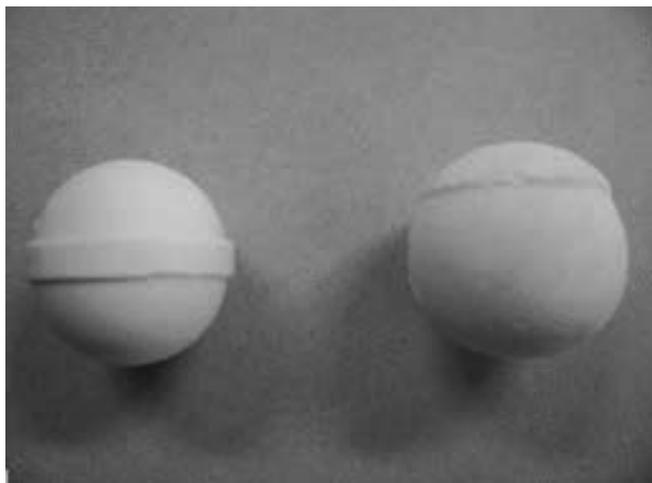


Fig. 13. Corpos moedores conformados: (esquerda) conformação hidráulica; (direita) conformação isostática.

Na Fig. 13 podemos observar a diferença entre um corpo moedor produzido com a nova metodologia através da conformação hidráulica e um corpo padrão produzido pela conformação isostática.

## 6. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES DO PROJETO

Depois de obtidos os corpos conformados através deste novo método, todos que acompanharam o desenvolvimento se mostraram muito satisfeitos destes corpos moedores em relação aos conformados através da prensagem isostática. Também foram feitas as comparações técnicas dos dois corpos, mostrando resultados iguais ou superiores ao método isostático.

Fazendo uma comparação de produção entre a conformação hidráulica e a conformação isostática, foi constatado que o volume de produção com o novo método é superior em relação ao tradicional de 20 a 25%, pois o nível de complexidade de carregamento de massa nas cavidades, do tempo de prensagem e da extração dos conformados do modo isostático é muito elevado, perdendo em quantidade produzida.

## 7. CONCLUSÕES

Com os objetivos, chegou-se às seguintes conclusões principais:

- Para a conformação hidráulica de corpos moedores cerâmicos, neste caso, o método proposto, foi possível utilizar o mesmo pó que o empregado na fabricação dos corpos obtidas através da conformação isostática, e nos tijolos de alumina para revestimentos, não necessitando de mudanças na formulação e no processo de produção do mesmo;
- Facilidade de adaptação do ferramental desenvolvido em prensas hidráulicas industriais;
- Na sinterização da metodologia proposta, também se manteve a mesma curva de queima dos produtos originados pela forma tradicional;

- Os corpos obtidos com a nova proposta tiveram desempenho igual, ou superior às que foram conformadas no modo isostático tradicional. Isto foi comprovado através dos testes de desgaste e de densidade, que são considerados os primordiais nesta ocasião, se mostraram estar dentro dos padrões necessários para o desempenho de sua função;

É interessante frisar que esta metodologia pode sofrer alterações no que diz respeito à fixação da caixa matriz e dos punções inferiores e superiores devido às diferentes características estruturais de cada equipamento, mas o princípio de obtenção do conformado poderá ser conforme descrito neste artigo.

## REFERÊNCIAS

- [1] Amorós, A.J.L., “A Operação de Prensagem: Considerações Técnicas e sua Aplicação Industrial – Parte II: A Compactação”, Anais do Science of Whiteware I, Instituto de Tecnologia Cerâmicas, Universidad de Valência, Espanha (2000)
- [2] Aydin, I., Briscoe, B.J., Sanliturk, K.Y., “The Internal Form of Compacted Ceramic Components”, *Powder Technology*, **89**, 239-254 (1996)
- [3] Bortzmeyer, D., “Modelling Ceramic Powder Compaction”, *Powder Technology*, **70**, 131-139 (1992)
- [4] Bristot, V.M., *Máquinas e Equipamentos para Cerâmica*, 1.ed. Criciúma, Santa Catarina, Editora Luana (1996)
- [5] Chiaverini, V., *Metalurgia do Pó*, 4 ed. São Paulo, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (2001)
- [6] Fortulan, C.A., “Influência dos Métodos de Injeção e de Prensagem Isostática no Desempenho das Cerâmicas Estruturais”, São Carlos, Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (1997)
- [7] Kingery, W.D., “La Transición de la Cerámica desde el Oficio Artesanal a la Industria basada en la Ciencia”. V Congreso Mundial de la Calidad de Azulejo y del Pavimento Cerámico, Castellón, España, Anais Qualicer, **98**, 3-17 (1998)
- [8] Kingery, W.D., Bowen, H.K., Uhlmann, D.R., *Introduction to Ceramics*. 2. ed. New York, John Wiley & Sons (1976)
- [9] Mcentire, B.J., “Tooling Design for Wet-Bag Isostatic Pressing”, *Advances in Ceramics: 9 Forming of Ceramics*, USA, 16-31 (1984)
- [10] Navarro, E.J.E., Albaro, A.J.L., Fuster, M.M., *Tecnologia Cerâmica*, 1. ed. Volume IV, Universidad de Valencia, Espanha (1994)
- [11] Negre, F., Sanches, E., “Avanços no Processamento de Pós Atomizados para a Fabricação de Revestimentos”, Anais do Science of Whiteware I. Instituto de Tecnologia Cerâmicas, Universidad Jaime I, Castellón, Espanha (1998)
- [12] Reed, J.S., *Principles of Ceramics Processing*, 2 ed. New York, John Wiley & Sons (1995)

## STUDY TO USE OF ACTION UNIAXIAL SIMPLE COMPRESSION BODIES GRINDERS USED IN INDUSTRY CERAMIC PLATES

**Abstract** – In the isostatic pressing of ceramic powders for the manufacture of grinding media, has a production considerably lower than the production of ceramic plates that methodology has uniaxial single-action, and this is because of the complexity of the isostatic. Currently, the manufacture of grinding media for the ceramics industry for coating plates, only takes place via the isostatic process, because this physical characteristic is far more complex than uniaxial pressing, isostatic pressing on it while it is possible to get pressed into spherical shape, the process of uniaxial plates, simply has the features and rectangular or square, with a certain thickness. This was carried out a study for the use of uniaxial single-acting to compact grinding media used in the industry of ceramic plates with wet processing.

**Keywords** – Isostatic, Coating, Uniaxial.