

# **DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE PLACAS CERÂMICAS OBTIDAS ATRAVÉS DOS PROCESSOS DE LAMINAÇÃO, PRENSAGEM E EXTRUSÃO**

## **Vilma Maria Sudério**

Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC-UD.CARIRI/JN – CEARÁ. Aluna de doutorado do CPGEP/UFCG. Rua: Estelita Cruz, 537 – Alto Branco – Campina Grande-PB CEP 58100-271, e-mail: suderio@zipmail.com.br

## **Joyce Batista Azevedo**

Universidade Federal de Campina Grande – DEMa/UFCG. Av Aprígio Veloso,882 – Bodocongó – Campina Grande – PB, e-mail: joycebazevedo@yahoo.com.br

## **Robéria Lúcia Sousa Nunes**

Universidade Federal de Campina Grande – DEMa/UFCG. Av Aprígio Veloso,882 – Bodocongó – Campina Grande – PB, e-mail: roberialucia@bol.com.br

## **Lisiane Navarro de Lima Santana**

Universidade Federal de Campina Grande – DEMa/UFCG. Av Aprígio Veloso,882 – Bodocongó – Campina Grande – PB, e-mail: lisiane@dema.ufcg.edu.br

## **Gelmires Araújo Neves**

Universidade Federal de Campina Grande – DEMa/UFCG. Av Aprígio Veloso,882 – Bodocongó – Campina Grande – PB, e-mail: gelmires@dema.ufcg.edu.br

## **Hélio de Lucena Lira**

Universidade Federal de Campina Grande – DEMa/UFCG. Av Aprígio Veloso,882 – Bodocongó – Campina Grande – PB, e-mail: helio@dema.ufcg.edu.br

**Resumo.** A tecnologia utilizada na fabricação de placas cerâmicas vem sendo gradativamente ampliada e aperfeiçoada, resultando em uma maior automatização do processo e uma melhor qualidade do produto. Isto tem sido feito com o controle dos parâmetros de processamento e processos de fabricação. As técnicas de moldagem convencionais oferecem possibilidades limitadas para a produção de componentes com espessura reduzida e baixo custo. Pesquisas utilizando o processo de laminação para a obtenção de placas cerâmicas para revestimento estão sendo desenvolvidas no laboratório de materiais do DEMa/UFCG. O uso desta tecnologia está sendo estudado como uma possibilidade para fabricação de placas com paredes finas, visando a economia de energia e matéria-prima. Este trabalho tem como objetivo determinar as propriedades físicas e mecânicas de placas cerâmicas laminadas e obtidas por técnicas convencionais de processamento. Massas cerâmicas típicas para revestimentos, foram preparadas de modo que apresentassem consistências adequadas para os diferentes processos. As placas foram secas e queimadas utilizando tecnologia cerâmica convencional. Foram determinadas as retrações lineares, absorção de água, porosidade aparente, densidade aparente e resistência à flexão. Resultados preliminares mostraram que as placas laminadas apresentaram melhores propriedades

*físico-mecânicas quando comparadas com as obtidas através das técnicas convencionais de processamento.*

*Palavras Chave: Cerâmica, Propriedades físicas e mecânicas, Processamento.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Existem diversos processos de conformação para dar forma as peças cerâmicas, e a seleção de um deles depende fundamentalmente de fatores econômicos, da geometria e das características do produto.

Atualmente a tecnologia utilizada na obtenção de placas cerâmicas para revestimento vem sendo gradativamente ampliada e aperfeiçoada, resultando em uma maior automatização do processo, e uma melhor qualidade do produto, Barba et al (1997). Esta evolução nas técnicas de processamento foi acompanhada por um significativo aumento da resistência dos materiais, permitindo a redução das dimensões das peças tornando-as menores e mais leves, permanecendo eficazes, Lipinsk et al (1994).

Embora tenha sido observado um grande avanço tecnológico relativo à indústria de cerâmica para revestimento, é preciso assinalar que nem todas as melhorias no processo produtivo foram exploradas, assim como não foram investigadas novas técnicas para produzir componentes com peso reduzido e secções com paredes mais finas, Santana (2002).

As técnicas de moldagem convencionais oferecem possibilidades limitadas para a produção de peças com paredes finas e com custo reduzido. Extrusão e prensagem são processos competitivos para produzir peças similares. Entretanto, estes apresentam limitações para a produção de componentes com espessura reduzida. O processo de extrusão praticamente não apresenta limites dimensionais, mas a baixa precisão dimensional dos produtos limita o uso deste método para a produção de peças finas. A prensagem é o processo de moldagem mais utilizado para a fabricação de placas cerâmicas para revestimento, devido à alta precisão dimensional que se obtém no produto final. O alto custo de ferramenta é a desvantagem do processo.

O processo de compactação por rolos (laminação) é usado para conformar peças cerâmicas de espessura fina, numa faixa de 1 a 10mm. A espessura das peças produzidas depende das características do pó e da abertura entre os rolos. Neste processo a massa é introduzida através de uma abertura de laminação, onde é submetida a tensões compressivas elevadas, resultante da ação de prensagem dos rolos e a tensões cisalhantes superficiais, resultantes do atrito entre os rolos e o material, Balzereit (1998).

Pesquisas utilizando o processo de laminação para a obtenção de placas cerâmicas para revestimento estão sendo desenvolvidas no laboratório de materiais do DEMa/UFCG. O uso desta tecnologia está sendo estudado como uma possibilidade para fabricação de placas com paredes finas, visando a economia de energia e matéria-prima. Este trabalho tem como objetivo fazer um estudo comparativo entre as propriedades físicas e mecânicas apresentadas por placas cerâmicas laminadas e obtidas por técnicas convencionais de processamento. Massas cerâmicas típicas para revestimentos, foram preparadas de modo que apresentassem consistências adequadas para os diferentes processos (laminação, extrusão e prensagem).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a obtenção das placas cerâmicas foi utilizada uma massa produzida industrialmente por via úmida, adequada para a produção de placas cerâmicas para revestimento, fornecida pela Cerâmica Cordeiro Nordeste do Estado da Paraíba. A massa possuía uma umidade de aproximadamente 6,5%. Nesta umidade foram prensados corpos de provas com dimensões de (6,0x 2,0 x 0,3)cm<sup>3</sup>, com pressão de 20Mpa, em prensa de laboratório. Após esta etapa a umidade da massa foi corrigida para que a mesma apresentasse consistência adequada para os processos de laminação e extrusão. A massa foi misturada com água. A mistura foi realizada em um misturador planetário, por um

período de 30 minutos, sob condições de alta velocidade. Após a etapa de mistura as massas foram mantidas em repouso, para uma melhor distribuição da umidade. As massas foram compactadas em um cilindro laminador, variando-se de 3,5 a 5mm a abertura entre os rolos, onde foram obtidos os corpos de prova laminados. Foram também extrudados corpos de prova em uma maromba de laboratório modelo 51 da marca VERDÉS. Na etapa seguinte, os corpos de provas prensados, extrudados e laminados, foram secos em estufa a 110°C/24h e posteriormente sinterizados nas temperaturas de queima de 1000°C, 1050°C, 1100°C e 1150°C em forno tipo mufla de laboratório. O resfriamento foi realizado dentro do forno até temperatura ambiente.

Após secagem a 110°C e queima à 1000°C, 1050°C, 1100°C e 1150°C, as amostras foram submetidas aos seguintes ensaios: retração linear, tensão de ruptura à flexão, absorção de água, massa específica aparente e porosidade aparente. O procedimento descrito foi realizado com o objetivo de avaliar e comparar as propriedades das placas produzidas através dos processos de laminação, prensagem e extrusão.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a composição da massa cerâmica utilizada neste trabalho. A massa foi submetida à análise química seguindo as normas do Laboratório de Análises Minerais do CCT/PRAI/UFCG, LAM (1997).

Tabela 1 – Composição química da massa cerâmica

Componentes	Percentagem (%)
SiO <sub>2</sub>	59,15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,79
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,14
CaO	1,40
MgO	2,02
Na <sub>2</sub> O	2,30
K <sub>2</sub> O	1,63
R.I	1,10
P.R	9,47

A Figura 1 apresenta os valores referentes à absorção de água das placas laminadas (PL), extrudadas (PE) e prensadas (PP), em função da temperatura de queima. Pode-se observar que todas as amostras apresentaram uma redução na absorção de água com o aumento da temperatura. As placas cerâmicas prensadas apresentaram uma elevada absorção de água quando comparada com as placas laminadas e extrudadas. Provavelmente as variáveis da operação de prensagem (teor de umidade e pressão de compactação) foram responsáveis por este aumento. Quando os grânulos estão secos o empacotamento das partículas é menos estável o que se traduz em uma menor expansão elástica pós-prensagem e, portanto em uma redução na superfície de contato entre as partículas durante a fase de compactação. À medida que se aumenta a compacidade da peça, com o aumento da pressão de prensagem, aumenta-se também a área efetiva de contato entre os grânulos, fato que se traduz em um aumento da resistência mecânica da peça. As placas laminadas apresentaram uma menor absorção de água quando comparadas com as placas extrudadas, em toda a faixa de temperatura estudada. A massa utilizada neste processo foi submetida a uma alta taxa de cisalhamento durante a etapa de mistura o que favoreceu a quebra dos aglomerados e uma distribuição destes através da massa, favorecendo melhorias nas propriedades.

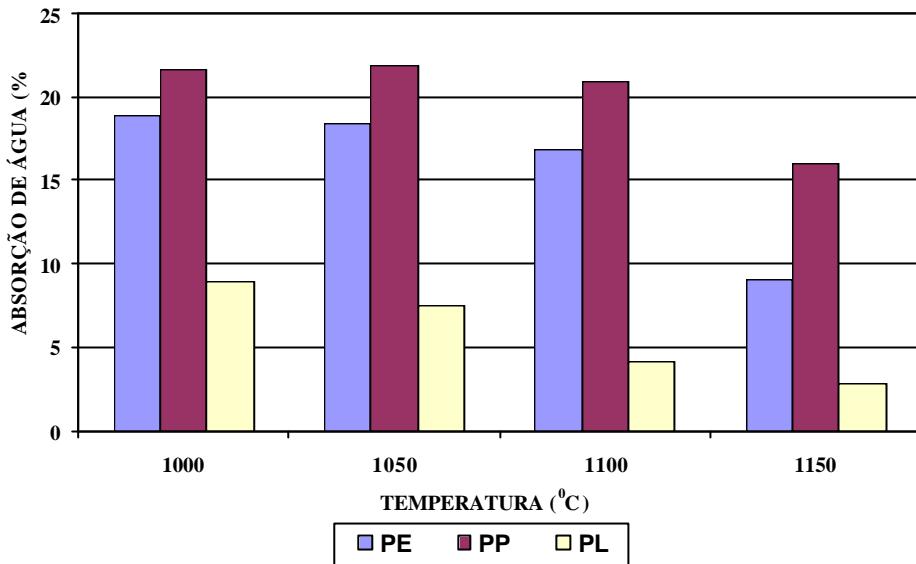


Figura 1 – Absorção de água em função da temperatura para os processos estudados.

A Figura 2 apresenta os valores da porosidade aparente em função da temperatura para todas as amostras estudadas. Como esperado, foi observada, uma redução da porosidade, com o aumento da temperatura, nas placas extrudadas e laminadas. Esta redução foi mais pronunciada nas temperaturas de 1100°C e 1150°C devido à formação da fase vítreia responsável pela redução da energia superficial e pelo fechamento dos poros. As placas laminadas apresentaram uma menor porosidade em toda a faixa de temperatura estudada, quando comparadas com as placas extrudadas e prensadas. Isso pode ser atribuído a uma melhor homogeneidade da massa o que favoreceu a distribuição mais uniforme dos poros.

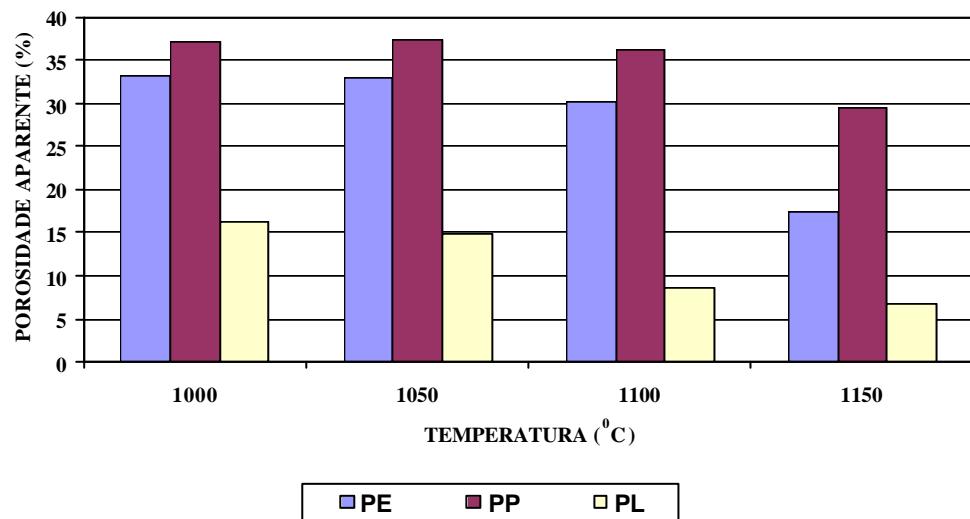


Figura 2 – Porosidade aparente em função da temperatura para os processos estudados.

Na Figura 3 são mostrados os resultados da retração linear como função da temperatura de queima. Observa-se um aumento na retração com o acréscimo da temperatura para todas as placas obtidas. A retração linear depende da densidade, composição da massa e das condições de queima. Ela define a estabilidade dimensional da peça após queima. Observa-se que as placas prensadas apresentaram uma melhor estabilidade dimensional quando comparadas com as placas laminadas e extrudadas. O baixo teor de umidade de conformação utilizado neste processo favoreceu esta propriedade.

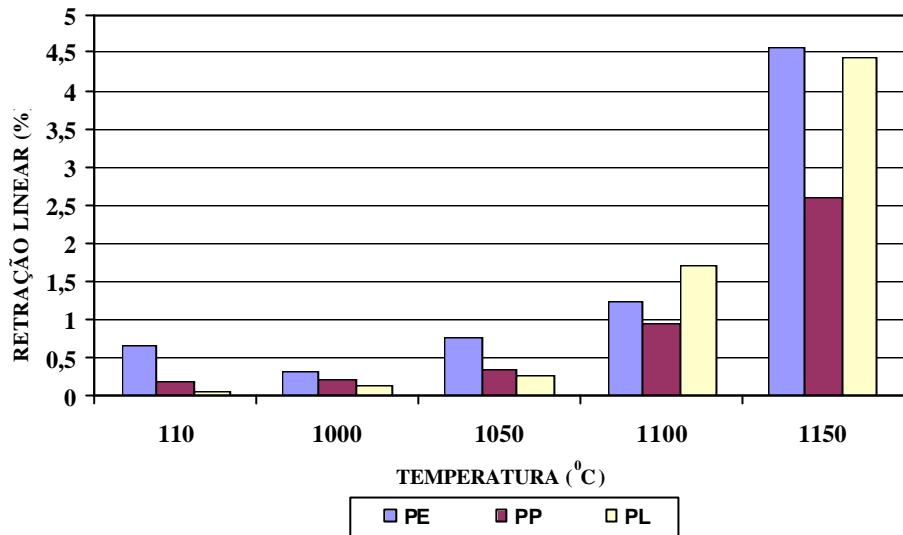


Figura 3 – Retração linear em função da temperatura para os processos estudados.

A Figura 4 apresenta os resultados da densidade aparente após queima das placas obtidas pelos processos de laminação, extrusão e prensagem. Observa-se que as placas apresentaram valores bastante variados para todos os processos estudados. Uma melhor densificação é obtida quando se aplica uma adequada pressão de compactação. O aumento da densidade durante a compactação é uma decorrência da deformação plástica dos grânulos que ao se deformarem passam a ocupar os espaços vazios que havia entre eles. A baixa densidade das placas prensadas pode ser atribuída a baixa pressão de prensagem, diminuindo a área efetiva de contato entre os grânulos. Deste modo, os aglomerados ou parte deles, que não tenham sido totalmente deformados durante a prensagem devido a sua baixa pressão e plasticidade, podem atuar como concentradores de tensão diminuindo a densidade da peça. As placas laminadas apresentaram uma maior densificação. Neste processo é possível variar a pressão de compactação através da abertura entre os rolos. Quanto menor a abertura de laminação maior grau de compactação é adquirido pela placa. O alinhamento das partículas durante a laminação também exerce influência sobre as propriedades das placas.

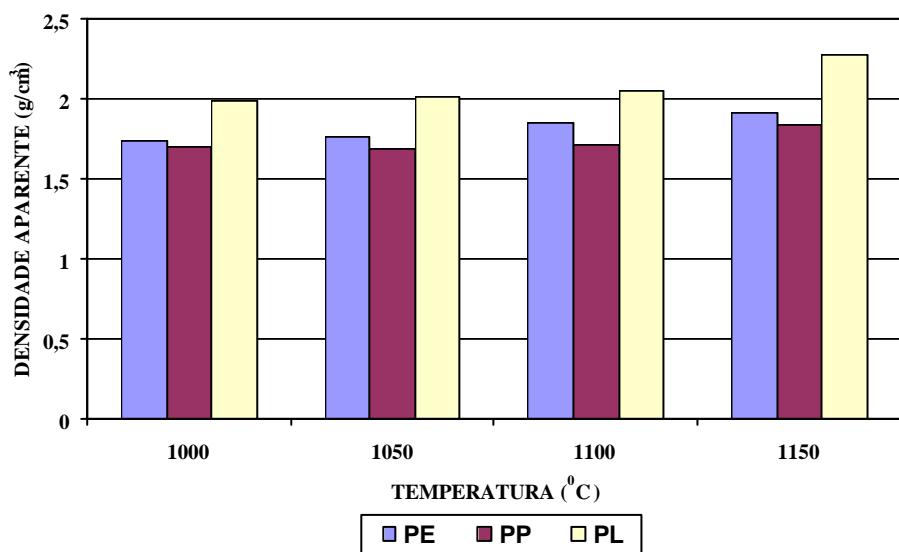


Figura 4 – Densidade aparente em função da temperatura para os processos estudados.

A Figura 5 apresenta os valores da resistência à flexão em função da temperatura. As placas laminadas e extrudadas apresentaram valores de resistência mecânica a seco, superiores aos das placas prensadas, o que já era esperado quando observados os valores da porosidade e da absorção de água destas placas. A resistência mecânica a seco das peças determina a sua resistência ao manuseio. Sob esse aspecto quanto maior for a resistência mecânica melhor é o compacto. Os defeitos estruturais presentes nos compactos são os espaços vazios entre as partículas, estes são responsáveis pela fratura dos compactos verdes. Foi observado um aumento na resistência, com o acréscimo da temperatura, o que está relacionado com maior grau de densificação. O módulo de ruptura à flexão apresenta melhores valores nas peças com maior grau de vitrificação, fator decorrente da diminuição da porosidade aparente das peças. As placas laminadas e extrudadas apresentaram resistências mais elevadas. A orientação preferencial que as partículas do pó assumem durante a extrusão e as características dos movimentos de laminação exercem influências sobre o deslizamento, empacotamento das partículas e formação da microestrutura, provocando um efeito positivo sobre as propriedades físico-mecânicas das placas.

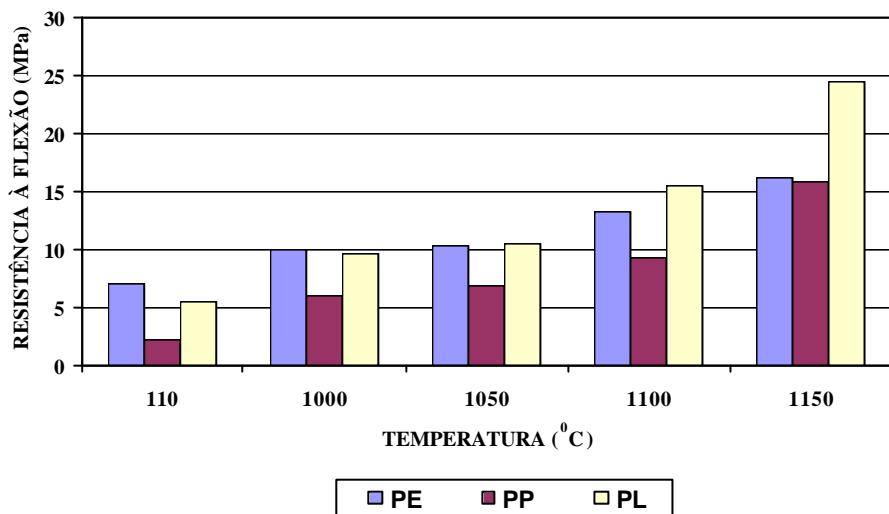


Figura 5 – Resistência à flexão em função da temperatura para os processos estudados.

#### 4. CONCLUSÕES

Do estudo realizado podem ser extraídas as seguintes conclusões:

Foram observadas diferenças entre as propriedades avaliadas nos diferentes processos de conformação empregados no estudo. A comparação entre os resultados permite identificar que as placas obtidas pelo processo de laminação apresentaram as melhores propriedades físico-mecânicas quando comparadas com as placas obtidas através dos processos de extrusão e prensagem;

As placas prensadas apresentaram uma melhor estabilidade dimensional quando comparadas com as placas laminadas e extrudadas. A elevada porosidade e absorção de água foram atribuídas a baixa pressão e umidade, dificultando a compactação e densificação das placas;

As placas laminadas apresentaram maior resistência à flexão, menor porosidade e absorção de água em toda a faixa de temperatura estudada. Neste processo é possível variar a pressão de compactação através da abertura entre os rolos. Quanto menor a abertura de laminação maior grau de compactação é adquirido pela placa. O alinhamento e movimento das partículas durante a laminação também exercem influência sobre as propriedades das placas.

## **5. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Cerâmica Cordeiro Nordeste pelo fornecimento da matéria prima utilizada no desenvolvimento deste trabalho.

## **6. REFERÊNCIAS**

- Barba, A., Beltran, V., Feliú, C., Garcia, J., Guinés, F., Sánchez, E., Sanz, V., 1997, Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas. Castellón: Instituto de Tecnología Cerâmica – AICE.
- Lipinsk, R.L., Gebhardt, F., 1994, Roll- Pressing of Ceramic bodies. Journal info ceramic forum International, v. 71, n. 8, pp. 467-469.
- Santana, L.N.L., 2002, Aplicação do processamento viscoplástico para a obtenção de placas cerâmicas laminadas. Florianópolis – Santa Catarina. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Curso de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC.
- Balzereit, J., Lipinsk, R.L., Rass, I., 1998, Roll Press: A New Variation for Shaping Tiles, Journal Info ceramic Forum International, v. 75, n. 3, pp. 111-114.
- Laboratório de Análises Minerais. Métodos de Análises Químicas, 1997, CCT/PRAI/UFPB, Campina Grande – PB.

## **7. DIREITOS AUTORAIS**

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

## **PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CERAMIC PLATES PRODUCED BY LAMINATING, PRESSING AND EXTRUSION PROCESSING**

### **Vilma Maria Sudério**

Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC-UD.CARIRI/JN – CEARÁ. Aluna de doutorado do CPGEPUFCG. Rua: Estelita Cruz, 537 – Alto Branco – Campina Grande-PB CEP 58100-271, e-mail: suderio@zipmail.com.br

### **Joyce Batista Azevedo**

Universidade Federal de Campina Grande – DEMa/UFCG. Av Aprígio Veloso,882 – Bodocongó – Campina Grande – PB, e-mail: joycebazevedo@yahoo.com.br

### **Robéria Lúcia Sousa Nunes**

Universidade Federal de Campina Grande – DEMa/UFCG. Av Aprígio Veloso,882 – Bodocongó – Campina Grande – PB, e-mail: roberialucia@bol.com.br

### **Lisiane Navarro de Lima Santana**

Universidade Federal de Campina Grande – DEMa/UFCG. Av Aprígio Veloso,882 – Bodocongó – Campina Grande – PB, e-mail: lisiane@dema.ufcg.edu.br

### **Gelmires Araújo Neves**

Universidade Federal de Campina Grande – DEMa/UFCG. Av Aprígio Veloso,882 – Bodocongó – Campina Grande – PB, e-mail: gelmires@dema.ufcg.edu.br

**Hélio de Lucena Lira**

Universidade Federal de Campina Grande – DEMa/UFCG. Av Aprígio Veloso,882 – Bodocongó – Campina Grande – PB, e-mail: helio@dema.ufcg.edu.br

**Abstract.** *The technological fabrication of ceramic plates is coming gradually improved and resulting in a great automation of the process with a better product quality. The conventional ceramic processing has limited possibilities to fabricate products with small thickness and low cost. Researches with laminated processing to obtain ceramic plates are been developed in the materials laboratory of Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa) from Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). The use of this technology is been studied to produce ceramic plates with thin thickness, to reduce the consumer of raw materials and energy. The aim of this work is to study the physical and mechanical properties of the ceramic plates produced by laminating and conventional ceramic processing. A typical ceramic paste was prepared with a fit consistency to the different processing. The plates were dry and sintering in a electrical kiln. I were measured the linear shrinkage, water content, apparent porosity, and flexural tensile strength. The results showed that the plates obtained by laminating process produce better physical and mechanical properties when compared with the conventional ceramic processing*

**Key-words:** *Ceramic, Physical and mechanical properties, Processing.*