

## A Minimização dos Impactos Ambientais Causados pela Produção de Cerâmica Vermelha com Utilização da Análise Racional para Formulações de Massa

**Sancha A. Vale<sup>a\*</sup>, M. L. Varela<sup>b</sup>, R. P. S. Dutra<sup>b</sup>,  
R. M. do Nascimento<sup>b,c</sup>, C. A. Paskocimas<sup>b,c</sup>, F. L. Formiga<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

<sup>b</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais

<sup>c</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – PPGEM  
CP 1524 Campus - Lagoa Nova, 59072-970 Natal - RN

\*e-mail: sanchavale@hotmail.com

**Resumo:** A produção de cerâmica vermelha é uma atividade industrial que provoca um intenso impacto ambiental. Os principais efeitos deletérios decorrentes desta atividade são a desertificação de florestas e serrados, devido ao uso irracional da lenha, a degradação do solo, devido a extração da argila e ainda a utilização de grandes áreas para deposição das peças rejeitadas. Estes problemas podem ser minimizados, indiretamente, reduzindo-se o desperdício por meio da análise racional mineralógica. Esta técnica pode ser usada para reduzir o desperdício das matérias-primas utilizadas na fabricação de cerâmica vermelha, permitindo determinar a composição de fases das argilas envolvidas no processo e formular, de posse dessas informações têm-se condições de formular massas de maneira a obter um produto final esperado e com o menor desperdício possível. O presente trabalho tem como objetivo informar de que maneira a análise racional além de melhorar a qualidade da cerâmica vermelha pode ser uma alternativa para a minimização dos impactos ambientais do processo produtivo.

**Palavras-chave:** *análise racional, impacto ambiental, cerâmica vermelha.*

### 1. Introdução

A indústria cerâmica constitui um setor de relevante importância nacional. Segundo os dados disponíveis, o setor de cerâmica vermelha faturou no ano de 2003 (base 2002) cerca de R\$ 4,2 bilhões<sup>1</sup>, com geração de 214.000 empregos diretos em quase 7.000 unidades produtoras. No Brasil, segundo Bustamante e Bressiani<sup>3</sup>, convencionou-se em definir o Setor Cerâmico em segmentos que se diferenciam pelos produtos obtidos e mais precisamente pelos Mercados aos quais estes se inserem.

Segundo a FIERN<sup>6</sup> existem no Brasil 11.000 empresas de cerâmica vermelha. O Estado do Rio Grande do Norte possui 159 empresas ativas, a maioria concentrada na região do Vale do Açu e emprega aproximadamente 5.500 pessoas, o equivalente a 5% de todo pessoal ocupado na indústria de transformação do RN e esta indústria produz 83 milhões de peças/mês, sendo 60% telhas e os outros 40% tijolos e lajotas.

O processamento da argila até o produto final é simples inicia-se com a extração da argila da jazida, acréscimo de água a argila, em seguida é homogeneizada, passa pela maromba onde as peças são moldadas, depois secas e queimadas.

A grande maioria das empresas é de gestão familiar tradicional, ou seja, o conhecimento foi adquirido de forma empírica. Com base nestes métodos empíricos determina-se a quantidade de água a ser acrescida a massa, a necessidade ou não de adição de outros materiais (beneficiamento) ou até a mistura com outras argilas, tudo isso na intenção de deixar a massa mais adequada para a fabricação do produto cerâmico e melhorar suas propriedades finais. A produtividade de 12.000 peças/homem/mês é insignificante em comparação com

a europeia de 200.000 peças/homem/mês. A mão de obra é em sua maioria semi-analfabeta sem utilização de profissionais formados para dirigir o processo de produção. Os problemas continuam no mercado consumidor que não exige produtos com especificações definidas, ocasionando a despreocupação dos fabricantes em adaptar suas empresas para demandas maiores, com dimensões padronizadas e qualidade assegurada<sup>8</sup>.

Este trabalho tem o objetivo de apresentar a análise racional como um instrumento para minimizar os impactos ambientais causados na indústria cerâmica, que servirá de base para ações de melhorias no meio ambiente.

### 2. Método de Pesquisa

O método adotado nesta pesquisa consiste numa revisão bibliográfica e de caráter exploratório dos principais impactos ambientais relacionados aos aspectos ambientais envolvidos na produção cerâmica, tais como: a utilização de lenha e a sua extração, uso de energia, utilização da água e deposição final do material, esses aspectos foram quantificados quanto ao seu uso no Estado do Rio Grande do Norte, em seguida foi estudado de que forma a análise racional poderia ser uma ferramenta para minimizar os impactos ambientais tanto de forma direta como de forma indireta.

Do ponto de vista da natureza da pesquisa é classificada como uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos úteis para a aplicação prática, dirigidos a solução de problemas específicos.

Quanto à forma de abordagem trata-se uma pesquisa qualitativa, pois não há utilização de métodos, nem técnicas estatísticas.

## 2.1. O processo de fabricação de cerâmica

O processamento industrial para produção de produtos cerâmicos estruturais, compreende várias etapas que começam na extração da argila na lavra. Esta etapa é iniciada pela retirada da vegetação superficial e escavação da argila na lavra. A mesma é transportada para armazenamento na indústria.

A argila então é umidificada acima do limite de plasticidade (geralmente entre de 20 e 25%), e processada em misturadores e homogeneizadores rústicos, sendo conformada a seguir em extrusora (marombas), quando adquirem as suas formas finais (blocos, lajes, lajotas, tubos) através da boquilha (molde) ou seguem para prensagem (telhas).

Após a extrusão, os blocos são empilhados e levados para a secagem à temperatura ambiente ou em estufas.

Os blocos secos são sinterizados em fornos e em seguida armazenados para a venda. Após o término da produção há a seleção dos materiais cerâmicos e aqueles que não estiverem visivelmente bons, são descartados a céu aberto.

## 2.2. Argila

O setor de cerâmica vermelha utiliza basicamente argila comum, em que a massa é tipo monocomponente - só argila, e pode ser denominada de simples ou natural, na concepção de Emiliani Corbara<sup>5</sup>. Essa formulação de massa busca, em geral, de forma empírica, uma composição ideal de plasticidade e fusibilidade, para propiciar trabalhabilidade e resistência mecânica na queima.

De acordo com Oliveira<sup>9</sup>, as matérias-primas dos tijolos e blocos cerâmicos são constituídas pelas argilas plásticas caulinitica-ilitica em camadas mista com matéria orgânica, óxidos e hidróxido de ferro e alumínio.

Segundo Oliveira<sup>9</sup>, para a fabricação dos tijolos e blocos cerâmicos, as argilas devem apresentar a propriedade de poderem ser moldadas facilmente e possuir um valor médio ou elevado de tensão ou módulo de ruptura à flexão antes e após queimar. A preparação da massa é feita geralmente através da mistura de uma argila “gorda”, que é caracterizada pela alta plasticidade, granulometria fina, e composição essencialmente de argilominerais; com uma argila “magra”, esta rica em quartzo e menos plástica, podendo ser caracterizada também como material redutor de plasticidade.

Uma empresa com base média típica do Nordeste<sup>1</sup>, com produção mensal de 530.000 peças, com 35 empregados, consome cerca de 1.100 toneladas de argila por mês. A lavra normalmente é explorada até sua exaustão, ficando normalmente, após sua utilização, a fossa escavada sem que seja dada uma destinação para sua utilização. As empresas normalmente não tem um plano de recuperação de áreas degradadas, de forma que a extração sem planejamento torna-se predatória.

## 2.3. Utilização da lenha

A energia utilizada na queima é obtida através das madeiras da região, sendo atualmente as mais disponíveis a jurema e a catin-gueira. Segundo Santos<sup>10</sup> são consumidos de 1,7 a 4,1 m<sup>3</sup> para cada 1000 peças, sendo o consumo médio de 2 m<sup>3</sup> de lenha na queima de 1000 peças (um milheiro). O consumo mensal médio de lenha é de 180.000 m<sup>3</sup> e de 3,2 m<sup>3</sup> para a mesma quantidade de lajotas e 2,5 m<sup>3</sup>, para a telha. A lenha utilizada é extraída por terceiros e comprada na cerâmica a um custo de R\$ 4,80/m<sup>3</sup>. Em 1998, para uma produção de 5,606 milhões de peças (36,8% de tijolos, 39,9% de lajotas e 23,3% de telhas), uma empresa consumiu 17.044 m<sup>3</sup> de lenha.

É observado um aumento do custo da aquisição de lenha ao longo dos anos, provocado pelo distanciamento dos locais de extração em relação a localização da cerâmica. Quanto ao desmatamento provocado pelo setor, representa 37.384 ha/ano, que corresponde a

52 m<sup>3</sup> de lenha, porém já ocorre dificuldade em se obter lenha em algumas áreas<sup>11</sup>.

Uma empresa de porte médio no Nordeste, queima 670 m<sup>3</sup> de lenha por mês ou cerca de 12 ha de matas por mês ou o equivalente, em área, a 14 campos de futebol (Anuário, 2003). Desde 1998, tem sido a meta dos órgãos ambientais em adaptar as indústrias de cerâmica vermelha do Rio Grande do Norte à utilização do gás natural, em substituição à lenha. No entanto, o objetivo tem sido dificultado em função do baixo custo da lenha. Esse preço (R\$ 8,00/m<sup>3</sup> em média), tem sido o grande empecilho na troca da matriz energética.

O custo direto aproximado, por fornada, em um forno intermitente para 8.000 tijolos de 190 x 190 x 90 mm é em média de R\$ 200,00 com lenha, podendo se elevar até R\$ 400,00 com o gás natural. Mas esta diferença não leva em consideração, que na queima à lenha, a produção de peças de 2ª e 3ª qualidades é maior e o desperdício de peças é muito superior ao da queima a gás natural. O consumo de lenha provoca ainda impactos ambientais indiretos como a perda da biodiversidade através da exploração de espécies nativas e a morte de animais que possuem o seu habitat na vegetação típica da caatinga.

## 2.4. Resíduo cerâmico

No processo de queima das telhas são produzidos três tipos de materiais, classificados de acordo com sua aceitação pelo mercado como de primeira (48,5%), de segunda (47,5%) e de terceira (4,0%). É preciso melhorar esta etapa do processo, pois com a redução das peças de terceira há um aumento da rentabilidade do processo. Há uma perda neste processo de 16,2%, se comparado com uma situação onde todas as telhas produzidas fossem de primeira, considerando-se os preços atuais de venda. Isto não ocorre com os tijolos e lajotas que são produzidos no mesmo padrão.

Nas etapas de manuseio e transferência das peças secas para os fornos, para o estoque e, por último na expedição, algumas peças são quebradas e os índices de quebra estão apresentados na Tabela 1. O percentual de quebras varia de um item para outro. Enquanto o tijolo tem um índice total de 2,28% e a lajota, 2,01%, que são índices aceitáveis, a telha tem 8,17%, que é um índice alto, que precisa ser reduzido. Ele reflete os maiores cuidados necessários para manusear este produto de *design* alongado que o torna mais frágil quando comparado com os outros itens<sup>6</sup>.

## 2.5. Água

Soares e Castilhos Junior<sup>11</sup> informa que na fabricação de cerâmica estrutural, a utilização da água como matéria prima ocorre essencialmente nas etapas de preparação da massa e conformação, sendo que a quantidade de água utilizada varia muito em função da umidade natural das argilas e da realização ou não do processo de sazonalidade, onde as argilas adquirem maior plasticidade pela exposição às condições ambientais de umidade (chuva e orvalho), necessitando, conseqüentemente, de menor adição de água durante a mistura.

## 2.6. Energia elétrica

Segundo Beltran e Martinez<sup>2</sup> a energia utilizada pela indústria cerâmica é de dois tipos: energia elétrica, principalmente para moagem, movimentação e queima, e energia térmica, para preparação de matérias-primas, secagem e queima das peças. A etapa central do processo cerâmico, a queima, é a principal consumidora de energia

**Tabela 1.** Índices de quebra no processo de manuseio/transferências.

Item	Peças quebradas/danificadas (%)			Total (%)
	Secagem/enforno	Desenforno	Expedição	
Tijolo	1,14	0,80	0,34	2,28
Lajota	0,27	1,40	0,32	2,01
Telha	1,79	5,32	1,05	8,17

térmica, com aproximadamente 50% do total. Finalmente, a energia térmica é utilizada para secagem das peças, numa etapa posterior à prensagem. O consumo elétrico encontra-se muito repartido entre as diferentes unidades produtivas, sendo os principais consumidores os moinhos, as prensas e os fornos.

Na fabricação de cerâmicas estruturais, o principal custo envolvido no processo é o custo energético dividido entre o custo de energia elétrica e o de energia térmica.

### 2.7. Análise racional

A falta de informações sobre argilas (composição mineralógica), principais matérias-primas utilizadas nas olarias, é um dos maiores problemas encontrados pelos produtores de cerâmicas como tijolo e telha. A maioria dos produtores de cerâmica faz uso de métodos artesanais, herdados de seus antepassados, para analisar a matéria-prima a ser empregada na fabricação de seus produtos. Com base nesses métodos empíricos, análises visual e tátil, determinam-se a quantidade de água a ser acrescida à massa, a necessidade ou não da correção da massa através da adição de outros materiais ou até a mistura com outras argilas, que foram analisadas pelos mesmos processos empíricos. A massa para fabricação de produtos cerâmicos é dita ideal quando a mesma cumprir as seguintes condições: a relação de materiais plásticos (no caso, argilominerais) com materiais não-plásticos de natureza diversa (quartzo, feldspato, carbonatos) deve ser tal que confira à massa cerâmica plasticidade suficiente para permitir a conformação e proporcionar adequada resistência mecânica a verde e a composição químico-mineralógica deve ser equilibrada tal que, no processo de queima, as transformações físico-químicas que ocorrem produzam as quantidades necessárias de fase vítrea, com viscosidade adequada; evite a deformação das peças, e confira ao produto acabado as características tecnológicas desejadas (coeficiente de dilatação, resistência mecânica, porosidade, etc)<sup>4</sup>.

A caracterização químico-mineralógica de argilas, e a determinação das propriedades que seus componentes atribuem às massas cerâmicas permitem estudar os beneficiamentos que devem ser feitos a uma massa cerâmica para alterar uma ou várias propriedades do corpo cerâmico, e melhorar as propriedades do produto final<sup>4</sup>.

Um dos caminhos que pode ser seguido para o melhor conhecimento das propriedades da matéria-prima é através do emprego de duas técnicas: análise química da matéria-prima e análise racional. As análises químicas por difração de raios X e fluorescência de raios X fornecem como resultados as fases presentes na argila e a relação dos elementos constituintes da argila com a sua proporção na forma de óxidos, respectivamente, e devem ser feitas em argilas na sua constituição natural. A segunda técnica trata da análise mineralógica racional de argilominerais, ou seja, através da combinação da análise química, qualitativa e quantitativa, onde os elementos são todos considerados existindo na forma de óxidos, têm-se informações suficientes para determinar a composição mineralógica das fases presentes na argila. Esta técnica tem como fundamento básico a resolução simultânea de equações lineares montadas para cada fase detectada por difração de raios X. A solução desse sistema linear dá-se por meio da sub-rotina  $A.X = B$ , utilizando o algoritmo dos mínimos quadrados não-negativos, proposto por Lawson, que fornece como resposta a provável constituição mineralógica, em percentual, dos constituintes da matéria-prima em questão.

A junção destas duas técnicas possibilita um estudo mais detalhado da matéria-prima analisada, onde poderá ser definida a necessidade ou não de um beneficiamento da argila e ainda se este

beneficiamento é viável ou não, economizando-se, desta forma, tempo e investimento financeiro.

## 3. Considerações Finais

Como pode ser observado em vários trabalhos encontrados na literatura, para se chegar a um produto de qualidade adequada, qualquer que seja a área de produção, deve-se ter conhecimento da matéria-prima que se está trabalhando. Com isso, fica mais fácil detectar qualquer eventualidade no decorrer dos processos de produção utilizados. De posse de formulações de massa pré-determinadas e com auxílio da análise racional todo o processo sofrerá uma racionalização que resultará em economia tanto financeira quanto dos recursos naturais, gerando minimização dos impactos ambientais negativos promovidos pelas indústrias cerâmicas e aumentando o lucro dos empresários.

Neste sentido, a análise racional pode ser utilizada como uma ferramenta adicional ao controle de processo, contribuindo para redução da porcentagem de perdas, melhoria dos parâmetros de processo, redução do consumo energético e melhoria das propriedades físicas e mecânicas de produtos cerâmicos. Estes fatores somados permitem no aumento da produtividade e diminuição do custo específico do produto final.

## 4. Agradecimentos

A CAPES, ao CNPq, ao SINDICERÂMICA e a FAPERN.

## Referências

1. Associação Brasileira de Cerâmica. **Anuário Brasileiro de Cerâmica**. v. 1, p. 05-08, 2003.
2. Beltran, J.V.L.; Martinez, G.C. Medidas para redução do consumo energético nos processos de produção de pavimentos e revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Informação** nº 2/3 Janeiro, Abril, 1999.
3. Bustamante, G.M.; Bressiani, J.C. A indústria cerâmica brasileira. **Cerâmica Industrial**, v. 5, n. 3, p. 31-36, 2000.
4. Coelho, C.; Roqueiro, N.; Hotza, D. Rational mineralogical analysis of ceramics. **Materials Letters**, v. 52, n. 6, p.394-398, 2002.
5. Emiliani, G.P.; Corbara, F. **Tecnologia cerâmica**. Faenza: Editoriale Faenza Editrice. v. 1, p. 63-65, 1999.
6. FIERN. **Perfil Industrial da Cerâmica Vermelha no Rio Grande do Norte**. Natal. 2001. Disponível em < <http://www.sindiceramica.com.br/v2/perfil.htm>> Acesso em 02 de março de 2004.
7. Chrispim Neto, J.P.; Sousa, T. R.; Leite, J. Y. P. **Caracterização tecnológica de argila para produção de tijolos vermelhos** - Amostra Beira Rio - Natal, 12p. Trabalho não publicado.
8. Mafra, A. T. **Proposta de Indicadores de desempenho para a indústria de cerâmica vermelha**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2000.
9. Oliveira, S. M. **Avaliação dos blocos e tijolos cerâmicos do Estado de Santa Catarina. Florianópolis**, 1993.136 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade de Santa Catarina. Engenharia Civil.
10. Santos S.; Zanoni T. S. **Conversão de Fornos Cerâmicos para Gás Natural - A Experiência do Ct-Gás no Rio Grande do Norte**. Disponível em: <[http://www.ctgas.com.br/materias/artigo\\_rio\\_oil\\_gas.html](http://www.ctgas.com.br/materias/artigo_rio_oil_gas.html)>. Acesso em 10 de Agosto de 2002.
11. Soares, S. R. **Análise do ciclo de vida de produtos (revestimento, blocos e telhas) do setor cerâmico da indústria de construção civil**. Disponível em: <<http://www.ciclodevida.ufsc.br/relatorio1.pdf>> Acesso em 13 de agosto de 2006.

# 51<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Cerâmica

3 a 6 de junho de 2007 - Bahia Othon Palace Hotel - Salvador - Bahia

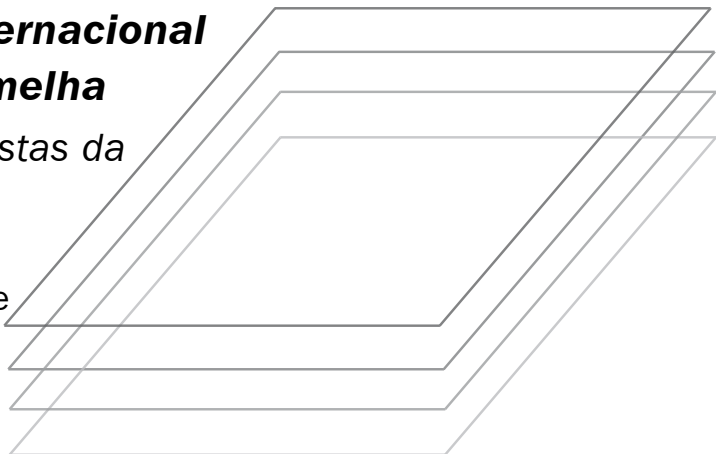


Uma extensa programação está sendo preparada para reunir o setor cerâmico (empresários, técnicos, professores, pesquisadores, artistas, fornecedores de matérias-primas, equipamentos e insumos). Nela constarão apresentações de trabalhos técnicos-científicos, palestras e painéis sobre Matérias-Primas, Design, Cerâmica Artística, Materiais de Revestimentos, Refratários, Esmaltes/Fritas/Corantes e outros temas de interesse. Também ocorrerá durante o Congresso:

- **I QUALICERAM - Seminário Internacional de Cerâmica Vermelha**

*Palestras com renomados especialistas da Itália, Colômbia e Brasil*

Para outras informações sobre o Evento consulte o Site: [www.abceram.org.br/asp/51cbc/](http://www.abceram.org.br/asp/51cbc/), onde breve estará disponível toda a programação.



## **ESTANDES E PATROCÍNIO**

### **PÓLO PRODUÇÕES**

(48) 3437-3070  
[comercial@poloceramico.com.br](mailto:comercial@poloceramico.com.br)

## **PASSAGENS E HOSPEDAGEM**

### **AUGUSTUS PASSAGEM E TURISMO**

(11) 2185-9999  
[augustus@augustus.com.br](mailto:augustus@augustus.com.br)

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA**

Tel/Fax: (11) 3768-7101 - 3768-4284

E-mail: [abceram@abceram.org.br](mailto:abceram@abceram.org.br)

Site: [www.abceram.org.br](http://www.abceram.org.br)