

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

**Sancha A. Vale^{a,*}, M. L. Varela^b, R. P. S. Dutra^b,
R. M. do Nascimento^{b,c}, C. A. Paskocimas^{b,c}, F. L. Formiga^b**

^aUniversidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

^bUniversidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais

^cUniversidade 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 bilhões¹, com geração de 214.000 empregos diretos em quase 7.000 unidades produtoras. No Brasil, segundo Bustamante e Bressiani³, 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 FIERN⁶ 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 assegurada⁸.

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 Corbara⁵. 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 Oliveira⁹, 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 Oliveira⁹, 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 Nordeste¹, 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 Santos¹⁰ são consumidos de 1,7 a 4,1 m³ para cada 1000 peças, sendo o consumo médio de 2 m³ de lenha na queima de 1000 peças (um milheiro). O consumo mensal médio de lenha é de 180.000 m³ e de 3,2 m³ para a mesma quantidade de lajotas e 2,5 m³, para a telha. A lenha utilizada é extraída por terceiros e comprada na cerâmica a um custo de R\$ 4,80/m³. 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 m³ 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 m³ de lenha, porém já ocorre dificuldade em se obter lenha em algumas áreas¹¹.

Uma empresa de porte médio no Nordeste, queima 670 m³ 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/m³ 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 itens⁶.

2.5. Água

Soares e Castilhos Junior¹¹ 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 Martinez² 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)⁴.

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 final⁴.

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

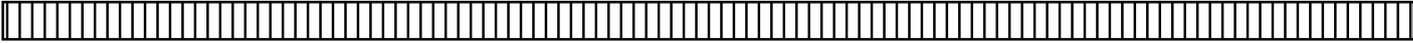
A CAPES, ao CNPq, ao SINDICERÂMICA e a FAPERN.

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>. 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^o Congresso Brasileiro de Cerâmica

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

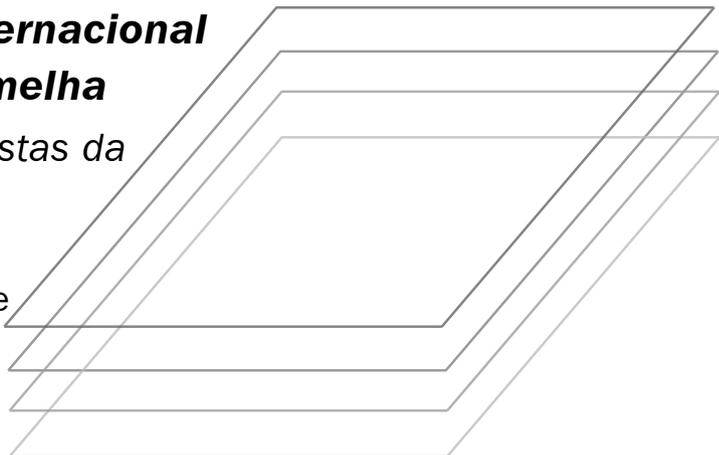


Uma extensa programação está sendo preparada para reunir o setor cerâmico (empresários, técnicos, professores, pesquisadores, artistas, fornecedores de matérias-primas, equipamentos e insumos). Nela constarão apresentações de trabalhos técnicos-científicos, palestras e painéis sobre Matérias-Primas, 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/, onde breve estará disponível toda a programação.



ESTANDES E PATROCÍNIO

PÓLO PRODUÇÕES

(48) 3437-3070
comercial@poloceramico.com.br

PASSAGENS E HOSPEDAGEM

AUGUSTUS PASSAGEM E TURISMO

(11) 2185-9999
augustus@augustus.com.br

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA

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

E-mail: abceram@abceram.org.br

Site: www.abceram.org.br