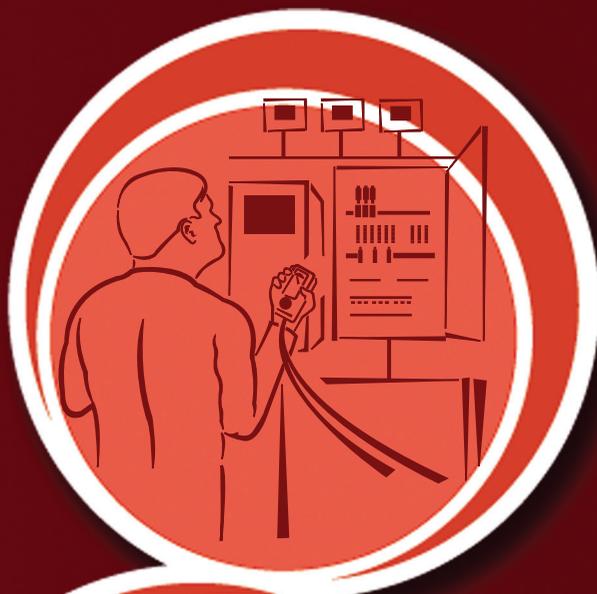


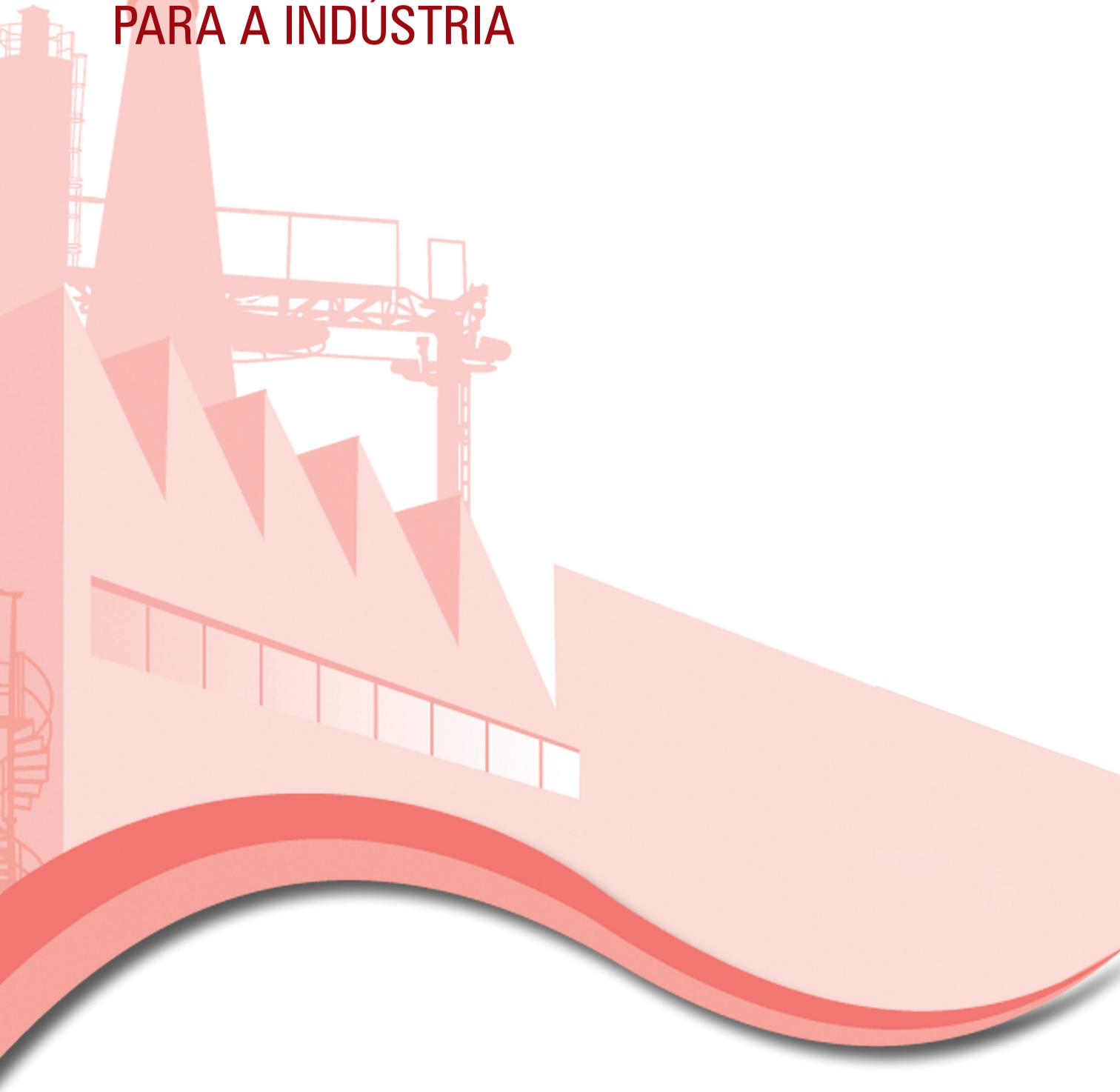
OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A INDÚSTRIA

RELATÓRIO SETORIAL
CERÂMICA

BRASÍLIA – 2010



OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A INDÚSTRIA



CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

Robson Braga de Andrade
Presidente em Exercício

Diretoria Executiva – DIREX

José Augusto Coelho Fernandes
Diretor

Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti
Diretor de Operações

Heloísa Regina Guimarães de Menezes
Diretora de Relações Institucionais

INSTITUTO EUVALDO LODI – IEL

IEL – Núcleo Central

Paulo Afonso Ferreira
Diretor-Geral

Carlos Roberto Rocha Cavalcante
Superintendente

ELETRORBRAS

José Antônio Muniz Lopes
Presidente

Ubirajara Rocha Meira
Diretor de Tecnologia

Fernando Pinto Dias Perrone
Chefe do Departamento de Projetos de Eficiência Energética

Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira
Chefe da Divisão de Eficiência Energética na Indústria e Comércio

OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A INDÚSTRIA

RELATÓRIO SETORIAL
SETOR CERÂMICO

MAURO DONIZETI BERNI
SÉRGIO VALDIR BAJAY
FILIPE D. GORLA

BRASÍLIA – 2010

© 2010. CNI – Confederação Nacional da Indústria.

CNI

Unidade de Competitividade Industrial – COMPI

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

Trabalho elaborado pela CNI em parceria com a Eletrobras, no âmbito do PROCEL INDÚSTRIA.

FICHA CATALOGRÁFICA

B528o

Berni, Mauro Donizeti

Oportunidades de eficiência energética na indústria: relatório setorial: setor cerâmico / Mauro Donizeti Berni, Sérgio Valdir Bajay, Filipe D. Gorla. – Brasília: CNI, 2010.

75 p.

ISBN 978-85-7957-008-7

1. Eficiência Energética 3. Cerâmica I. Bajay, Sérgio Valdir II. Gorla, Filipe D. III. Título IV. Título: setor industrial cerâmico

CDU: 336.226.46

CNI

Confederação Nacional da Indústria

Tels.: (61) 3317-9989 / 3317-9992

Setor Bancário Norte, Quadra 1, Bloco C, Edifício Roberto Simonsen, 70040-903, Brasília-DF

Tel.: (61) 3317- 9001, Fax: (61) 3317- 9994

<http://www.cni.org.br>

Serviço de Atendimento ao Cliente – SAC

Tels.: (61) 3317-9989 / 3317-9992

sac@cni.org.br

ELETROBRAS

Av. Presidente Vargas, 409, 13º andar, Centro, 20071-003, Rio de Janeiro RJ, Caixa Postal 1639

Tel 21 2514-5151

www.eletrobras.com

eletrobr@eletrobras.com

PROCEL

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

Av. Rio Branco, 53, 14º, 15º, 19º e 20º andares, Centro, 20090-004 Rio de Janeiro RJ

www.eletrobras.com/procel

procel@eletrobras.com

Ligação Gratuita 0800 560 506

PROCEL INDÚSTRIA

Eficiência Energética Industrial

Av. Rio Branco, 53, 15º andar, Centro, 20090-004, Rio de Janeiro RJ

Fax: 21 2514-5767

www.eletrobras.com/procel

procel@eletrobras.com

Ligação Gratuita 0800 560 506

LISTA DE FIGURAS

Figura 1

Cadeia produtiva do segmento industrial de revestimentos cerâmicos **18**

Figura 2

Etapas do processo de produção de revestimento cerâmico via úmida e os tipos de energia consumida **23**

Figura 3

Impactos ambientais das várias etapas produtivas dos segmentos de revestimentos cerâmicos e cerâmica vermelha **41**

Figura 4

Impactos ambientais envolvidos nas etapas de produção de revestimentos cerâmicos pela rota tecnológica denominada Via Seca **43**

Figura 5

Impactos ambientais envolvidos nas etapas de produção de revestimentos cerâmicos pela rota tecnológica denominada Via Úmida **44**

Figura 6

Sistema de co-geração da indústria cerâmica Pamesa, de Pernambuco **55**

Figura 7

Fluxograma do processo de fabricação de revestimentos cerâmicos, via úmida, com a indicação dos tipos de energia consumidos em cada etapa **56**

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1

Principais produtores mundiais de revestimentos cerâmicos, em milhões de metros quadrados **31**

Gráfico 2

Participação percentual da indústria cerâmica na formação do PIB no Brasil, de 1996 a 2005 **32**

Gráfico 3

Destino e percentual do valor das exportações brasileiras, em 2006 **34**

Gráfico 4

Consumo, em mil tep, dos energéticos utilizados na indústria cerâmica brasileira, de 1970 a 2006 **50**

Gráfico 5

Parcelas de mercado, em %, dos energéticos utilizados na indústria cerâmica brasileira, de 1970 a 2006 **51**

Gráfico 6

Parcelas de mercado, em %, dos energéticos utilizados na indústria cerâmica brasileira em 2006 **51**

Gráfico 7

Distribuição percentual, por usos finais, do consumo final de energia da indústria cerâmica no Brasil em 2006 **53**

Gráfico 8

Distribuição percentual, por usos finais, do consumo total de energia útil da indústria cerâmica no Brasil em 2006 **54**

Gráfico 9

Consumos e potenciais técnicos de conservação de energia térmica nos segmentos de revestimentos cerâmicos e de cerâmica vermelha, no Brasil, em 2007 **66**

Gráfico 10

Consumos e potenciais técnicos de conservação de energia elétrica nos segmentos de revestimentos cerâmicos e de cerâmica vermelha, no Brasil, 2007 **66**

Gráfico 11

Comparação entre os potenciais técnicos de conservação de energia na indústria cerâmica brasileira em 2007, segundo os cálculos deste relatório e as estimativas elaborados com base nos dados do BEU **67**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1

Principais produtores mundiais de revestimento cerâmico, em milhões de m² **17**

Tabela 2

Número de empresas e produção do segmento de cerâmica vermelha, em 2006 **24**

Tabela 3

Principais pólos de cerâmica estrutural por estados e municípios , em 2003 **25**

Tabela 4

Faturamento, exportações e empregos diretos gerados nos diversos segmentos da indústria cerâmica em 2003 **30**

Tabela 5

Valor adicionado da indústria cerâmica, em 10⁶ R\$ de 2005, de 1996 a 2005 **31**

Tabela 6

Comparação entre revestimentos cerâmicos e potenciais substitutos **33**

Tabela 7

Principais consumidores mundiais revestimento cerâmico, em milhões de m² **34**

Tabela 8

Exportações, vendas no mercado interno e capacidade instalada de revestimentos cerâmicos, em milhões de m² **35**

Tabela 9

Valor das exportações de revestimentos cerâmicos– Brasil e Estado de São Paulo, em milhões US\$ FOB **35**

Tabela 10

Distribuição da produção de revestimentos cerâmicos por região, em 2005 **36**

Tabela 11

Consumo, total (em milhões de m²) e per capita, de revestimentos cerâmicos por região, em 2006 **37**

Tabela 12

Número de empresas e produção do segmento de cerâmica vermelha em 2006 **38**

Tabela 13

Impactos ambientais envolvidos nas etapas de fabricação da indústria cerâmica **42**

Tabela 14

Pigmentos usados nos processos de decoração das peças cerâmicas **46**

Tabela 15

Valor adicionado (VA), consumo de eletricidade (CEL), intensidade elétrica (IEL), consumo de energia térmica (CET) e intensidade de energia térmica (IET) da indústria cerâmica no Brasil, de 1996 a 2005 **52**

Tabela 16

Distribuição percentual do consumo dos energéticos utilizados na indústria cerâmica no Brasil, por usos finais, em 2004 **52**

Tabela 17

Rendimentos médios de conversão, em %, estimados para 2004, dos energéticos consumidos na indústria cerâmica no Brasil **54**

Tabela 18

Consumos energéticos específicos de eletricidade e energia térmica, em GJ/t, por etapa do processo produtivo, via seca, em uma fábrica de revestimentos cerâmicos **57**

Tabela 19

Consumos específicos médios de gás natural, em GJ/t, em fornos, secadores e atomizadores de fabricantes de revestimentos cerâmicos **57**

Tabela 20

Potência elétrica média, em kW, encontrada por etapa do processo produtivo e porte dos fabricantes de cerâmica vermelha em Minas Gerais **58**

Tabela 21

Consumos energéticos específicos, em GJ/t, por produto e tipo de secagem em diversos fabricantes de cerâmica vermelha em Minas Gerais **59**

Tabela 22

Coefficientes de distribuição de energia, em % **64**

Tabela 23

Produção e consumos energéticos específicos **64**

Tabela 24

Potenciais técnicos de conservação de energia em 2006, estimados por segmento cerâmico **65**

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ANFACER: Associação Nacional dos Fabricantes Cerâmicos

ANICER: Associação Nacional de Cerâmica Vermelha

ASPACER: Associação Paulista de Revestimentos Cerâmicos

BEN: Balanço Energético Nacional

BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CETESB: Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo

FIESP: Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

MME: Ministério de Minas e Energia

ton: tonelada

SECEX-MDIC: Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

2 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA 15

- 2.1 Introdução 16
- 2.2 O segmento de revestimentos cerâmicos 17
 - 2.2.1 *Produtos, matérias primas e produção* 17
 - 2.2.2 *Etapas do processo produtivo* 18
 - 2.2.2.1 *Preparação da massa* 19
 - 2.2.2.2 *Formação da peça* 19
 - 2.2.2.2.1 *Prensagem* 19
 - 2.2.2.2.2 *Tratamento térmico: secagem, esmaltação e queima* 20
 - 2.2.2.3 *Os processos via úmida e via seca* 21
- 2.3 O segmento de cerâmica vermelha 23
 - 2.3.1 *Produtos, matérias primas e produção* 23
 - 2.3.2 *Etapas do processo produtivo* 25
 - 2.3.2.1 *Preparação da massa* 26
 - 2.3.2.2 *Conformação* 26
 - 2.3.2.3 *Secagem* 26
 - 2.3.2.4 *Queima* 26

3 CARACTERIZAÇÃO ECONÔMICA 29

- 3.1 O segmento de revestimentos cerâmicos 30
 - 3.1.1 *Valor adicionado, faturamento, exportações e empregos gerado* 30
 - 3.1.2 *Competitividade* 32
 - 3.1.3 *Consumo brasileiro e mundial* 33
 - 3.1.4 *Exportações, vendas internas e capacidade instalada* 34
 - 3.1.5 *Distribuição geográfica e consumo regional* 36
 - 3.1.6 *Perspectivas de crescimento* 37
- 3.2 O segmento de cerâmica vermelha 38

4 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL 39

- 4.1 Introdução 40
- 4.2 O segmento de revestimentos cerâmicos 42
 - 4.2.1 *Insumos* 45
 - 4.2.1.1 *Água* 45
 - 4.2.1.2 *Energia* 45
 - 4.2.1.3 *Matérias-primas tóxicas* 45
 - 4.2.2 *Impactos ambientais* 46
 - 4.2.2.1 *Emissões gasosas e de material particulado* 46
 - 4.2.2.2 *Ruído e vibrações* 47
 - 4.2.2.3 *Efluentes líquidos* 47
 - 4.2.2.4 *Resíduos sólidos* 47
- 4.3 Segmento de cerâmica vermelha 47

5 CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA 49

- 5.1 Introdução 50

- 5.2 Consumo de energia na indústria cerâmica **50**
- 5.3 Intensidade elétrica e intensidade térmica na indústria cerâmica **52**
- 5.4 Distribuição dos consumos de energia final e energia útil por usos finais **52**
- 5.5 Auto-produção de energia elétrica **54**
- 5.6 Consumos energéticos específicos e sua distribuição por etapas do processo de fabricação de revestimento cerâmico **55**
- 5.7 Consumo de energia na fabricação de cerâmica vermelha **58**

6 METODOLOGIA DE CÁLCULO DE POTENCIAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 61

7 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DO POTENCIAL TÉCNICO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA 63

- 7.1 Consumo específicos de energia térmica e eletricidade **64**
- 7.2 Potenciais técnicos de conservação de energia **65**
- 7.3 Potencial de conservação de energia segundo o BEU **66**

8 BARREIRAS AO USO RACIONAL DE ENERGIA 69

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS 71

REFERÊNCIAS 73

1 Introdução

1 Introdução

Novos programas de conservação de energia no setor industrial que envolvem não só tecnologias mais eficientes, mas também novos arranjos gerenciais e melhores hábitos de consumo, têm sido adotados em inúmeros países. Tais programas visam otimizar o perfil e o mix do consumo de forma a diminuir tanto os gastos com energia, quanto os impactos ambientais associados ao consumo dela e garantir a competitividade, em um mercado globalizado, cujo principal requisito é a qualidade dos produtos com sustentabilidade.

Neste contexto, para o Brasil, ganha relevância o setor industrial cerâmico, grande consumidor de energia térmica em sua cadeia produtiva, com forte penetração no mercado internacional. A expansão da exportação de revestimentos cerâmicos alavanca o desenvolvimento da indústria extrativa mineral e da construção civil, tendo multiplicadores também nos setores de serviços e comercial.

Com tais premissas, este trabalho mostra o panorama do setor industrial cerâmico brasileiro, através da sua caracterização técnica, econômica, ambiental e energética. Inclui também os resultados de simulações de potenciais técnicos¹ de conservação de energia e a metodologia adotada, comparados com valores encontrados na literatura técnica e as prováveis barreiras para atingir aqueles potenciais, visando a utilização da melhores tecnologias disponíveis para a indústria cerâmica mundial.

Paralelamente ao desenvolvimento teórico do trabalho, participou-se de feiras industriais de tecnologia cerâmica e reuniões de trabalho, associações patronais, incluindo visitas técnicas a plantas selecionadas, constatando-se o importante papel da inovação tecnológica e do uso de novas fontes de energia para a competitividade e a garantia de qualidade de seus produtos, visando a expansão dos atuais mercados consumidores. Além disso, busca-se o aprimoramento tecnológico, favorecendo o estabelecimento e a consolidação de estratégias de diferenciação de produtos “amigos” do meio ambiente.

É consensual para os principais players do setor cerâmico, que a adoção de estratégias empresariais focadas na inovação e uso das melhores tecnologias disponíveis, tem significado a promoção e a diversificação da matriz energética, menor consumo de água e energia no processo produtivo. Estes itens associados à uma melhor gestão eleva a produtividade, traduzindo-se em uma maior competitividade do setor nos mercados.

Da avaliação dos resultados obtidos neste trabalho, surge como principal recomendação a necessidade de forte atuação conjunta: Estado e o setor industrial, tendo em vista alternativas para a viabilização dos potenciais técnicos de conservação de energia, através de ações e do aperfeiçoamento da Política Industrial brasileira. O principal foco são as novas orientações e demandas que o setor industrial, e em particular, a indústria cerâmica, poderá vir desempenhar após 2012, quando um novo regramento deverá surgir em substituição ao Protocolo de Kyoto. Neste novo status quo para a sustentabilidade, é certo que com as novas metas a serem pactuadas, países emergentes, como o Brasil, serão chamados a dar suas contribuições de forma efetiva para a sustentabilidade do planeta. O setor industrial cerâmico, com certeza será chamado a dar sua contribuição no abatimento de emissões e geração de resíduos no âmbito do setor industrial brasileiro.

¹ Potenciais técnicos são aqueles que levam em consideração apenas as restrições tecnológicas para serem implementados.

2 Caracterização Técnica



2 Caracterização Técnica

2.1 Introdução

A indústria cerâmica é formada por um conjunto bastante heterogêneo de empresas. A abundância de matérias-primas naturais, fontes alternativas de energia e disponibilidade de tecnologias embutidas nos equipamentos industriais fizeram com que as plantas brasileiras evoluíssem rapidamente e muitos tipos de produtos dos diversos segmentos cerâmicos, atingissem níveis de qualidade mundiais, com apreciáveis quantidades exportadas. Seus diferentes segmentos consomem uma diversidade de substâncias minerais in natura ou beneficiadas, cujas variedades empregadas dependem do tipo de produto e da localização da planta.

A produção de matérias-primas cerâmicas é feita, em sua maioria, por empresas de pequeno e médio porte, de capital nacional. As minerações mais organizadas, que produzem matérias-primas com qualidade e regularidade, estão geralmente associadas a empresas multinacionais ou, algumas vezes, constituem-se em unidades autônomas ligadas à indústria de revestimento.

O Brasil dispõe de importantes jazidas de minerais industriais de uso cerâmico, cuja produção está concentrada principalmente nas regiões Sudeste e Sul, onde estão localizados os maiores pólos cerâmicos do País. No entanto, outras regiões têm apresentado certo desenvolvimento dessa indústria, em especial a Região Nordeste, devido ao significativo crescimento do setor de turismo, com a construção de inúmeros hotéis, e consequente aumento na demanda de materiais cerâmicos, principalmente dos segmentos ligados à construção civil.

Entre as diversas substâncias minerais consumidas, destacam-se, em razão do volume de produção atingido, as argilas de queima vermelha, ou argilas comuns, que respondem pelo maior consumo, sendo especialmente utilizadas no segmento industrial da cerâmica vermelha, ou estrutural, e no segmento industrial dos revestimentos cerâmicos. Tais argilas são caracterizadas como matérias-primas de baixo valor unitário, o que não viabiliza o seu transporte a grandes distâncias, condicionando a instalação de unidades industriais cerâmicas nas proximidades das jazidas.

A indústria cerâmica é bastante diversificada e pode ser dividida nos seguintes segmentos: revestimentos cerâmicos; cerâmica vermelha ou estrutural; materiais refratários; louça sanitária e de mesa; isoladores elétricos e térmicos; cerâmica artística e filtros cerâmicos de água para uso doméstico.

Os segmentos de revestimentos cerâmicos e de cerâmica vermelha serão destacados dada a sua importância relativa, dentro desta indústria, tanto em termos econômicos como de consumo energético.

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de revestimento cerâmico, após a China, Itália e Espanha. A maioria das plantas do segmento de revestimento cerâmico concentra-se geograficamente nas regiões Sul e Sudeste, formando quatro pólos regionais:

- Criciúma (SC);
- Grande São Paulo (SP);
- Mogi Guaçu (SP);
- Cordeirópolis/Santa Gertrudes (SP).

No caso do segmento da cerâmica vermelha ou estrutural, os principais pólos industriais estão situados nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Minas Gerais E Rio Grande do Norte.

2.2 O segmento de revestimentos cerâmicos

2.2.1 Produtos, matérias primas e produção

A indústria de revestimentos cerâmicos é formada por um segmento da indústria de transformação, capital-intensivo, inserido no ramo de minerais não-metálicos, que tem como atividade principal a produção de pisos e azulejos. A Figura 1 mostra a cadeia produtiva da indústria de revestimentos cerâmicos.

Os revestimentos cerâmicos utilizam uma grande variedade de matérias-primas, que podem ser agregadas em duas categorias principais: os materiais argilosos e os não-argilosos. Os materiais argilosos apresentam uma grande variedade de tipos e composições utilizadas na produção da massa (“barbotina”). São empregadas misturas de diversos tipos e características distintas, que resultam na composição desejada. Já os materiais não-argilosos são utilizados em misturas com argilas, quando estas não os contêm. Servem para formar o esqueleto do corpo cerâmico (“biscoito”), ou para promover a fusão da massa.

Os compostos minerais normalmente utilizados são o quartzo, feldspato e calcário. Para a produção de esmaltes, empregados no acabamento do revestimento, utilizam-se, também, outros compostos minerais, que constituem seus três componentes básicos: elementos fundentes como o chumbo, magnésio, cálcio e sódio, elementos opacificadores e refratários, que determinam as propriedades finais do revestimento, e os elementos vítreos, que formam o corpo do esmalte, casos do quartzo e feldspato.

O segmento de revestimentos cerâmicos se caracteriza por um grande consumo de rochas e minerais industriais para a composição das massas cerâmicas. Considerando que, para a produção de cada metro quadrado de revestimento cerâmico, é necessário entre 15 a 20 kg de matérias-primas minerais, a produção brasileira de 2006 requereu, aproximadamente, 10,4 Gt de matérias-primas. Estima-se que, deste montante, tem-se uma perda de 6% no processo produtivo (ASPACER, 2007).

Além dos insumos minerais, têm-se os fornecedores de esmaltes e corantes. O emprego de esmaltes nos revestimentos cerâmicos fica entre 0,5 e 0,8 kg por metro quadrado, equivalendo 386 Mt de esmaltes em 2006 (ASPACER, 2007). Os corantes conferem diferentes tonalidades de cores aos esmaltes.

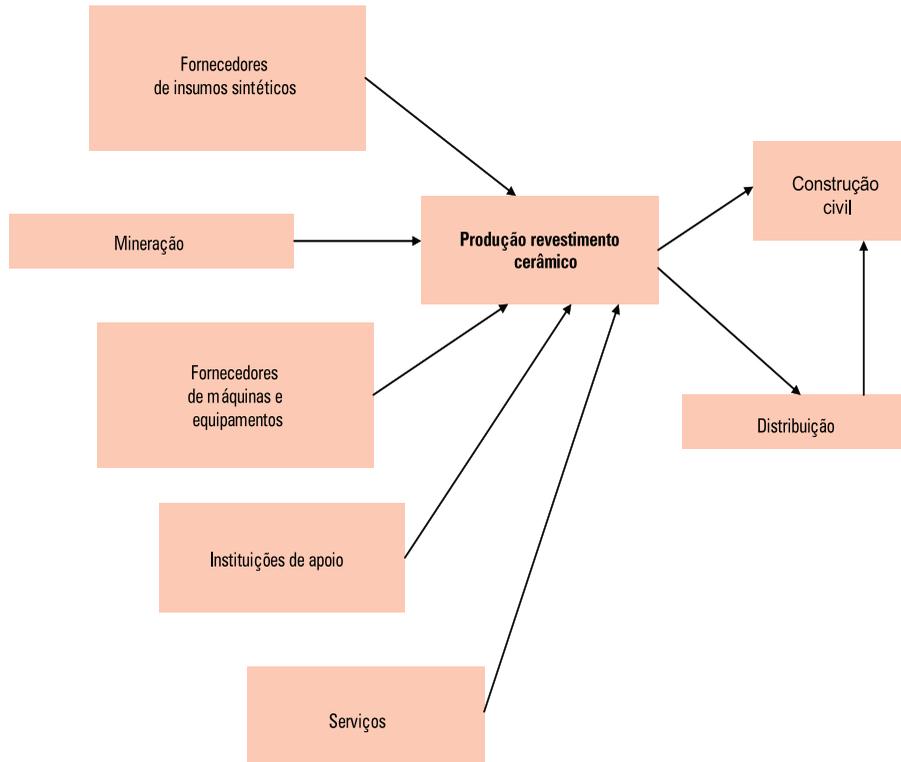
Os maiores produtores mundiais, representados por China, Espanha, Brasil, Itália e Índia, atingiram uma produção de 6,14 bilhões de metros quadrados de revestimentos cerâmicos em 2006, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1

Principais produtores mundiais de revestimento cerâmico, em milhões de m²

País/Ano	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2005/06(%)
Brasil	428	453	473	508	534	566	568	594	4,5
China	1600	1807	1810	1868	1950	2200	3100	4000	29,0
Espanha	602	621	638	651	624	635	648	660	1,8
Índia	85	97	109	150	190	270	303	320	5,6
Itália	606	632	638	606	603	601	572	570	0,3
Total	3321	3610	3666	3783	3901	4272	5191	6144	18,1

Fonte: Disponível em: <www.anfacer.org.br>; BNDES (2006)



Fonte: BNDES, 2006

Figura 1
Cadeia produtiva do segmento industrial de revestimentos cerâmicos

2.2.2 Etapas do processo produtivo

Na indústria cerâmica tradicional, grande parte das matérias-primas utilizadas é natural e obtida por mineração. Desta forma, a primeira etapa de redução de partículas e de homogeneização das matérias-primas é realizada na própria mineração, sendo que, após esta fase, a matéria-prima ainda deve ser beneficiada - desagregada ou moída -, classificada de acordo com a granulometria e, muitas vezes, também purificada na indústria cerâmica.

O transporte de matérias-primas da mineração para o processamento é realizado por via rodoviária ou ferroviária, porém, dependendo de suas características e de seu grau de processamento, podem ainda permanecer estocadas em pátios a céu aberto, para maturação, por cerca de seis meses. Durante esse tempo, ocorre a decomposição da matéria orgânica presente na camada de solo, tornando a matéria-prima mais pura e homogênea para entrada no processo. Em alguns casos são utilizados armazéns para as matérias-primas, que são subdivididos em boxes, silos de armazenamento e secagem.

A transferência destas matérias-primas para o processo é feita por meio de guias, correias transportadoras, elevadores de cubeta, transportadores helicoidais, transportadores pneumáticos e esteiras, de acordo com as características do material, como granulometria, resistência ao atrito e ao escoamento, temperatura, quantidade e espaço disponível, e outros.

O processo produtivo, propriamente dito, tem início somente após essas operações. As etapas deste processo são descritas nas seções a seguir.

2.2.2.1 *Preparação da massa*

As massas ou pastas cerâmicas são constituídas a partir da composição de duas ou mais matérias-primas, além de aditivos e água. Dessa forma, uma das etapas fundamentais do processo de fabricação de produtos cerâmicos é a dosagem das matérias-primas e aditivos, que deve seguir com rigor as formulações de massas previamente estabelecidas. As matérias-primas devem ser adicionadas em proporções controladas, bem misturadas e homogeneizadas, de modo a conseguir a uniformidade física e química da massa. A garantia da homogeneidade da composição da massa depende do peso seco de cada matéria-prima envolvida, sendo necessário, portanto, o controle de umidade dos componentes.

Os diferentes tipos de massas são preparados de acordo com a técnica a ser empregada para dar forma às peças e, de um modo geral, podem ser classificadas em:

- Suspensão, também chamada de barbotina – que é uma solução de argila para obtenção de peças em moldes de gesso ou resinas porosas;
- Massas secas ou semi-secas, na forma sólida e granulada, para obtenção de peças por prensagem;
- Massas plásticas, constituída de um sólido maleável, para obtenção de peças por extrusão, seguida ou não de prensagem.

O processo de trituração da matéria-prima na mineração fornece tamanhos de partícula de, aproximadamente, 2 mm. Porém, para conseguir uma maior redução de granulometria - partículas de diâmetro de 1 mm, faz-se necessário o uso de moinhos. Desta forma, a massa cerâmica é encaminhada aos moinhos por meio de esteiras, geralmente por gravidade.

Nos moinhos é realizada a moagem, juntamente com água, dando origem à barbotina. Existem várias tecnologias de moinhos, cada uma com suas características específicas. Por exemplo, no moinho de bolas a massa cerâmica é introduzida em cilindros de aproximadamente 2,0 m de diâmetro e 2,5 m de comprimento, que giram na posição horizontal, apoiados em dois eixos nas extremidades. Na parte interna, encontram-se esferas responsáveis pela moagem do material. Os moinhos de rolos são empregados extensamente na indústria pesada da argila para desintegrar, aplainar e homogeneizar as partículas de argila. O equipamento consiste em rolos que giram verticalmente posicionados, operando dentro de um anel exterior ao equipamento. A pressão é desenvolvida entre o rolo e o anel por ação centrífuga. A massa cerâmica pode ser introduzida no moinho com ou sem água, até atingir a granulometria necessária. No moinho de martelos, consegue-se uma redução de tamanho das partículas por força de impacto. As matérias-primas no moinho são quebradas quando golpeadas por martelos, que giram rapidamente em seu interior. O moinho corredor de borda é apropriado para reduzir o tamanho das partículas de matérias primas plásticas. As bandejas com base perfurada asseguram a definição dos tamanhos das partículas, enquanto que as bandejas molhadas têm a função de permitir o controle de água no material.

2.2.2.2 *Formação da peça*

Existem diversos processos para dar forma às peças cerâmicas, e a seleção de cada um deles depende fundamentalmente das características do produto, tais como geometria e dimensões deste, propriedades das matérias-primas, fatores econômicos e outros. A transformação das matérias-primas em um corpo de forma geométrica desejada pode ocorrer por meio de quatro processos principais: prensagem, secagem, esmaltação e queima.

2.2.2.2.1 *Prensagem*

A prensagem consiste na conformação de massas granuladas com baixo teor de umidade por meio de uma prensa, sendo usada, primordialmente, na produção de pisos e revestimentos, embora não se restrinja a esta aplicação.

No caso específico da cerâmica de revestimento por via úmida, antes da prensagem, a massa cerâmica, na forma de barbotina, passa pelo processo de atomização. Nesta etapa do processo, a barbotina é encaminhada por tubulações até o atomizador - torre de secagem, que consiste em um cilindro dotado de bicos pulverizadores em sua periferia interna, por onde são borrifadas as gotas da barbotina. O spray da solução se mistura a um jato de ar quente, em torno de 700°C, obtido através da queima de um combustível, como o gás natural, por exemplo, resultando em uma massa granulada semi-seca, que é encaminhada para a prensagem.

Existem diversos tipos de prensas, porém as mais utilizadas na manufatura de produtos cerâmicos são as prensas mecânicas. Elas são carregadas com um volume pré-ajustado de massa cerâmica, na qual é aplicada uma pressão - geralmente de cima para abaixo - por pistões, dirigidos pela ação de um dispositivo mecânico e ajudados por volantes.

Têm-se, também, as prensas hidráulicas, mais modernas. Estas prensas propiciam uma elevada produtividade e são de fácil ajuste. Muitas são providas de unidades de controle eletrônico, que aferem a altura das unidades e ajustam automaticamente o ciclo para assegurar a uniformidade do tamanho, permitindo ajustes para uma variedade de exigências, inclusive para dar formas a peças mais complexas.

Por fim, vale citar as prensas isostáticas, que promovem uma prensagem uniforme em toda a superfície, exigida em alguns produtos de alta qualidade, com densidade uniforme. A parte superior da prensa é revestida por uma membrana polimérica e uma camada interposta de óleo, que distribui a pressão de modo uniforme sobre toda a superfície do revestimento cerâmico a ser prensado.

Outra aplicação da prensagem isostática que vem crescendo é a fabricação de determinadas peças do segmento de louça de mesa.

2.2.2.2 Tratamento térmico: secagem, esmaltação e queima

Após a etapa de formação, as peças, em geral, ainda contêm uma grande quantidade de água, proveniente da preparação da massa. Para evitar tensões e, conseqüentemente, defeitos nas peças - como trincas, bolhas, empenos, etc - é necessário eliminar essa água de forma lenta e gradual até um teor suficientemente baixo, de 0,8 a 1,5% de umidade residual. O calor de secagem é fornecido por queimadores. A secagem pode ser realizada em dois tipos de secadores: verticais ou horizontais. Comparativamente, os secadores verticais ocupam menos espaço e operam de forma mais flexível em relação às variações de umidade da peça, mas os secadores horizontais consomem menos energia em função da melhor disposição das peças em seu interior e da menor massa a ser aquecida (FIESP/Cetesb, 2006).

A aplicação dos esmaltes no revestimento cerâmico pode ser realizada de diferentes maneiras, e sua escolha depende da forma, tamanho, quantidade e estrutura das peças, incluindo também o efeito que se deseja obter na superfície esmaltada. Entre estas técnicas pode-se citar: imersão, pulverização, campânula, cortina, disco, gotejamento e aplicação em campo eletrostático. Em muitas indústrias, e dependendo do segmento cerâmico, o setor da esmaltação é totalmente automatizado.

Muitos materiais também são submetidos a uma decoração, a qual pode ser feita por diversos métodos como serigrafia, decalcomania, pincel e outros. Nestes casos são utilizadas tintas que adquirem suas características finais após a queima das peças. A decoração através de telas - silkscreen - é uma das técnicas mais difundidas, devido à facilidade da aplicação nas linhas de vitrificação. A técnica consiste em imprimir a decoração por meio de uma ou mais telas que contém aberturas apenas na região do desenho a ser reproduzido e por onde as tintas penetram pela força de um rolo, imprimindo, assim, a figura desejada na superfície da cerâmica. Outra forma de decoração bastante utilizada é a de rolo, que consiste numa seqüência de três rolos por onde as peças passam e recebem a decoração.

O processo de queima, conhecida também por sinterização, ocorre em seguida à secagem e à esmaltação. Na fase de queima, os produtos adquirem suas propriedades finais, sendo de fundamental importância na fabricação dos produtos cerâmicos. A eficiência desta etapa depende do desenvolvimento das propriedades finais destes produtos, como o brilho, cor, porosidade, estabilidade dimensional, resistência à flexão, ao gretamento, a altas temperaturas, à água, ao ataque de agentes químicos, e outros.

Desta forma, após a redução da umidade e o recebimento da camada de esmalte, as peças são encaminhadas para fornos contínuos ou intermitentes e submetidas a um tratamento térmico entre 800°C e 1.700°C. Em função do tipo de produto, o ciclo de queima nas três fases pode variar de alguns minutos até vários dias. Durante esse tratamento ocorre uma série de transformações em função dos componentes da massa, tais como: perda de massa, desenvolvimento de novas fases cristalinas, formação de fase vítrea e a soldagem dos grãos.

As reações provocadas nas várias etapas do ciclo de queima constituem a base das seguintes conversões físicas e químicas:

- Até 100°C: eliminação da água livre não eliminada totalmente na secagem;
- Até 200°C: elimina-se a água coloidal, que permanece intercalada entre as pequenas partículas de argila;
- De 350 a 650°C: combustão das substâncias orgânicas contidas na argila;
- De 450 a 650°C: decomposição da argila com liberação de vapor;
- 570°C: rápida transformação do quartzo;
- Acima de 700°C: reações químicas da sílica com a alumina, formando sílico-aluminatos complexos que dão ao corpo cerâmico suas características de dureza, estabilidade, resistência física e química;
- De 800 a 950°C: carbonatos se decompõem e liberam CO₂;
- Acima de 1000°C: os sílico-aluminatos que estão em forma vítrea começam a amolecer, assimilando as partículas menores e menos fundentes, dando ao corpo maior dureza, compatibilidade e impermeabilidade.

Os fornos utilizados podem ser do tipo contínuo - câmaras Hoffmann, fornos tipo túnel ou de rolamento, ou intermitentes.

2.2.2.3 Os processos via úmida e via seca

De acordo com a Anfacer (2007), 65% da produção brasileira de revestimentos cerâmicos resultam do processo de via seca e 35% do processo de via úmida.

O processo via úmida envolve a seguinte sequência de atividades:

- a) mistura de várias matérias-primas (argilas, materiais fundentes, talco, carbonatos etc.), que são moídas e homogeneizadas em moinhos de bolas, em meio aquoso;
- b) secagem e granulação da massa em *spray dryer* (atomizador);
- c) conformação, decoração e queima.

Na rota da via úmida, a seleção das matérias-primas busca dar cor branca ou clara aos produtos.

A Figura 2 ilustra as etapas do processo de produção via úmida e indica os tipos de energia – elétrica ou térmica – utilizados em cada uma delas.

No processo por via seca, as placas cerâmicas são produzidas por um processo de moagem a seco das

matérias-primas, por moinhos de martelo e pendulares e, depois, levemente umidificada para a prensagem.

De uma maneira geral, o processamento dos produtos por via úmida se diferencia da via seca somente na etapa de moagem, que, na via seca, não se utiliza água, dispensando assim, a presença do atomizador. Portanto, a Figura 2 pode representar o processo produtivo da via seca quando se exclui a etapa de atomização.

As vantagens da rota tecnológica de preparação da massa via seca, em relação à via úmida, estão nos menores custos energéticos e de manutenção das instalações e no menor impacto ambiental.

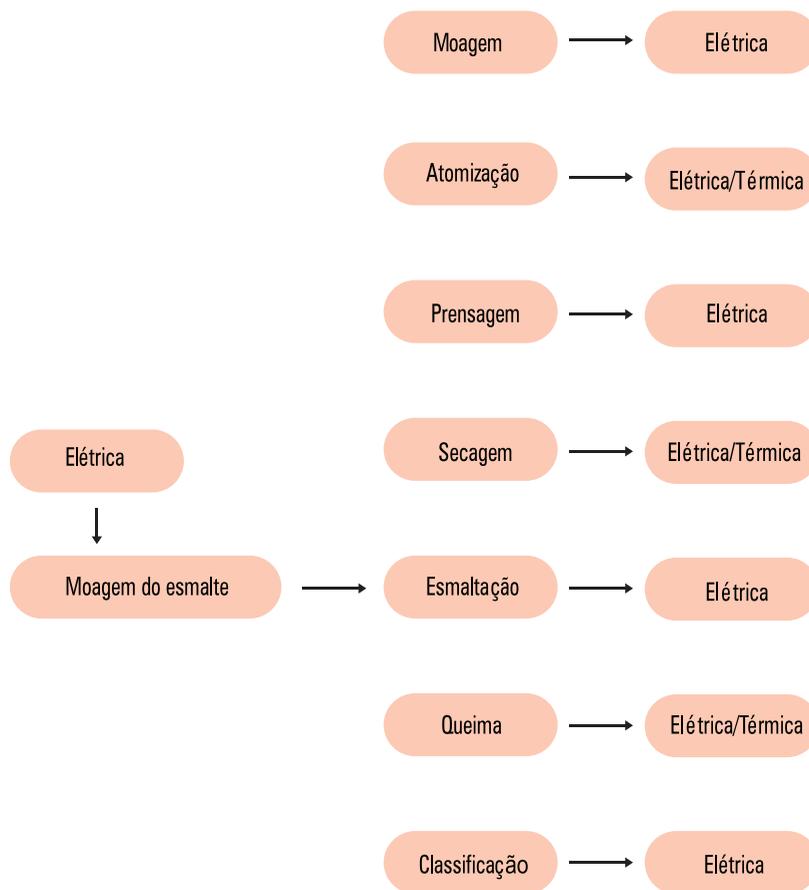
As etapas do processo produtivo que mais consomem energia nesta rota tecnológica são a queima e secagem, respectivamente 74,2% e 21,3% do consumo total de energia em uma planta padrão. O restante da energia consumida, 4,5% do total, está distribuído entre as outras etapas.

No entanto, a via seca possui alguns limites tecnológicos. Não permite obter granulometria comparável ao da via úmida, não processa uma mistura com vários componentes de natureza diversa simultaneamente, porque a agregação das partículas ocorre de maneira diferente, e ainda apresenta problemas na prensagem, em relação ao material atomizado (BNDES, 2006).

Apesar de todos os investimentos em tecnologia, principalmente em moinhos de altíssima eficiência e sucessivos processos de granulação, assim como parcerias com empresas italianas, o pó produzido por via seca continua apresentando características diferentes daquele que se obtém por via úmida. A principal diferença está na sua menor fluidez, o que acarreta problemas, principalmente no que diz respeito a absorção de água nas peças cerâmicas, além de outros defeitos como:

- a) **eflorescência**, que é causada pelo excesso de umidade na parede ou contrapiso, com aparecimento de manchas brancas ou escuras na superfície das peças, ou entre os rejuntas;
- b) **gretamento**, que acontece quando o esmalte se rompe devido à incompatibilidade de dilatação entre a base e o esmalte, agravada pela variação de umidade e temperatura;
- c) **desgaste prematuro do esmalte**, que é causado por especificação errada na produção.

A rota tecnológica da via úmida é mais complexa, pois a massa pode ser composta por uma mistura de diferentes tipos de argilas que, adicionadas à água, formarão uma massa mais uniforme quando comparada à massa obtida através do processo de via seca. Ela também apresenta um grande potencial para co-geração na fase inicial da preparação de massa.



Fonte: (ALVES; MELCHIADES; BOSCHI, 2007)

Figura 2
Etapas do processo de produção de revestimento cerâmico via úmida e os tipos de energia consumida

2.3 O segmento de cerâmica vermelha

2.3.1 Produtos, matérias-primas e produção

Os produtos de cerâmica vermelha são fabricados a partir de matérias-primas compostas de 25 a 70% de argilas e teor variável de 3,5 a 8%, de óxido de ferro, elemento que lhe confere a coloração avermelhada após a queima, originando o nome de cerâmica vermelha. É também conhecida como cerâmica estrutural, porque seus produtos compõem a estrutura de edificações.

As argilas utilizadas para a fabricação de cerâmica vermelha são a argila plástica, popularmente conhecida como massapé, de origem aluvionar, a argila vermelha, popularmente conhecida por barro vermelho, e argilas ocre, normalmente com características refratárias. Essas últimas são, principalmente, os silicatos

de alumina hidratados denominados argilo-minerais contendo elementos alcalinos terrosos e ferro. As argilas contêm, ainda, matéria orgânica, sais solúveis e partículas minerais de quartzo, pirita e mica, entre outros.

Os produtos da cerâmica vermelha são classificados em função do processo de fabricação utilizado, sendo dois os principais: produtos extrudados e produtos prensados.

Entre os produtos extrudados, podem-se citar os blocos de vedação ou tijolos furados, lajotas de forro, manilhas e tijolos maciços, entre outros. As empresas produtoras de cerâmica vermelha possuem uma grande variedade de produtos extrudados, devido à facilidade de substituição das boquilhas das extrusoras. É o que ocorre, por exemplo, no caso de tijolos de 6, 8, 9 ou 10 furos, retangulares ou redondos. No caso dos produtos prensados, têm-se, entre os mais representativos, as telhas e ladrilhos de piso, entre outros.

A produção de cerâmica vermelha é uma atividade de base, ao possibilitar a construção civil, em geral, desde a mais simples à mais sofisticada. Distribui-se por todo o País, muito pulverizada, em micro e pequenas empresas.

A grande maioria das empresas é de gestão simples e familiar tradicional, nas quais a agregação de equipamentos modernos e de novos processos produtivos, mais sustentáveis, ocorre de uma forma muito lenta no tempo.

O segmento industrial de cerâmica vermelha, que tinha um perfil essencialmente artesanal até o final da década de 1960, experimentou um acelerado processo de industrialização, com uma grande expansão da produção nos anos subsequentes, a partir da implementação dos grandes programas habitacionais no País. No Brasil, existiam, em 2006, aproximadamente 5,5 mil empresas de cerâmica vermelha (Tabela 2).

Tabela 2

Número de empresas e produção do segmento de cerâmica vermelha, em 2006

	nº aproximado de empresas	Partic. (%)	Produção/mês	Consumo argila (mil ton/mês)
Blocos/tijolos	3600	65,0	4,0 bilhões peças	7800
Telhas	1900	34,5	1,3 bilhão peças	2500
Tubos	12	0,50	325 km	-
Total	5512	100	-	-

Fonte: ANICER, 2007

As entidades representativas deste segmento industrial veem como fundamental a necessidade de investimentos na melhoria de qualidade e produtividade. A materialização desta tendência ocorre, todavia, com uma velocidade aquém da desejável. Observa-se a adoção de novas técnicas de gestão, novos equipamentos e uma atuação forte na melhoria do desempenho energético dos fornos de blocos cerâmicos estruturais e de telhas. Bustamante e Bressiani (2000) e dados da Anicer (2006) mostram que o segmento de cerâmica vermelha processava, em 2000, 60 milhões de toneladas de matérias-primas por ano. Por conta de desenvolvimento tecnológico, em 2006, viu-se duplicada a capacidade produtiva, quando foram processadas mais de 120 milhões de toneladas.

Entretanto, mesmo com esta forte expansão produtiva, o Brasil ainda apresenta uma baixa produtividade, mostrando existir espaço para uma maior atuação na elevação da produtividade, inserção de novas tecnologias de processos e novas opções energéticas. 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 ainda é, em sua maioria, semi-analfabeta. Os problemas continuam no mercado consumidor, que não é muito exigente com os produtos e suas especificações. Este fato acaba ocasionando a despreocupação de

alguns fabricantes em adaptar suas empresas para demandas maiores, com dimensões padronizadas e qualidade assegurada, para a permanência nos mercados (Disponível em: <www.anicer.com.br>).

A Tabela 3 apresenta os principais pólos produtores de cerâmica vermelha no País.

Tabela 3
Principais pólos de cerâmica estrutural por estados e municípios, em 2003

Estados					
São Paulo	Paraná	Santa Catarina	Rio de Janeiro	Minas Gerais	Rio Grande do Norte
Avanhandava	Costa Oeste	Blumenau	Campos dos Goytacazes	Araguari	Vale do Açu
Barra Bonita	Imbituva	Criciúma	Itaboraí	Monte Carmelo	
Bariri	Ponta Grossa	Região Oeste			
Campinas	Prudentópolis				
Cordeirópolis	Região Norte				
Itu					
Itapira					
José Bonifácio					
Jaboticabal					
Mogi Guaçu					
Ourinhos					
Palmital					
Panorama					
Paulicéia					
Santa Gertrudes					
Sorocaba					
Tambaú					
Tatuí					
Vargem Grande do Sul					

Fonte : Elaborado a partir de Castro e Pacheco (2005)

2.3.2 Etapas do processo produtivo

De uma forma geral, o processo produtivo de uma planta de cerâmica vermelha pode ser dividido em quatro etapas distintas:

- A preparação de massa;
- A conformação;
- A secagem;
- A queima.

Estas etapas são sucintamente descritas a seguir.

2.3.2.1 *Preparação da massa*

A matéria-prima extraída da jazida é armazenada em pátios da produtora de cerâmica, sendo utilizada somente após um período aproximado de 8 a 12 meses. Durante este período, a argila é revolvida por pás carregadeiras, que proporcionam a retirada de gases e produtos voláteis de sua constituição.

2.3.2.2 *Conformação*

Uma carregadeira retira a matéria-prima do pátio, enviando-a ao caixão alimentador, onde é feita a dosagem, em função das características da matéria-prima e do produto a ser feito.

Após a dosagem, as matérias-primas são conduzidas por uma correia transportadora, que as descarrega em um desintegrador, para trituração e homogeneização da massa cerâmica.

Em seguida, a massa cerâmica é transportada por correias ao moedor/misturador, quando é adicionado água até que a massa cerâmica formada tenha a umidade e a plasticidade requeridas pela extrusão ou prensagem.

2.3.2.3 *Secagem*

Nesta etapa, reduz-se o teor de umidade dos produtos de 20 a 25 por cento, após a extrusão ou prensagem. Fundamentalmente existem dois métodos de secagem: a natural e a artificial.

A secagem natural é feita expondo-se os produtos ao ar livre, em pátios cobertos ou não, com ventilação natural ou forçada, através de ventiladores. Por seu turno, a secagem artificial dá-se em equipamentos aos quais é fornecido calor proveniente diretamente da queima de um fonte de energia. A temperatura de secagem é normalmente da ordem de 100 a 120°C. À disposição do segmento de cerâmica vermelha existem várias concepções construtivas de secadores como: secador estático tipo câmara, secador túnel contínuo e secador túnel semi-contínuo. Outros tipos também são utilizados, porém em escalas menores devido, principalmente, ao alto custo de implantação e/ou baixa produtividade. São os secadores de balancins, secadores a rolos e secadores rotativos.

2.3.2.4 *Queima*

Esta etapa dá aos produtos de cerâmicas vermelhas suas características finais típicas, como resistência, cor, etc., graças a uma série de transformações estruturais e químicas que ocorrem quando as argilas são submetidas ao calor.

A operação de queima deve ser conduzida obedecendo-se à chamada curva de queima, que descreve a evolução da temperatura das peças cerâmicas com o tempo. No geral, a temperatura de queima é da ordem de 750 a 900°C para tijolos, 900 a 950°C para telhas e de 950 a 1200°C para tubos cerâmicos.

Os fornos utilizados e sua fonte de energia estão atrelados ao porte das instalações, tipo e qualidade do produto, matérias-primas e fatores econômicos, bem como a disponibilidade do combustível. A operação dos fornos pode ser intermitente, ou contínua.

Entre os principais tipos de fornos empregados em plantas produtoras de cerâmica vermelha tem-se:

I) **tipo caieira**: possui um baixo rendimento e gera produtos de qualidade inferior. Utiliza lenha como fonte de energia e é muito utilizado em olarias e cerâmicas muito pequenas;

II) **tipo abóbada:** de chama reversível, permite a retenção de calor. Sua capacidade varia de 10 a 50 mil quilos. Gera produtos de boa qualidade. É empregada, via de regra, na produção de telhas. Utiliza normalmente a lenha como fonte de energia, podendo ser, no entanto, adaptado para queima de óleo combustível e gás natural. Ao final da queima, ventiladores insuflam ar frio dentro do forno;

III) **tipo garrafão:** difere do abóboda pelo tipo de chaminé;

IV) **forno alber ou paulistinha:** possui capacidade de 70 mil quilos e ciclo de queima de 80 horas. Sua principal fonte de energia é a lenha. Eletricidade pode ser utilizada em ventiladores insufladores de ar para dentro do forno;

V) **forno Hoffmann:** sua principal inovação é a existência de câmaras e o aproveitamento de gases de escape. Possui um sistema de ciclo de carga com ajuste simultâneo da secagem, pré-aquecimento, queima e resfriamento; daí ser chamado de fogo móvel. Esta tecnologia permite um melhor controle da queima, produzindo produtos uniformes e a menores temperaturas do que fornos similares. Sua capacidade pode variar de 8500 a 70000 tijolos/telhas por batelada. Além disso, propicia pequena perda de rejeito. Por outro lado, apresenta um alto custo de implantação e este tipo de forno queima somente óleo combustível ou gás natural.

3 Caracterização Econômica



3 Caracterização Econômica

Conforme apresentado na caracterização técnica, aqui também, apresenta-se os principais dados e informações econômicas referente aos segmentos de revestimentos cerâmicos e cerâmica estrutural do setor industrial cerâmico.

3.1 O segmento de revestimentos cerâmicos

3.1.1 Valor adicionado, faturamento, exportações e empregos gerados

A Tabela 4 mostra o faturamento, as exportações e os empregos diretos gerados pelos segmentos constituintes da indústria cerâmica em 2003, segundo dados da Associação Brasileira de Cerâmica.

Tabela 4
Faturamento, exportações e empregos diretos gerados nos diversos segmentos da indústria cerâmica em 2003

Segmento	Faturamento (bilhões R\$)	Mão-de-obra direta	Exportações (milhões US\$)
Revestimento cerâmico	3,9	22.170	251
Cerâmica vermelha	4,2	214.000	0
Materiais refratários	1,0	n.d.	n.d.
Louça sanitária e mesa	n.d.	6.000	30
Isoladores elétricos e térmicos	n.d.	1.700	13
Cerâmica artística	n.d.	n.d.	n.d.
Filtros cerâmicos	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. = não disponível

Fonte: Disponível em: <www.abceram.org.br/asp/abc_288.asp>

O faturamento e a geração de emprego, ao lado do grande potencial de penetração do gás natural, nos segmentos de revestimento cerâmico e de cerâmica vermelha foram variáveis chaves para o destaque dado aos mesmos, comparativamente aos demais segmentos, neste trabalho. Além disso, o segmento de revestimento cerâmico é aquele em que ocorre uma maior agregação tecnológica, notadamente através da rota tecnológica da via úmida, tornando-o competitivo em uma escala global.

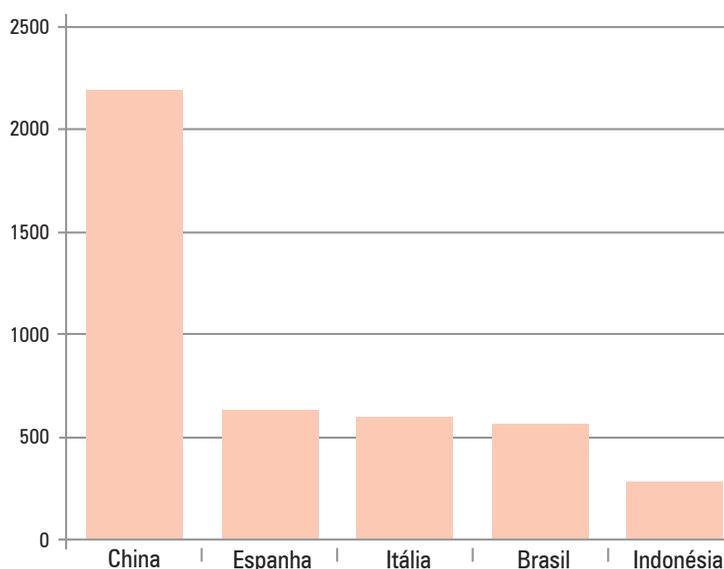
Em 2006, a produção mundial de revestimentos cerâmicos foi da ordem de 8 bilhões de m². A China é o maior produtor mundial, com uma participação de 50%, e também líder no consumo. No ranking mundial de produção, dados de 2006, dão conta de que a Espanha situa-se em 2º lugar, com cerca de 8,2% da produção mundial, seguida pela Itália, Brasil e Indonésia. A China é o maior produtor mundial de revestimentos cerâmicos (Gráfico 1).

A Tabela 5 mostra a evolução, de 1996 a 2005, do Valor Adicionado (VA) da indústria cerâmica brasileira, em R\$ constantes de 2005. O decréscimo médio anual do VA desta indústria, neste período, foi de -0,5% a.a., que contrasta mesmo com o fraco crescimento médio do PIB no período em questão de - 2,4% a.a..

Tabela 5
Valor adicionado da indústria cerâmica, em 10⁶ R\$ de 2005, de 1996 a 2005

1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2.881	3.337	2.960	2.571	2.420	2.149	2.309	2.501	3.404	2.754

Fonte: Disponível em: <www.ibge.gov.br>



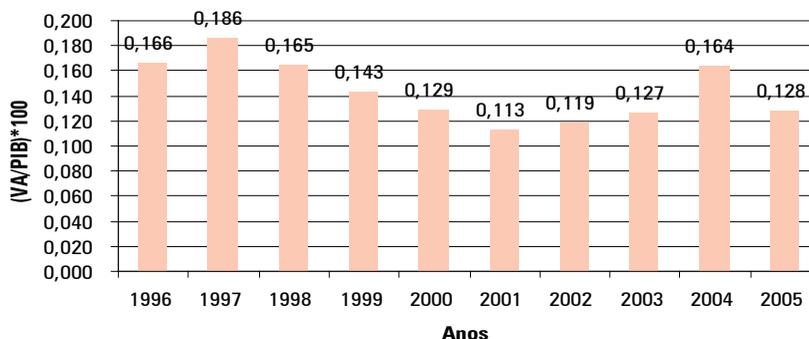
Fonte: ASPACER, 2008, (Disponível em: <www.aspacer.com.br>)

Gráfico 1
Principais produtores mundiais de revestimentos cerâmicos, em milhões de metros quadrados

A maioria das plantas do segmento de revestimento cerâmico concentra-se geograficamente nas regiões Sul e Sudeste, enquanto no segmento da cerâmica vermelha os pólos industriais estão situados em vários estados, cabendo destacar o maior número de plantas no Estado de São Paulo.

De acordo com a Anfacer (Disponível em: <www.anfacer.org.br>), os segmentos de louça sanitária e de mesa conta com nove empresas no País, responsáveis por 16 plantas, sendo seis no Estado de São Paulo, duas no Estado de Minas Gerais, três no Estado de Pernambuco e duas no Estado da Paraíba. Os estados do Espírito Santo, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro possuem uma única planta cada. O segmento responde por 6.000 empregos diretos. A louça sanitária brasileira é de boa qualidade, sendo exportada principalmente para América do Sul e Central e para os Estados Unidos.

O gráfico 2 ilustra como evoluiu, no período de 1996 a 2005, a participação da indústria cerâmica na formação do PIB nacional. Pode-se observar, nesta figura, que houve uma diminuição nesta participação, de 0,166% em 1996 para 0,128% em 2005, com uma média de 0,144% ao longo deste período.



Fonte: Elaboração própria, com dados do IBGE

Gráfico 2
Participação percentual da indústria cerâmica na formação do PIB no Brasil, de 1996 a 2005

3.1.2 Competitividade

Nos últimos anos, a indústria de revestimentos cerâmicos, assim como outros segmentos industriais, tem sofrido os efeitos da globalização da economia que, ao mesmo tempo em que mostra novas oportunidades de mercado, também apresenta ameaças às empresas participantes de um dado mercado nacional.

Neste sentido, aspectos como nível de atividade da economia, desenvolvimento de produtos substitutos, desempenho da indústria da construção civil, eficiência em logística, legislação ambiental e utilização de fonte de energia mais adequada, entre outros, são importantes variáveis a serem equacionadas em um mercado globalizado. Neste contexto, a competitividade nos mercados tem favorecido o crescimento da produção de revestimentos cerâmicos.

Não menos importante, tem sido a agregação de significativos avanços tecnológicos, permitindo às empresas aumentar a produtividade dos seus recursos e melhorar a qualidade dos produtos, além de possibilitar a certificação técnica de produtos e atender às demandas do mercado.

Especificamente no Brasil, o segmento de revestimentos cerâmicos mantém uma posição nos mercados que resulta da heterogeneidade de custos, dos diferenciais de qualidade e da diferenciação de produtos. Desta forma, a liderança nacional ocorre tanto pelo custo quanto pela diferenciação do produto (BNDES, 2006).

Quanto à diversidade do parque industrial cerâmico, no segmento de revestimentos identificam-se dois casos. O primeiro é detectado nos pólos industriais do Estado de Santa Catarina, Grande São Paulo e Mogi Guaçu (SP), resultante de esforços de modernização do processo de produção e da introdução de novas formas organizacionais, resultando no oferecimento de uma linha de produtos sofisticados e de alto padrão de qualidade, para faixa de mercado com nível de renda elevado. Este grupo de empresas é predominantemente formado por plantas cerâmicas que utilizam a rota tecnológica de produção através do processo de via úmida.

O segundo caso ocorre com as plantas que utilizam a rota tecnológica da via seca, sendo representadas por plantas existentes no pólo industrial de Cordeirópolis/Santa Gertrudes, no Estado de São Paulo.

Os produtos oriundos do processo de via seca competem através dos níveis de custo, com as estratégias de produção sendo direcionadas para o aumento da produtividade e a racionalização da produção, dando ênfase à utilização de canais tradicionais de distribuição e vendas.

Um outro aspecto importante, em termos de mercado, é constituído pelas possibilidades de ampliação dos mercados para os revestimentos cerâmicos, na medida em que é usado no lugar dos mármore e granitos, do carpete, dos pisos de PVC, dos pisos de borracha e do taco de madeira, entre outros.

A Tabela 6 mostra uma comparação entre os revestimentos cerâmicos e seus potenciais substitutos, nos mercados.

Tabela 6
Comparação entre revestimentos cerâmicos e potenciais substitutos

	Limpeza e higiene	Incombustibilidade	Impermeabilidade	Resistência das cores	Compressão	Indeformabilidade	Durabilidade
RC esmaltado	5	5	5	5	5	5	5
RC não esmaltado	3	5	4	4	5	5	4
Pisos PVC	4	1	5	2	4	4	3
Carpete	1	1	1	1	2	2	2
Mármore e granito	3	5	5	5	5	5	4
Pisos de borracha	3	1	5	4	4	4	3
Tacos de madeira	3	1	3	3	2	2	3

Fonte: Aspacer (2007); BNDES (2006)

3.1.3 Consumo brasileiro e mundial

Na Tabela 7 pode-se observar que, no ano de 2006, dos cinco maiores consumidores mundiais de revestimentos cerâmicos, os chineses demandaram 2960 milhões de metros quadrados, com crescimento de 18,4% em relação a 2005. Os EUA são o maior importador mundial de revestimentos cerâmicos. Depois de um crescimento continuado de aproximadamente 10% ao ano, entre 1999 a 2005, as importações declinaram em 2006, em cerca de -2,1%, afetando a produção brasileira. Aproximadamente 30% da produção brasileira de revestimentos cerâmicos têm como destino os Estados Unidos.

Tabela 7
Principais consumidores mundiais revestimento cerâmico, em milhões de m²

País/Ano	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2005/06(%)
Brasil	383	395	417	456	421	448	442	486	9,9
China	1300	1400	1500	1600	1700	1850	2500	3460	18,4
Espanha	273	290	312	327	332	337	379	393	3,7
EUA	195	212	211	245	267	296	319	312	-2,1
Índia	85	97	102	145	180	Nd	306	321	4,9
Total	1853	2394	2542	2773	2900	-	3946	4972	26,0

Fonte: Disponível em: <www.anfacer.org.br> ; BNDES (2006)

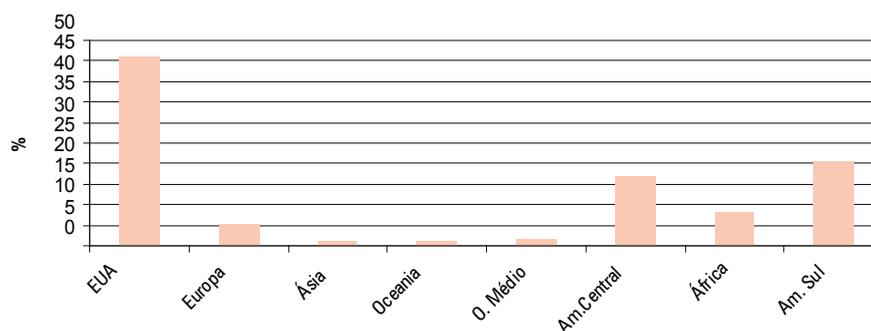
3.1.4 Exportações, vendas internas e capacidade instalada

A indústria nacional de revestimentos cerâmicos, nos últimos anos, direcionou esforços para ampliação do mercado externo. Hoje, ela está muito dependente do mercado norte-americano.

Em 2006, mais de 45% das receitas de exportações com revestimentos cerâmicos, tiveram origem no mercado norte americano, como pode ser observado no gráfico 3.

Os principais concorrentes brasileiros no mercado mundial de revestimentos cerâmicos são China, Itália, Espanha e Turquia.

Destino Exportações Brasileiras de Revestimento Cerâmico



Fonte: Preparada com base dados ANFACER. Disponível em: <www.anfacer.org.br>

Gráfico 3
Destino e Percentual do valor das exportações brasileiras, em 2006.

As exportações brasileiras saíram de um patamar de 34,6 milhões de metros quadrados em 1998, para mais de 118 milhões de metros quadrados em 2006, significando um crescimento anual de 16% ao ano (Tabela 8).

Considerando apenas o período compreendido entre 2002 a 2006, o crescimento anual médio das exportações foi da ordem de 20% ao ano, reflexo, sobretudo, de um câmbio favorável. A participação do Estado de São Paulo no valor exportado tem sido ampliada anualmente. Ela atingiu, em 2006, 33,5% da produção nacional; em 2002, esta participação era um pouco acima de 24% (Tabela 9).

Em 2006, as exportações brasileiras de revestimentos cerâmicos atingiram US\$ 430 milhões (Tabela 9) e o volume de 114,4 milhões de metros quadrados, ou seja, um aumento de valor de 9,5% se comparado a 2005. Em termos do volume, houve apenas um aumento de 0,5% (Tabela 8).

Tabela 8
Exportações, vendas no mercado interno e capacidade instalada de revestimentos cerâmicos, em milhões de m²

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Cresc. médio anual (%)
Exportações	34,6	42,6	56,7	59,5	73,9	103,5	125,8	113,8	114,4	16,0
Vendas no mercado interno	359,0	383,0	393,0	416,0	456,0	421,0	448,0	443,0	486,0	3,8
Capacidade instalada	n.d.	n.d.	n.d.	556,9	564,4	571,4	621,6	650,7	672,4	3,3

n.d.: dado não disponível

Fonte: Disponível em: <www.anfacer.org.br>

Tabela 9
Valor das exportações de revestimentos cerâmicos– Brasil e Estado de São Paulo, em milhões US\$ FOB

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Brasil	169	181	176	205	251	343	376	430
Estado de São Paulo	n.d.	n.d.	n.d.	50	66	100	107	144
Participação do Est.de São Paulo	n.d.	n.d.	n.d.	24,4	26,2	29,1	28,4	33,5

n.d.: dado não disponível

Fonte: Elaboração própria com dados da Aspacer, 2007; BNDES, 2006

A capacidade instalada em 2006 na indústria brasileira de revestimentos cerâmicos, era de 672,4 milhões de metros quadrados. Com este nível de capacidade instalada, o Brasil ultrapassou a Espanha, que é o terceiro maior produtor mundial. O crescimento da capacidade instalada em relação a 2005 foi de 3,3%, próximo da expansão verificada para as vendas no mercado interno (Tabela 8).

Quanto ao tipo de produtos exportados, historicamente a participação dos pisos tem sido maior. Por exemplo, em 2006, os pisos, parede, fachada e porcelanato participaram, respectivamente, com 69%, 24%, 1,5% e 5,5%.

3.1.5 Distribuição geográfica e consumo regional

A indústria brasileira de revestimento cerâmico é composta por 94 empresas ativas, contemplando 117 unidades industriais em 18 estados, com capital totalmente nacional, movimentando, em 2006, R\$ 5 bilhões (BNDES, 2006; MME, 2007). Em sua cadeia produtiva são gerados quase 25 mil empregos diretos e cerca de 250 mil indiretos. As empresas são, em sua quase totalidade, de pequeno e médio porte.

No Estado de São Paulo estão concentradas 56 empresas. A seguir, os Estados de Santa Catarina, com 17 empresas, Mato Grosso do Sul, com 4, e Pernambuco, com 3. A concentração geográfica de empresas é uma característica da indústria produtora de revestimento cerâmico, em função da necessidade de estar próxima às jazidas de argila. No Brasil, os principais pólos estão localizados em Santa Catarina (Criciúma) e em São Paulo (Mogi Guaçu e Santa Gertrudes).

No pólo de Criciúma se concentram as maiores empresas nacionais, que têm, como estratégia competitiva, o design, a qualidade e a marca, fabricando revestimentos cerâmicos através do processo de via úmida. As 17 empresas de Criciúma são responsáveis por 23% da produção total brasileira. O pólo de Mogi Guaçu tem as mesmas características de Criciúma e abriga um total de 11 empresas, responsáveis por 6,5% da produção brasileira. O pólo produtor de Santa Gertrudes conta com um total de 45 empresas, responsáveis por 53% da produção brasileira, e utiliza o processo de produção via seca, com matéria prima local. Sua competitividade está baseada em custos baixos de produtos de menor valor agregado.

A Tabela 10 mostra a distribuição da produção de revestimentos cerâmicos por região, em 2005.

Tabela 10
Distribuição da produção de revestimentos cerâmicos por região, em 2005

Região	Participação
Sudeste	64%
Sul	24%
Centro Oeste	4%
Nordeste	8%

Fonte: BNDES, 2006

A Tabela 11 mostra o consumo, total e per capita, de revestimentos cerâmicos por região, no ano de 2006.

Tabela 11
Consumo, total (em milhões de m²) e per capita, de revestimentos cerâmicos por região, em 2006

Região	Consumo total	Consumo per capita
Norte	21,2	1,41
Nordeste	95,2	1,84
Centro Oeste	46,7	3,52
Sudeste	236,5	2,97
Sul	84,0	3,08
Total	483,6	2,59

Fonte: Disponível em: <www.anfacer.org.br>. Disponível em: <www.abceram.org.br/asp/abc_288.asp>

3.1.6 Perspectivas de crescimento

A produção brasileira de revestimentos cerâmicos vem crescendo. A Anfacer (2007) projeta um crescimento de 10% a.a. Os maiores investimentos em aumento da capacidade instalada deverão ocorrer no pólo de Santa Gertrudes, que utiliza, em quase sua totalidade, o processo de produção via seca (ANFACER, 2007).

As empresas líderes de mercado que utilizam o processo via úmida investem em *design* e agregam valor ao produto. Praticamente não há investimento no aumento de produção, apesar de melhorarem a qualidade das unidades em operação. Estas empresas estão abandonando o mercado de preços e investindo na qualidade do produto, para atingirem um público alvo de renda mais elevada.

A evolução do mercado interno está vinculada à consolidação do consumo de revestimentos cerâmicos em edifícios residenciais e comerciais, substituindo materiais tradicionais. As vantagens oferecidas pelo revestimento cerâmico levam a crer que a tendência à substituição deverá prosseguir nos próximos anos.

O crescimento das exportações tem sido bem superior ao do consumo interno, sendo os Estados Unidos o principal mercado. A competitividade da indústria brasileira pode ser considerada satisfatória por diversos fatores, como os ganhos de escala, disponibilidade de matérias-primas e aperfeiçoamento das empresas líderes do segmento nos aspectos organizacional e tecnológico.

Entretanto, a evolução da indústria de revestimentos cerâmicos tem pela frente, fundamentalmente, duas ameaças estratégicas, que poderão comprometer seu desenvolvimento no futuro.

Em primeiro lugar, a exemplo do que ocorre em diversos outros setores, a produção e as exportações da China, que vem crescendo de forma muito expressiva. A continuidade da expansão chinesa poderá deslocar o Brasil de seus mercados de exportação e mesmo, eventualmente, significar a penetração no próprio mercado brasileiro.

A outra ameaça é a possível escassez, ao menos no curto e médio prazos, de gás natural, pois a produção de cerâmica faz uso intensivo de energia e tem como principal fonte de energia o gás natural. Na hipótese de haver dificuldades no suprimento de gás natural, a indústria será forçada a recorrer a fontes de energia de menor qualidade, o que teria consequências nocivas para sua competitividade nos mercados.

3.2 O segmento de cerâmica vermelha

A produção de cerâmica vermelha é uma atividade intensiva em mão de obra e distribui-se por todo o País, sendo muito pulverizada, sobretudo em micro e pequenas empresas.

Em 2005, este segmento teve um faturamento anual em torno de R\$ 6 bilhões, produziu 29,8 bilhões de peças e gerou 400.000 empregos diretos e 1,25 milhão de empregos indiretos (ANFACER, 2006).

A grande maioria das empresas é de gestão simples e familiar tradicional, onde a agregação de equipamentos modernos e de novos processos produtivos, mais sustentáveis, ocorre de forma muito lenta no tempo.

O segmento industrial de cerâmica vermelha, que tinha um perfil essencialmente artesanal até o final da década de 1960. Nos anos subsequentes, experimentou um acelerado processo de industrialização, com uma grande expansão no processo produtivo, a partir da implementação dos grandes programas habitacionais no País. No Brasil, existiam, em 2006, aproximadamente 5,5 mil empresas de cerâmica vermelha (Tabela 12).

Tabela 12

Número de empresas e produção do segmento de cerâmica vermelha, em 2006

	Nº aproximado de empresas	Participação (%)	Produção/mês	Consumo argila (mil ton/mês)
Blocos/tijolos	3600	65,0	4,0 bilhões peças	7800
Telhas	1900	34,5	1,3 bilhão peças	2500
Tubos	12	0,50	325 km	-
Total	5512	100	-	-

Fonte: Anicer, 2006

As entidades representativas deste segmento industrial veem como fundamental a necessidade de investimentos na melhoria de qualidade e produtividade. A materialização desta tendência ocorre, todavia, com uma velocidade aquém da desejável. Observa-se a adoção de novas técnicas de gestão, novos equipamentos e uma atuação forte na melhoria do desempenho energético dos fornos de blocos cerâmicos estruturais e de telhas. Bustamante e Bressiani (2000) e dados da Anicer (2006) mostram que o segmento de cerâmica vermelha processava, em 2000, 60 milhões de toneladas de matérias-primas por ano. Por conta de desenvolvimento tecnológico, em 2006, viu-se duplicada a capacidade produtiva, quando foram processadas mais de 120 milhões de toneladas.

Entretanto, mesmo com esta forte expansão produtiva, o Brasil ainda apresenta uma baixa produtividade, mostrando existir espaço para uma maior atuação na elevação da produtividade, inserção de novas tecnologias de processos e novas opções energéticas. A produtividade média de 12 – 14 mil peças/operário/mês, que varia bastante conforme a região, é insignificante em comparação com a européia, de 200.000 peças/operário/mês. A mão de obra ainda é, em sua maioria, semi-analfabeta. Os problemas continuam no mercado consumidor, que não é muito exigente com os produtos e suas especificações. Este fato acaba ocasionando a despreocupação de alguns fabricantes em adaptar suas empresas para demandas maiores, com dimensões padronizadas e qualidade assegurada, para a permanência nos mercados (Disponível em: <www.anicer.com.br>, 2007).

4 Caracterização Ambiental



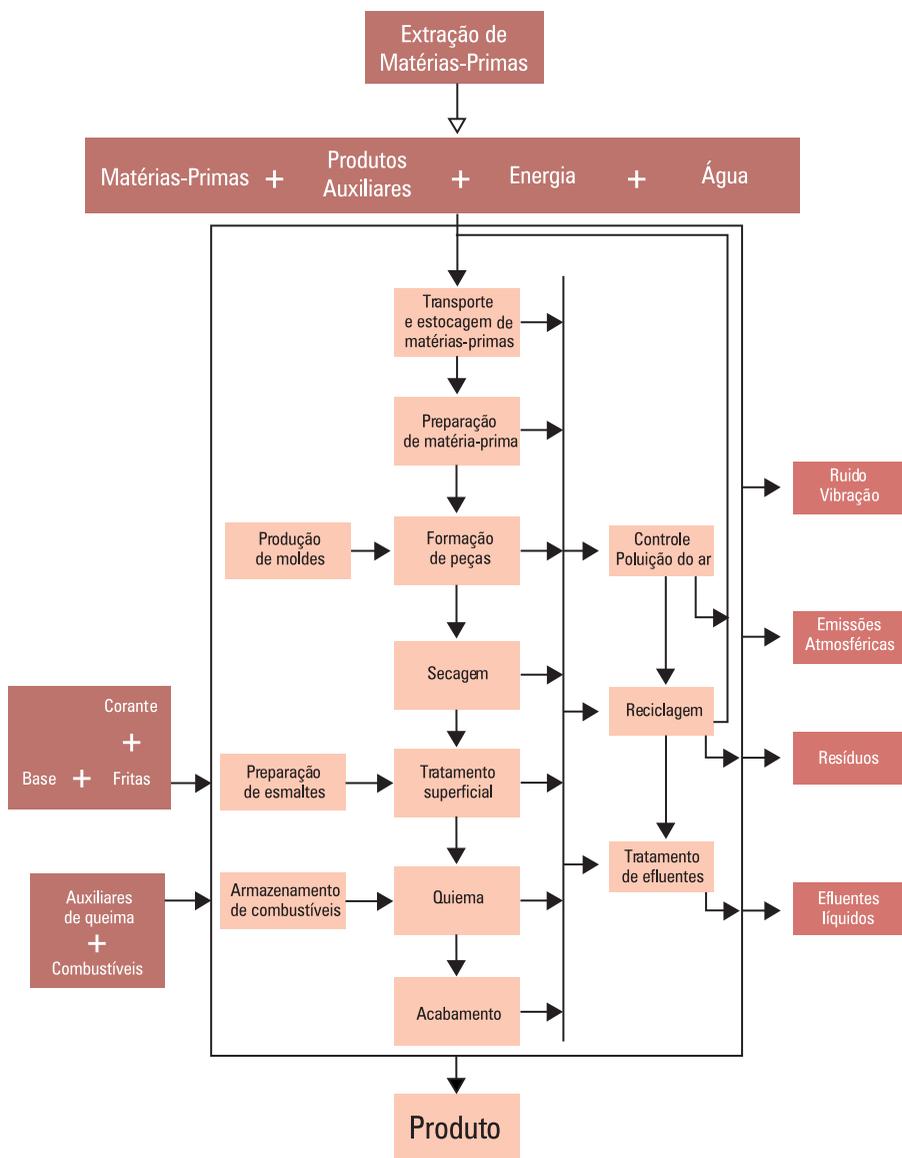
4 Caracterização Ambiental

4.1 Introdução

A indústria cerâmica é constituída pelos segmentos de revestimento cerâmico, cerâmica vermelha, materiais refratários, louça sanitária e de mesa, isoladores elétricos e térmicos, cerâmica artística, e filtros cerâmicos (Disponível em: <http://www.abceram.org.br/asp/abc_281.asp>). Destes, os segmentos de revestimento cerâmico e de cerâmica vermelha são os mais importantes, em termos econômicos, energéticos e de impacto ambiental, tendo sido, por conta disto, escolhidos para a caracterização ambiental, objeto deste relatório.

O segmento de revestimentos cerâmicos responde pela produção de materiais na forma de placas, usados na construção civil para revestimento de paredes, pisos, bancadas e piscinas de ambientes internos e externos, os quais recebem diversas designações, tais como: azulejo, pastilha, porcelanato, grês, lajota, piso, etc. O segmento de cerâmica vermelha compreende materiais com coloração avermelhada empregados na construção civil - tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos e argilas expandidas -, e também utensílios de uso doméstico e de decoração. Ele é formado pelas olarias e fábricas de louças de barro. Os processos de fabricação empregados por estes segmentos assemelham-se entre si, podendo diferir de acordo com o tipo de peça ou material desejado. De um modo geral, a manufatura de produtos cerâmicos vermelhos e de revestimentos compreende as etapas de preparação da matéria-prima e da massa; formação das peças; tratamento térmico e acabamento. A Figura 3 e a Tabela 13 ilustram os principais impactos ambientais associados a cada uma destas etapas.

Processo Produtivo Principal



Fonte: FIESP; CETESB, 2006

Figura 3
Impactos ambientais das várias etapas produtivas dos segmentos de revestimentos cerâmicos e cerâmica vermelha

Tabela 13

Impactos ambientais envolvidos nas etapas de fabricação da indústria cerâmica

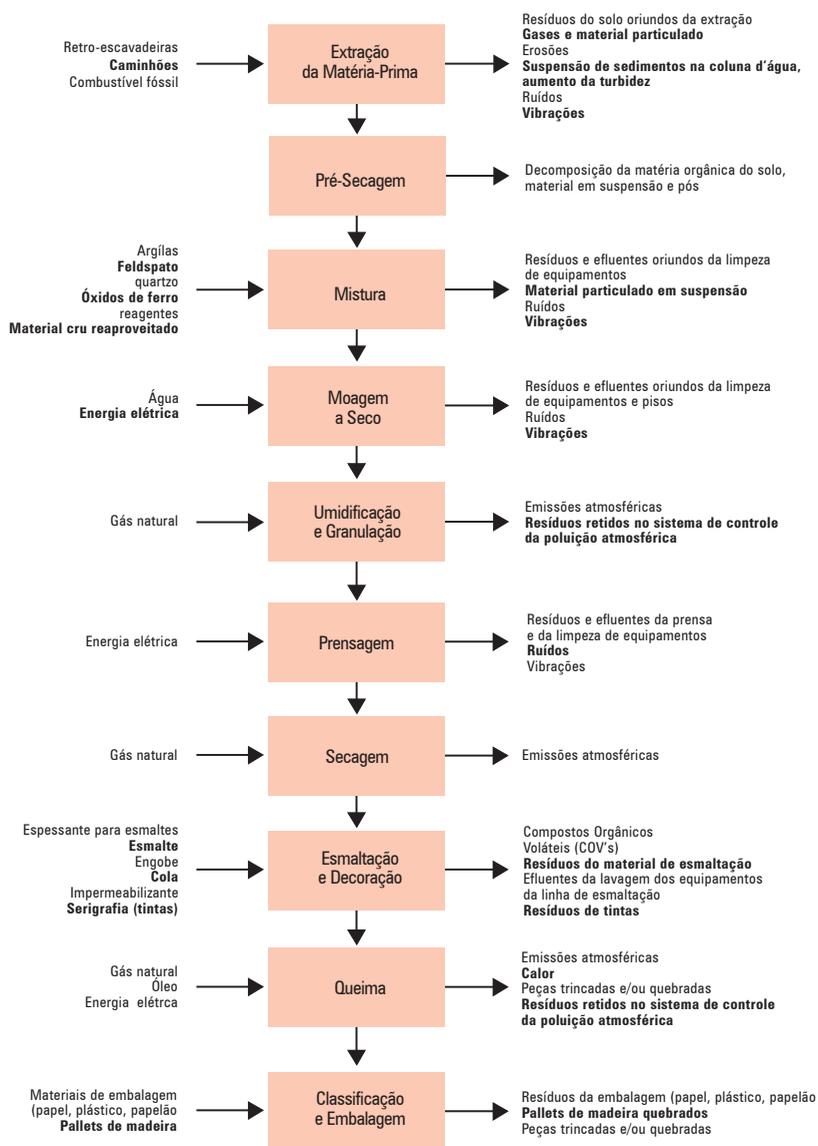
Aspectos Ambientais	Input			Output				
	Matéria-prima	Água	Energia	Emissões gasosas	Águas residuais	Resíduos	Ruído	Calor
Preparação da massa								
Conformação (prensagem)								
Conformação (moldagem)								
Secagem								
Preparação dos esmaltes								
Esmaltação								
Queima								
Acabamento								
Escolha								
Embalagem								

Fonte: Elaborado com base em FIES; CETESB (2006)

4.2 O segmento de revestimentos cerâmicos

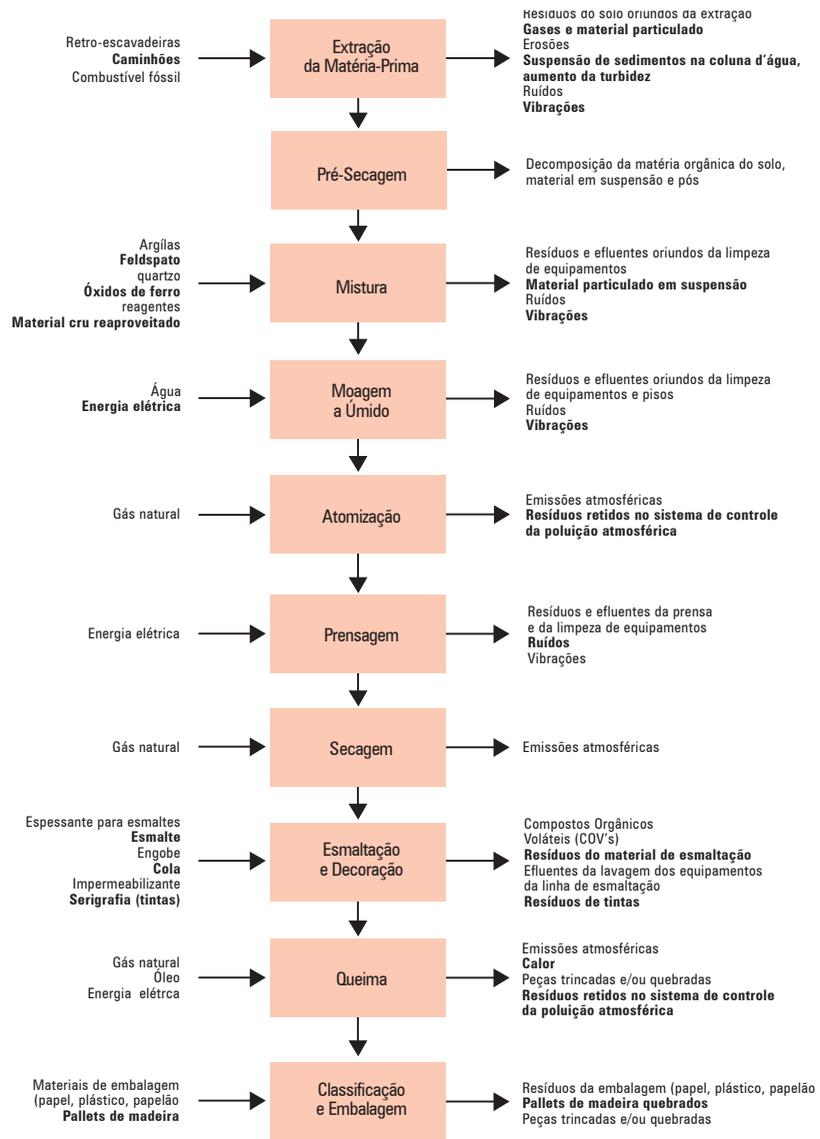
Na indústria cerâmica tradicional, grande parte das matérias-primas utilizadas é natural e obtida por mineração. Desta forma, a primeira etapa de redução de partículas e de homogeneização das matérias-primas é realizada na própria mineração. Após esta fase, a matéria-prima ainda deve ser beneficiada (desagregada ou moída), classificada de acordo com a granulometria e, muitas vezes, também purificada na indústria cerâmica. O transporte de matérias-primas da mineração para o processamento é realizado por via rodoviária ou ferroviária, porém, dependendo de suas características e de seu grau de processamento, podem ainda permanecer estocadas em pátios a céu aberto, para maturação, por cerca de seis meses. Durante esse tempo, ocorre a decomposição da matéria orgânica presente na camada de solo, tornando a matéria-prima mais pura e homogênea para entrada no processo industrial.

As Figuras 4 e 5 apresentam os fluxogramas do processamento industrial dos revestimentos cerâmico pelas rotas tecnológicas de via seca e via úmida, respectivamente. As operações indicadas nestas figuras representam uma possibilidade de configuração e não são, necessariamente, a regra para todas as empresas do setor. Os fluxogramas, por rota tecnológica, incluem os principais aspectos ambientais, bem como as entradas e saídas de matéria-prima e energia do processo.



Fonte: FIESP/Cetesb, 2006

Figura 4
Impactos ambientais envolvidos nas etapas de produção de revestimentos cerâmicos pela rota tecnológica denominada Via Seca



Fonte: FIESP; CETESB, 2006

Figura 5
Impactos ambientais envolvidos nas etapas de produção de revestimentos cerâmicos pela rota tecnológica denominada Via Úmida

4.2.1 Insumos

4.2.1.1 Água

A água é usada em grande quantidade em quase todas as etapas do processo de fabricação dos produtos cerâmicos, sendo que sua qualidade é essencial na preparação da argila e de esmaltes líquidos, nos corpos de argila para extrusão e moldagem, e na moagem por via úmida. A quantidade de água e de matéria-prima empregadas dependem do tipo de matéria-prima utilizada, do processo de fabricação envolvido e das propriedades do produto desejado.

Na rota tecnológica via seca, a matéria-prima é moída a seco em moinhos de martelo ou de rolos. A mistura é, então, umedecida entre 7 e 12% do peso seco. Neste caso, o material granulado é seco até uma umidade de 6 a 7%.

Na rota tecnológica via úmida, a matéria-prima é moída úmida em moinhos de bolas, por meio da mistura com água, até um conteúdo de umidade de 42% do peso seco. Após a granulação, o material é seco até um conteúdo de umidade de 5 a 6%.

Comparativamente, pode-se observar que o processo por via úmida consome quatro vezes mais água do que o processo por via seca. Todavia, tem-se à disposição várias possibilidades de reuso.

4.2.1.2 Energia

Em função da necessidade de queima de seus produtos, a indústria cerâmica é um grande consumidor de energia, com uso principalmente centrado nos processos de secagem e queima. O gás natural e o gás liquefeito de petróleo (GLP) são os combustíveis empregados na maioria das empresas.

A eletricidade, por sua vez, é empregada nas instalações e maquinários usados para a moagem, mistura das matérias-primas e para a conformação das peças, sendo consumida em quantidade bastante inferior àquela dos combustíveis.

4.2.1.3 Matérias-primas tóxicas

Embora a principal matéria-prima do segmento de revestimentos cerâmicos – a argila – seja um recurso mineral primário, extraído diretamente da natureza, existem alguns produtos empregados na sua manufatura que podem oferecer impactos relativos à toxicidade de seus constituintes.

Durante a preparação do esmalte são introduzidos na suspensão um ou mais produtos químicos com a finalidade de proporcionar ou corrigir determinadas características. Entre eles pode-se citar ligantes, plastificantes, defloculantes, fluidificantes¹ e anti-espumantes. Além destes aditivos, para conferir coloração aos esmaltes, são adicionados corantes.

Enquanto os corantes de óxidos orgânicos tradicionalmente usados por este segmento industrial são pouco estáveis em temperaturas elevadas, gerando cores pouco constantes ou reprodutíveis, os pigmentos cerâmicos (Tabela 4) são substâncias inorgânicas capazes de desenvolver a cor e estabilizá-la em altas temperaturas, além de resistir aos ataques químicos causados pelos vidrados, devido à ação fundente de seus componentes.

¹ Tipo de produto químico que promove a quebra de ligações químicas.

Tabela 14
Pigmentos usados nos processos de decoração das peças cerâmicas

Cor	Resistência à temperatura (800°C)	Resistência à temperatura (1200°C)
Verde	Óxido de cromo, Óxido de Cobalto	
Azul	Alumínio-zinco-cromo-cobalto espinélio	Zircônio-vanádio azul
Amarelo	Antimônio-chumbo amarelo	Estanho-vanádio amarelo
Preto	Espinélio com ferro, cobalto, níquel, manganês, cromo, cobre, vanádio, etc	
Cinza	Estanho-antimônio cinza, zircônio-(cobalto,níquel)	-
Marrom	Ferro-cromo-zinco-manganês espinélio, óxido de ferro	Zircônio-ferro pink
Vermelho	Cádmio (enxofre, selênio) vermelho	Estanho-cromo (cálcio, silício Pink, pigmento vermelho cádmio)
Branco	Óxido de cério, óxido de titânio	Óxido de estanho, silicato de zircônio

Fonte: FIESP; CETESB, 2006

4.2.2 Impactos ambientais

4.2.2.1 Emissões gasosas e de material particulado

Os compostos gasosos liberados durante a secagem e a queima são derivados principalmente dos compostos presentes nas matérias-primas. Os combustíveis também contribuem para a emissão de poluentes gasosos. Quando uma peça é queimada em um processo adicional de esmaltação/decoração, as emissões resultantes desta queima também devem ser consideradas. Além disso, as colas e substâncias aglutinantes das figuras transferidas à peça ou as resinas das tintas de pintura liberam substâncias orgânicas voláteis durante o processo de queima. Podem também ocorrer emissões adicionais de metais pesados derivados de pigmentos inorgânicos à base de óxidos de metais pesados.

O manuseio e processamento da argila e de outras matérias-primas levam à formação de pós, que podem ser dispersos no ambiente e causar problemas respiratórios. A geração de material particulado está associada ao transporte inadequado da argila em caminhões sem lonas ou coberturas; à armazenagem da argila fora de silos ou galpões; à preparação da massa cerâmica, principalmente na rota tecnológica via seca e nos processos de moagem, atomização, prensagem e na secagem.

As emissões a partir da moagem da matéria-prima consistem, principalmente, de partículas de argila, quartzo e feldspato. Na etapa de prensagem ocorre a emissão de material particulado, enquanto que na secagem há emissões tanto de material particulado como de CO₂ (FIESP; CETESB, 2006).

Outra fonte de material particulado é a preparação do esmalte/decoração, em suas fases de mistura, queima e acabamento das peças. Nas empresas que utilizam óleo ou lenha nos fornos e/ou secadores, há também a formação de particulados no processo de combustão destes energéticos.

As substâncias emitidas na etapa da queima dos revestimentos cerâmicos podem ser: materiais particulados; SO_x; NO_x; CO; fluoretos, como o HF; cloretos, como o HCl; boro, chumbo e CO₂. As emissões de boro e cloretos têm origem, principalmente, na evaporação da água nos primeiros estágios da queima. A concentração de chumbo é relativamente pequena e basicamente vem da evaporação de alguns esmaltes, que contém este elemento (FIESP; CETESB, 2006).

4.2.2.2 Ruídos e vibrações

As principais fontes de ruído e vibrações são as instalações de moagem, mistura e prensagem. Além disso, as atividades de transporte em caminhões, tanto de matérias-primas, como de produtos ou resíduos, são, muitas vezes, motivo de incômodo à comunidade circunvizinha à empresa.

4.2.2.3 Efluentes líquidos

A geração de efluentes líquidos em plantas de revestimentos cerâmicos advém, principalmente, das águas de limpeza das unidades de preparação de massa e dos processos de esmaltação/decoração. Outras possibilidades de pontos de geração de efluentes são os sistemas de controle de poluição da tecnologia via úmida, através dos lavadores de gases, e o uso sanitário.

Os principais contaminantes que podem estar presentes nestes efluentes são os resíduos sólidos da evaporação, como cloro, sulfatos, fosfatos, ácido silícico, cálcio, magnésio, boro, zinco, chumbo, cádmio, cromo, cobre, níquel e cobalto oriundos de produtos como esmaltes, resinas e da própria argila. Esse efluente líquido, se lançado sem tratamento prévio em um corpo de água, pode acarretar em sérios problemas à biota, devido à alteração das características químicas naturais da água.

4.2.2.4 Resíduos sólidos

As atividades industriais em uma planta de revestimentos cerâmicos podem gerar resíduos em várias das suas etapas e operações, e com características diversas, tais como lodos da decantação do tratamento de efluentes líquidos, cacos de revestimentos cerâmicos crus queimados, embalagens usadas, tambores e bombonas contaminados.

A disposição direta de resíduos cerâmicos sobre o solo pode acarretar em sua contaminação, assim como na contaminação do lençol freático, por meio da percolação de metais pesados devido à chuva, principalmente chumbo e zinco, acima dos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

A geração de resíduos de embalagens é um outro impacto ambiental a ser considerado, pois advém de caixas de papelão, sacos e galões plásticos e até de tambores e bombonas de produtos químicos. A disposição inadequada dessas embalagens pode causar sérios danos ao meio ambiente, pelo potencial de contaminação do solo e das águas subterrâneas, principalmente no caso destes resíduos encontrarem-se impregnados com restos de produtos químicos tóxicos. Em diversos casos é viável o retorno desses recipientes aos fornecedores; no entanto, muitas vezes o que ocorre é o seu encaminhamento para aterros industriais.

4.3 Segmento de cerâmica vermelha

No segmento da cerâmica vermelha, o processamento da argila até o produto final é simples. Ele inicia-se com a extração da argila da jazida, que recebe água depois de extraída. Em seguida, ela é homogeneizada e passa pela maromba, onde as peças são moldadas, e, depois, secas e queimadas. A grande maioria das empresas é de gestão simples e familiar, ou seja, o conhecimento foi adquirido de forma empírica. Com base nestes métodos, determina-se a quantidade de água a ser acrescentada à massa, a necessidade ou não de adição de outros materiais, 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.

Os produtos da cerâmica vermelha são classificados em função do processo de fabricação utilizado, sendo dois os principais: os produtos extrudados e os prensados. Entre os produtos extrudados, pode-se citar os blocos de vedação ou tijolos furados, as lajotas de ferro, as manilhas e os tijolos maciços, entre outros. No caso dos produtos prensados, tem-se, entre os mais representativos, as telhas e os ladrilhos de piso.

Os produtores de cerâmica vermelha no País passam por um dilema: ou se adequam às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e passam a conviver de maneira mais harmônica com o meio ambiente, com a redução da emissão de poluentes e uma exploração sustentada da argila, ou deverão ter dificuldades para continuar na atividade. Existem, no segmento, algumas empresas que já estão investindo em tecnologia para aumentar a qualidade dos produtos e sobreviver em um mercado de concorrência acirrada, onde a variável ambiental começa a ser equacionada. Uma das alternativas, testada pela Cerâmica Forgiarini, de Criciúma, é a substituição dos fornos tradicionais, abastecidos com lenha e óleo, pelos do tipo túnel, movidos a gás e serragem. Os resultados vão de peças com maior valor agregado até a redução de poluentes (Disponível em: <<http://www.tribunadodia.com.br/home>>).

No exterior, este segmento industrial conseguiu melhorias ambientais com a mudança para combustíveis gasosos, melhorias na secagem, emprego de fornos mais eficientes e controle de processo. Destaca-se, também, as possibilidades de recuperação de calor e seu uso em secadores, resultando em reduções do consumo de energia e decréscimos nas emissões de poluente (Disponível em: <<http://www.staywithclay.com>>).

No Brasil, estão hoje instaladas mais de 5.500 empresas produtoras de cerâmica vermelha, que utilizam a lenha como principal fonte de calor. O desmatamento de áreas vitais, realizado sem nenhum critério, com vistas à obtenção de lenha, associado à falta de uma prática de reflorestamento das áreas devastadas, ajudam cada vez mais e de forma decisiva o problema da desertificação de alguns pólos produtores no País. Em face da diversificação tecnológica existente no parque industrial brasileiro de cerâmica vermelha, o consumo de lenha pode variar de 1,7 a 4,1 metros cúbicos para a produção de 1000 peças. (Disponível em: <http://www.ctgas.com.br/materias/artigo_rio_oil_gas.html>).

Quanto à mineração, plantas médias e pequenas, em geral, não têm preocupação no uso de técnicas de extração adequadas. No entanto, a extração é local e em pequena escala, seu efeito de degradação pode ser monitorado e a área recomposta com facilidade. Já as plantas de grande porte, cujo impacto é maior, são fiscalizadas constantemente pelos órgãos ambientais, fazendo com que as mesmas utilizem técnicas corretas de extração e possuam um plano de recuperação das jazidas exauridas. Mesmo no caso das plantas de grande porte, a degradação é pequena se comparada à extração de outras matérias-primas, como metais e pedras, cuja devastação atinge amplas áreas e a recomposição é onerosa.

O segmento de cerâmica vermelha possui capacidade de absorver um amplo conjunto de resíduos de outras indústrias, como insumos energéticos. Essa é uma estratégia adotada pelas plantas quando em busca de redução de custos, mesmo desconhecendo a iniciativa ambiental por trás dessa atitude. Resíduos da fabricação de móveis e de serrarias podem ser usados como energéticos, o que permite um encaminhamento útil para tais resíduos, desde que eles sejam provenientes de indústrias que usem madeiras de reflorestamento e não tenham sido tratados com produtos químicos tóxicos.

Tem-se, ainda, a geração de resíduos sólidos nas várias etapas do processo produtivo da cerâmica vermelha, os quais usualmente retornam ao processo, sendo absorvidos nas produções subsequentes. Quando a alternativa anterior não é possível, o resíduo gerado, no caso argila cozida, pode ser assimilado pela natureza, sem causar danos a ela.

O transporte de matéria-prima e a queima de combustível nos fornos e nos secadores são os principais responsáveis pela emissão de CO₂, neste segmento industrial. Quando existe integração espacial entre fonte de matéria-prima, produção e consumo, característica das plantas pequenas e médias, as emissões devido ao transporte são reduzidas. O mesmo acontece no uso da biomassa como energético, cuja própria produção encarrega-se da assimilação da emissão decorrente de seu uso.

5 Caracterização Energética



5 Caracterização Energética

5.1 Introdução

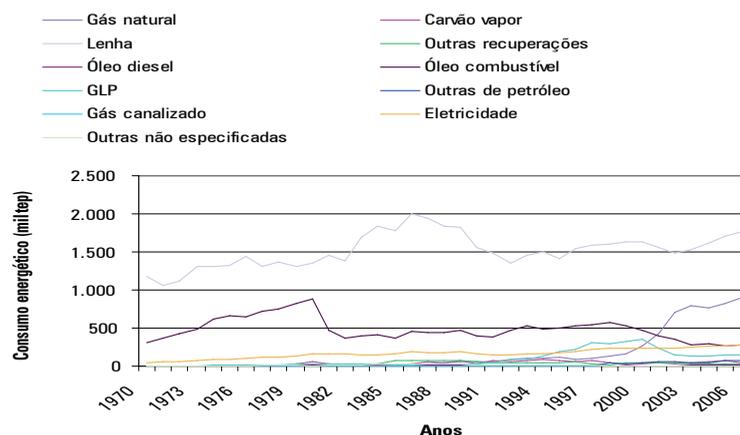
Nas próximas seções se efetua a caracterização energética da indústria cerâmica como um todo. Em seguida, é feita uma análise do consumo de energia nos segmentos de revestimento cerâmico e cerâmica vermelha, que são os maiores consumidores de energia nesta indústria.

5.2 Consumo de energia na indústria cerâmica

O Gráfico 4 mostra a evolução, de 1970 a 2006, do consumo dos energéticos usados na indústria cerâmica no País. A evolução, neste período, das parcelas de mercado destes energéticos está representada no Gráfico 5, enquanto que estas parcelas em 2006 estão ilustradas na Gráfico 6.

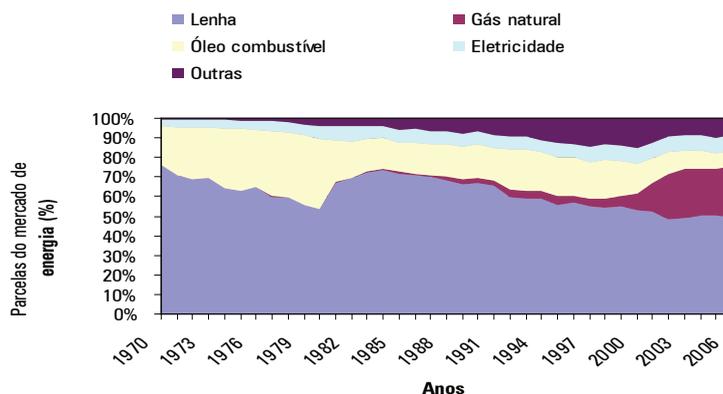
Ao longo de todo o período analisado, a lenha é o principal energético consumido na indústria cerâmica brasileira. A sua parcela de mercado diminuiu em boa parte deste período e praticamente se estabilizou nos últimos anos; em 2006, a participação da lenha no consumo energético total desta indústria era de 49,9% (Gráfico 6).

O gás natural é consumido nesta indústria desde a década de 1980, mas foi no início da atual década que a sua parcela de mercado cresceu muito, substituindo, sobretudo, o óleo combustível e o GLP, e quase estagnando a partir de 2003 (Gráfico 5). Foi o segundo energético mais consumido em 2006, após a lenha e bem na frente dos demais (Gráfico 6).



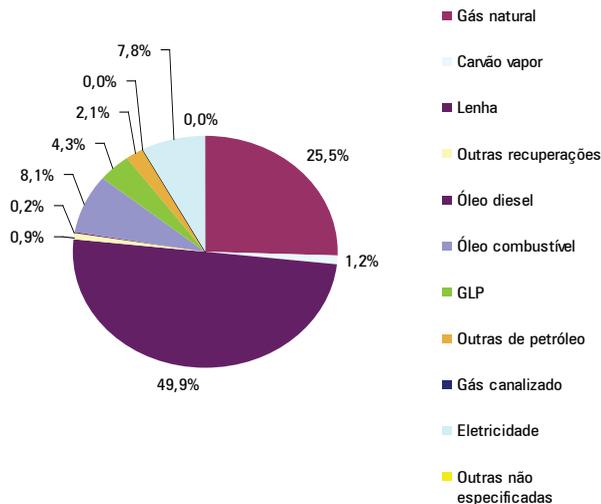
Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2007)

Gráfico 4
Consumo, em mil tep, dos energéticos utilizados na indústria cerâmica brasileira, de 1970 a 2006



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2007)

Gráfico 5
Parcelas de mercado, em %, dos energéticos utilizados na indústria cerâmica brasileira, de 1970 a 2006



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2007)

Gráfico 6
Parcelas de mercado, em %, dos energéticos utilizados na indústria cerâmica brasileira em 2006

Apesar de ter perdido uma parcela significativa de seu mercado para o gás natural na atual década, o óleo combustível ainda foi o terceiro energético mais consumido na indústria cerâmica em 2006. Em quarto lugar ficou a energia elétrica, com um crescimento absoluto lento, mas sustentado ao longo de todo o período analisado. Entre as outras fontes de energia da Figura 9 destaca-se o GLP, que, apesar de ter sido parcialmente deslocada pelo gás natural, ainda respondeu por 4,3% do consumo energético total desta indústria, em 2006.

5.3 Intensidade elétrica e intensidade térmica da indústria cerâmica

A Tabela 15 apresenta a evolução do valor adicionado, dos consumos de energia elétrica e energia térmica e das intensidades elétrica e de energia térmica da indústria cerâmica brasileira durante o período de 1996 a 2005.

Tabela 15
Valor adicionado (VA), consumo de eletricidade (CEL), intensidade elétrica (IEL), consumo de energia térmica (CET) e intensidade de energia térmica (IET) da indústria cerâmica no Brasil, de 1996 a 2005

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
VA (10 ⁶ R\$ de 2005)	2.881	3.337	2.960	2.571	2.420	2.149	2.309	2.501	3.404	2.754
CEL (10 ³ tep)	187	222	231	233	234	229	238	245	262	270
IEL (tep/(10 ⁶ R\$ de 2005))	64,9	35,1	78,0	90,6	96,7	106,6	103,1	98,0	77,0	98,0
CET (10 ³ tep)	2.524	2.661	2.718	2.729	2.834	2.760	2.819	2.881	2.953	3.142
IET (tep/(10 ⁶ R\$ de 2005))	876	797	918	1.061	1.171	1.284	1.221	1.152	867	1.141

Fonte: Elaboração própria, a partir de (EPE, 2007); Disponível em: <www.ibge.gov.br>

Deve ser ressaltado dos dados apresentados na Tabela 15, que o consumo de energia térmica é muito maior do que o consumo de energia elétrica nesta indústria. O valor adicionado setorial caiu continuamente de 1998 a 2001 e, depois, novamente, em 2005; os valores tanto da intensidade elétrica como da intensidade de energia térmica, acompanharam este comportamento. Sobreposto a este comportamento cíclico, se observa aumentos médios, durante o período analisado, de ambas as intensidades.

5.4 Distribuição dos consumos de energia final e energia útil por usos finais

A Tabela 16 mostra as estimativas do Balanço de Energia Útil (BEU) para as distribuições percentuais, por usos finais, em 2004, dos consumos dos energéticos utilizados na indústria cerâmica nacional.

Tabela 16
Distribuição percentual do consumo dos energéticos utilizados na indústria cerâmica no Brasil, por usos finais, em 2004

Energético	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento direto	Iluminação
Gás natural	0,0	0,0	100,0	0,0
Carvão vapor	0,0	0,0	100,0	0,0
Lenha	0,0	0,0	100,0	0,0
Outras fontes primárias	0,0	0,0	100,0	0,0
Óleo diesel	88,3	0,9	10,8	0,0
Óleo combustível	0,0	28,3	71,7	0,0
GLP	0,3	24,5	75,2	0,0
Eletricidade	90,0	0,0	6,4	3,6
Outras fontes secundárias do petróleo	0,0	0,0	100,0	0,0

Fonte: Elaboração própria, com base em (BEU; MME, 2005)

Os usos finais da energia considerados neste trabalho foram os mesmos do BEU:

- Aquecimento direto: energia usada em fornos, fornalhas, radiação, aquecimento por indução, condução e micro-ondas;
- Calor de processo, na forma de vapor gerado: energia usada em caldeiras e aquecedores de água ou circulação de fluidos térmicos;
- Força motriz: energia usada em motores estacionários ou de veículos de transporte individual ou coletivo, de carga, tratores, etc;
- Iluminação: energia utilizada em iluminação de interiores e externa;

Aplicando-se as distribuições da Tabela 16 aos consumos finais destes energéticos em 2006, obtêm-se os resultados expressos no Gráfico 7. Esta figura mostra que o uso final dominante da energia na indústria cerâmica em 2006 foi o aquecimento direto (89,1%), seguido pela força motriz (7,3%), iluminação (3,3%) e muito pouco calor de processo (0,3%).

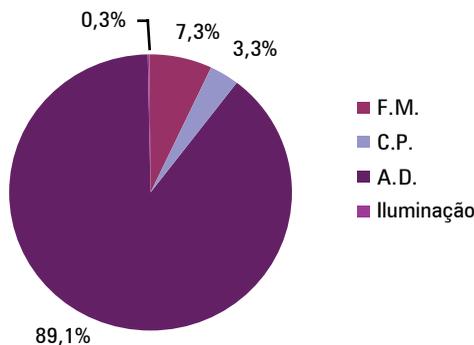
Os rendimentos médios de conversão estimados no BEU para o consumo dos energéticos utilizados na indústria cerâmica estão indicados na Tabela 17.

A aplicação dos rendimentos da Tabela 17 aos consumos finais dos energéticos da indústria cerâmica no País em 2006 permite estimar a distribuição, por usos finais, do consumo total de energia útil desta indústria naquele ano, conforme representado na Figura 13.

Comparando os Gráficos 7 e 8, é possível observar um aumento nas participações da força motriz e da iluminação entre os usos finais da energia útil consumida por esta categoria industrial, em detrimento da participação do aquecimento direto.

Segundo o BEU, a energia útil consumida na indústria cerâmica brasileira em 2006 correspondeu somente a 48,4% da energia final adquirida naquele ano. Este alto índice de perdas se deve ao elevado consumo de lenha nesta indústria, que possui baixos rendimentos de conversão, sobretudo nos fornos e secadores (Tabela 17).

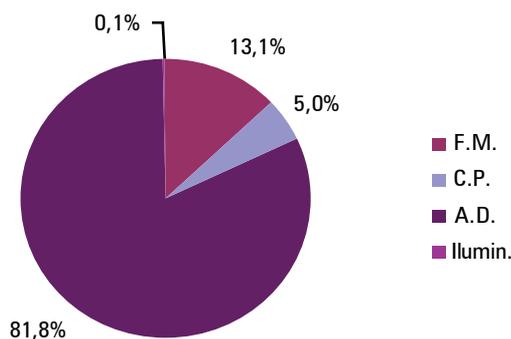
A distribuição, por usos finais, do consumo dos energéticos utilizados na indústria cerâmica brasileira em 2004 foi estimada com base no levantamento de dez anos antes (1994), com um pequeno ajuste para aumentar a participação relativa da força motriz, em detrimento do aquecimento direto, já que não houve um retorno, desta indústria, para o questionário enviado em 2004. Logo, o nível de confiabilidade desta distribuição não é elevado.



Fonte: Elaboração própria, com base em (BEU; MME, 2005)

Gráfico 7

Distribuição percentual, por usos finais, do consumo final de energia da indústria cerâmica no Brasil em 2006



Fonte: Elaboração própria, com base em (BEU/2005)

Gráfico 8

Distribuição percentual, por usos finais, do consumo total de energia útil da indústria cerâmica no Brasil em 2006

Tabela 17

Rendimentos médios de conversão, em %, estimados para 2004, dos energéticos consumidos na indústria cerâmica no Brasil

Energéticos	Força motriz.	Calor de processo	Aquecimento direto	Iluminação
Gás natural	33,0	72,0	55,0	-
Carvão vapor	-	62,0	-	-
Lenha	-	62,0	40,0	-
Outras fontes primárias	-	62,0	40,0	-
Óleo diesel	43,0	72,0	55,0	-
Óleo combustível	-	72,0	55,0	-
GLP	28,0	72,0	55,0	-
Elettricidade	89,0	94,0	58,0	24,0
Outras fontes secundárias do petróleo	-	-	-	-

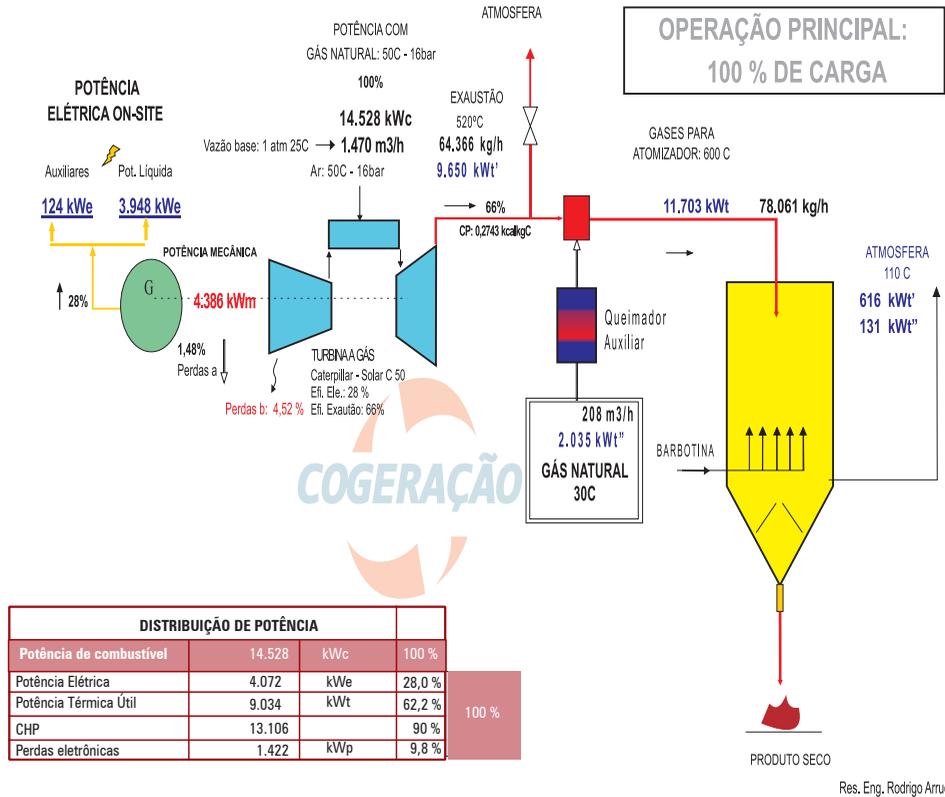
Fonte: Elaboração própria, com base em (BEU; MME, 2005)

5.5 Autoprodução de energia elétrica

Segundo a EPE (2007), em 31/12/2006 só havia 7,7 MW de capacidade instalada de autoprodução na indústria cerâmica brasileira, toda ela em usinas termelétricas, 4,1 MW localizados no Estado de Pernambuco e 3,6 MW no Estado de São Paulo.

A capacidade de 4,1 MW em Pernambuco corresponde a uma planta de co-geração da cerâmica Pamesa, localizada na região da Grande Recife. A Pamesa tem uma capacidade de produção de 900 mil m² / mês de revestimento cerâmico, por via úmida, e sua unidade de co-geração opera segundo um ciclo “bottoming”. Conforme indicado na Figura 6, os gases de escape da turbina a 520 °C são utilizados no atomizador da fábrica. Como o atomizador deve operar com temperaturas entre 530 °C e 600 °C, tem-se uma pós queima para complementar o calor requerido. Para alimentar a turbina com gás natural é necessário um compressor para elevar a pressão interna de 6 bar para 15 bar.

CENTRAL DE COGERAÇÃO - PAMESA DO BRASIL S/A - CAP. 4.072 kWe/4.990 KVA - CICLO BRAYTON

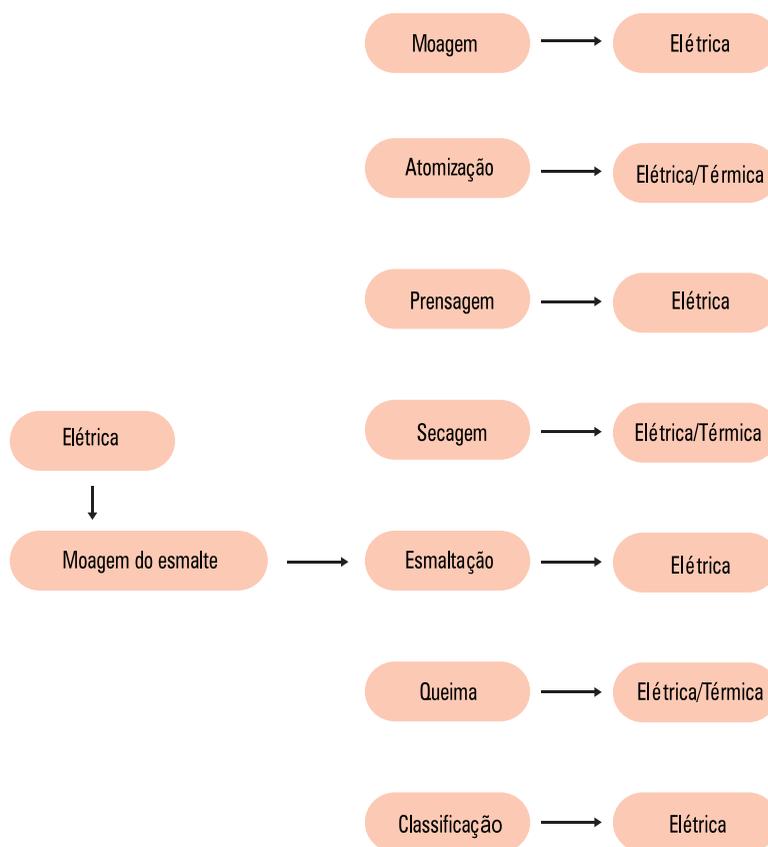


Fonte: Disponível em: <www.cogesp.com.br/cogesp/case/2004/coger_GN_Ceram_24092004.pdf>

Figura 6
Sistema de co-geração da indústria cerâmica Pamesa, de Pernambuco

5.6 Consumos energéticos específicos e sua distribuição por etapas do processo de fabricação de revestimento cerâmico

A Figura 7 ilustra o processo de fabricação de revestimentos cerâmicos, via úmida, indicando suas principais etapas e os tipos de energia – elétrica e térmica – utilizados. No processo por via seca não se utiliza água antes da prensagem, dispensando-se a etapa de atomização.



Fonte: Alves, Melchiades e Boschi (2007)

Figura 7

Fluxograma do processo de fabricação de revestimentos cerâmicos, via úmida, com a indicação dos tipos de energia consumidos em cada etapa

Alves, Melquiades e Boschi (2007) analisaram os consumos de energia térmica e de eletricidade em uma planta que fabrica revestimentos cerâmicos através do processo via seca no País. A Tabela 18 apresenta os consumos energéticos específicos que eles encontraram nesta planta, por etapa do processo produtivo. Pode-se verificar, nesta tabela, que 78,1% do total da energia térmica são consumidos na queima da cerâmica e que as etapas que mais demandam energia elétrica são a queima, a moagem e a prensagem. Apesar da eletricidade só representar 8% do consumo energético total desta planta, ela é responsável por 22% de seu gasto com energia.

Tabela 18

Consumos energéticos específicos de eletricidade e energia térmica, em GJ/t, por etapa do processo produtivo, via seca, em uma fábrica de revestimentos cerâmicos

Etapa do processo:	Consumo energéticos específicos (GJ/t)		
	Eletricidade	Energia térmica	Total
Moagem de massa	0,0425	-	0,0425
Prensagem	0,0423	-	0,0423
Secagem	0,0279	0,4916	0,5195
Esmaltação	0,0061	-	0,0061
Queima	0,0498	1,7573	1,8071
Classificação	0,0017	-	0,0017
Moagem de esmalte	0,0155	-	0,0155
Total	0,1858	2,2489	2,4347

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados levantados por Alves; Melchiades; Boschi (2007)

Alves, Melchiades e Boschi (2007) também levantaram os consumos específicos médios de gás natural em fornos, secadores e atomizadores em quatro plantas que produzem revestimentos cerâmicos pelo processo de via seca e quatro outras que utilizam o processo de via úmida. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 19, que revela consumos específicos bem mais elevados nas plantas que utilizam a via úmida, por conta do consumo dos atomizadores. Os consumos específicos maiores são nos fornos.

Tabela 19

Consumos específicos médios de gás natural, em GJ/t, em fornos, secadores e atomizadores de fabricantes de revestimentos cerâmicos

Planta	Tecnologia	Consumos específicos médios de gás natural (GJ/t)			
		Fornos	Secadores	Atomizadores	Total
A	Via úmida	2,48	0,72	1,75	4,95
B	Via úmida	1,90	0,44	1,38	3,72
C	Via úmida	2,18	0,63	1,53	4,34
D	Via úmida	1,88	-	-	4,40
E	Via seca	1,76	0,49	-	2,25
F	Via seca	1,72	0,62	-	2,34
G	Via seca	1,94	0,82	-	2,76
H	Via seca	1,74	0,73	-	2,47

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados levantados por Alves; Melchiades; Boschi (2007)

5.7 Consumo de energia na fabricação de cerâmica vermelha

A eletricidade e os combustíveis são algumas das matérias-primas mais importantes em uma fábrica de cerâmica vermelha, independente do seu porte. Na composição dos preços dos produtos, além da intensa mão-de-obra empregada na fabricação e do transporte para entrega dos materiais, o custo energético ocupa uma posição de destaque (ANICER, 2007). Conforme já foi mencionado no relatório de caracterização econômica dos setores industriais (BAJAY et al., 2008), a maior parte das empresas deste segmento industrial é de pequeno ou médio porte, seus produtos carecem, frequentemente, de uma boa qualidade, sua produtividade é baixa e há substanciais defasagens tecnológicas. Não é de se estranhar, por conseguinte, que se encontrem baixas eficiências de conversão energética na maioria destas plantas.

De uma forma geral, os principais consumos de eletricidade ocorrem na moagem, movimentação e queima da cerâmica vermelha, enquanto que os maiores consumos de energia térmica se verificam na preparação de matérias-primas, secagem e queima das peças. A etapa central deste processo de fabricação é a queima, que é a principal consumidora de energia térmica, com aproximadamente 50% do total (VALE et al., 2006).

A Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) realizou, na década de 1990, um levantamento do consumo de energia junto a fabricantes de cerâmica vermelha no Estado de Minas Gerais. A Tabela 20 mostra a potência elétrica média encontrada por etapa do processo produtivo e o porte destes fabricantes, enquanto que os consumos energéticos específicos de algumas das plantas e seus produtos estão expostos na Tabela 21. Observa-se, nesta última, a grande dispersão dos valores encontrados e a sua dependência do tipo de secagem. Entre as plantas pesquisadas, a CEMIG encontrou uma planta muito eficiente, com um consumo energético específico de só 0,41 GJ/t, e uma outra muito ineficiente, consumindo 37,68 GJ/t; a média encontrada no Estado de Minas Gerais foi de 2,66 GJ/t.

Tabela 20

Potência elétrica média, em kW, encontrada por etapa do processo produtivo e porte dos fabricantes de cerâmica vermelha em Minas Gerais

Etapas do processo	Porte da planta				
	Grande	Médio	Pequeno	Micro (Olaria)	
Prep. massa	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Conformação	Tijolos	176,06	-	-	-
	Telhas	314,58	-	-	-
	Total	490,64	356,17	58,47	7,76
Secagem	Natural	32,01	-	-	-
	Artificial	206,79	-	-	-
	Total	238,80	190,52	Ar livre	-
Queima	88,99	14,89	0,16	-	
Total geral	579,63	561,58	58,63	7,76	

n.d.: dado não disponível

Fonte: CEMIG, 1994

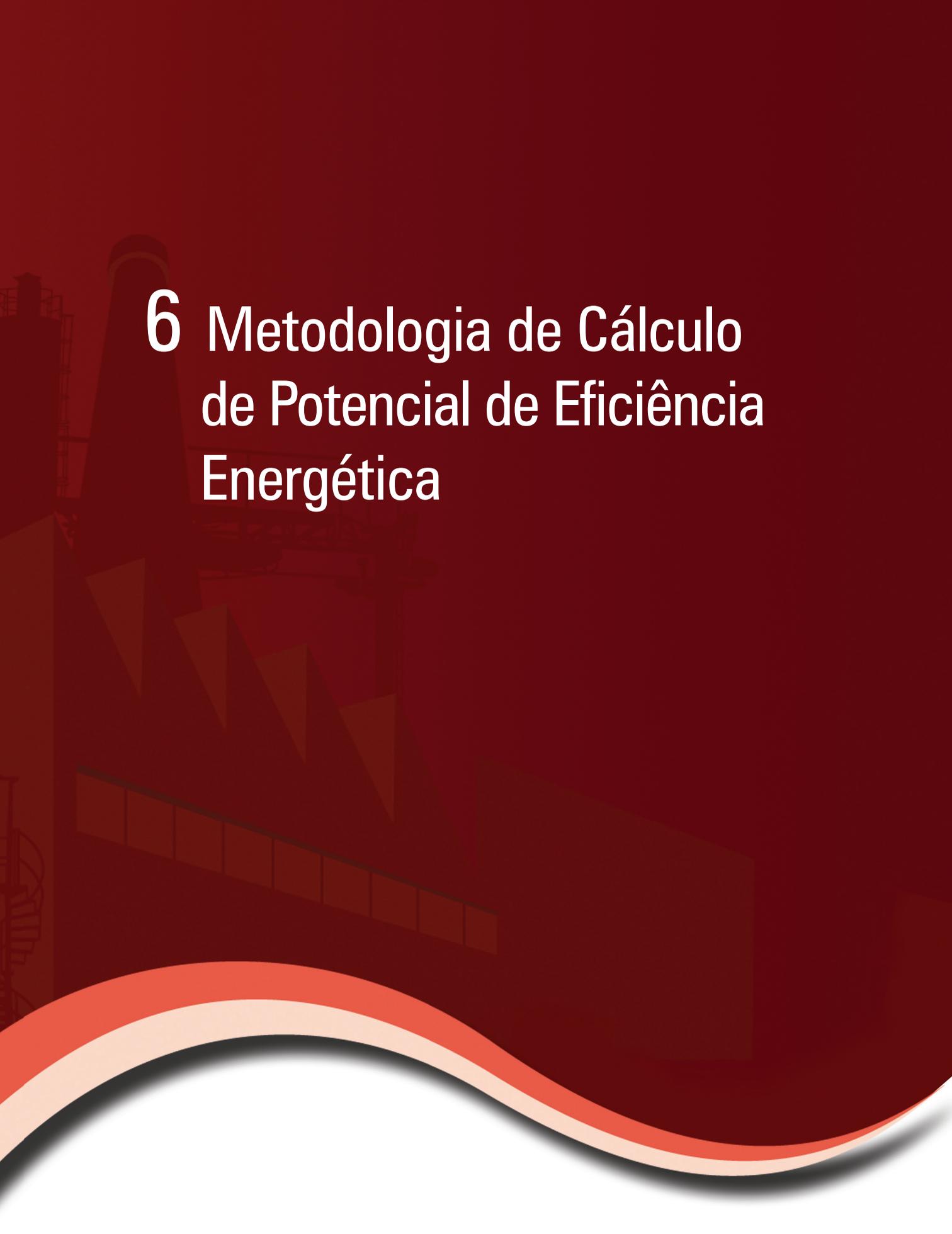
Tabela 21

Consumos energéticos específicos, em GJ/t, por produto e tipo de secagem em diversos fabricantes de cerâmica vermelha em Minas Gerais

Plantas	Produtos	Secagem artificial	Secagem natural
A	Telhas planas	1,43	-
	Tijolo furado	0,90	-
B	Telhas planas	4,12	-
C	Telhas planas	2,97	-
D	Tijolo furado	2,65	-
E	Tijolo para laje	-	3,08
F	Telhas francesas	-	3,14
G	Manilha (100x800mm)	-	15,31
H	Telhas planas	-	4,88
	Telhas francesas	-	4,88

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de CEMIG, 1994

6 Metodologia de Cálculo de Potencial de Eficiência Energética

The background is a dark red color. On the left side, there are faint, semi-transparent silhouettes of industrial structures, including a tall chimney and a building with a staircase. At the bottom of the page, there is a decorative graphic consisting of two overlapping, wavy bands. The top band is a lighter shade of red, and the bottom band is a darker shade of red. The overall design is clean and professional.

6 Metodologia de Cálculo de Potencial de Eficiência Energética

A metodologia adotada para calcular o potencial de eficiência energética está descrita a seguir. Observe que na seção 7, são apresentados os resultados das simulações para ilustrar os ganhos sistêmicos passíveis de serem capturados com a metodologia empregada, comparativamente ao potencial de conservação de energia, calculado a partir da base de dados do Balanço de Energia Útil – BEU, publicado pelo Ministério de Minas e Energia (BEU; MME, 2005).

A metodologia de cálculo dos potenciais técnicos de conservação de energia tem como principal balizadores os consumos, médio e mínimo, de energia térmica e energia elétrica de cada produto principal, ou de cada etapa produtiva, sendo calculados multiplicando-se a produção física anual nacional pelos consumos energéticos específicos, médio e mínimo, de energia térmica e eletricidade.

O consumo específico médio representa a média nacional da energia consumida por unidade física de produto dentro de um processo industrial. Por outro lado, o consumo específico mínimo representa a quantidade de energia que seria consumida pelas empresas industriais se todas elas adotassem tecnologias que correspondem ao estado da arte, em termos de eficiência energética.

As diferenças entre os consumos, médio e mínimo, das energias térmica e elétrica fornecem os correspondentes potenciais técnicos de conservação de energia. Tanto os consumos específicos, como os dados de produção física para cada produto ou etapa produtiva sendo obtidos da literatura técnica, de anuários estatísticos e de visitas técnicas a algumas plantas industriais.

7 Comparação dos resultados do Potencial Técnico de Conservação de Energia

7 Comparação dos Resultados de Potencial Técnico de Conservação de Energia

7.1 Consumos específicos de energia térmica e eletricidade

A seguir, são mostrados os potenciais técnicos de conservação de energia dos dois principais segmentos que compõem a indústria cerâmica: as plantas de revestimentos cerâmicos e as plantas de cerâmica vermelha.

As Tabelas 22 e 23, mostram, respectivamente, os coeficientes de distribuição de energia e os dados de produção e consumos energéticos específicos, para os dois segmentos do setor industrial cerâmico, que foram objeto das análises, para o ano de 2006. Pode-se observar que o consumo específico de energia térmica é muito superior ao de energia elétrica. O uso da energia térmica ocorre em fornos e secadores, enquanto que o da energia elétrica se dá predominantemente em força motriz

A produção de revestimentos cerâmicos em toneladas é resultado do produto desta produção de 637 milhões m², publicada pelo Ministério de Minas e Energia em seu Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não-Metálicos (MME, 2008), pelo peso específico médio estimado destes revestimentos – 8 kg/ m², obtido em uma visita à Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento (ASPACER).

A multiplicação da produção de peças de cerâmica vermelha em 2007, 30 bilhões de peças, valor estimado a partir de uma curta série histórica de valores publicados pela Associação Nacional da Indústria Cerâmica - ANICER (2008), pelo peso específico médio estimado destes revestimentos – 1 kg/peça, obtido em uma visita à Associação de Cerâmicas Vermelhas de Itú e Região – ACERVIR, resulta no valor estimado desta produção em toneladas.

Tabela 22
Coeficientes de distribuição de energia, em %

Coeficientes de distribuição de energia					
Energia térmica		Energia elétrica			Segmento
Aq. direto	Secador	F.Motriz	Eletrólise	Iluminação	
Fornos					
0,6000	0,4000	0,9000	0,0600	0,0400	Rev. Cerâmico
0,7500	0,2500	0,9500	0,0000	0,0500	Cerâmica Vermelha

Tabela 23
Produção e consumos energéticos específicos

Segmento	Produção (t)	Consumo específico de energia (tep/t)			
		Energia térmica		Energia elétrica	
		Médio	Mínimo	Médio	Mínimo
Ver. Cerâmicos	5.096.000	0,0537	0,0502	0,0450	0,0042
Cer. Vermelha	30.000.000	0,0984	0,0502	0,0059	0,0050

Os valores médios dos consumos específicos de energia térmica e de energia elétrica em plantas de revestimentos cerâmicos foram levantados recentemente por Alves et al. (2007). O valor mínimo do consumo específico de energia térmica corresponde ao que pode ser obtido em modernos fornos do tipo túnel (IEA, 2007), enquanto que o valor mínimo do consumo específico de energia elétrica foi obtido em visitas técnicas a tais plantas.

Conforme citado anteriormente, a Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG realizou, em 1994, um estudo sobre o consumo energético e o potencial de conservação de energia na produção de cerâmica vermelha no Estado de Minas Gerais (CEMIG, 1994). Com base neste estudo, pode-se estimar os valores médios dos consumos específicos de energia térmica e de energia elétrica neste segmento industrial. O valor mínimo do consumo específico de energia térmica é o mesmo utilizado para o segmento de revestimentos cerâmicos (IEA, 2007), enquanto que o valor mínimo do consumo específico de energia elétrica foi obtido em uma visita técnica a uma fábrica modelo da ACERVIR.

As estimativas dos coeficientes de distribuição de energia para estes segmentos da indústria cerâmica nacional foram elaboradas utilizando as informações disponíveis nos levantamentos do BEU (MME, 2005), além de informações obtidas nas visitas técnicas a empresas destes segmentos.

7.2 Potenciais técnicos de conservação de energia

Os maiores potenciais técnicos de conservação, tanto de energia térmica como de energia elétrica, ocorrem nas plantas de cerâmica vermelha. A Tabela 24 e os Gráficos 9 e 10 apresentam estes potenciais para os segmentos de revestimentos cerâmicos e de cerâmica vermelha.

O potencial técnico total de conservação de energia dos produtos aqui analisados, como porcentagem de seu consumo energético, é de 43,6%.

Tabela 24
Potenciais técnicos de conservação de energia em 2006, estimados por segmento cerâmico

Plantas	Potencial de Conservação de Energia (tEP)					Total
	Energia térmica		Energia elétrica			
	Aquecimento direto	Secador	Força motriz	Forno Elétrico	Iluminação	
	Fornos					
Rev. Cerâmico	11.007	7.338	1.284	86	57	19.772
Cer. Vermelha	1.084.500	361.500	25.650	0	1.350	1.473.000

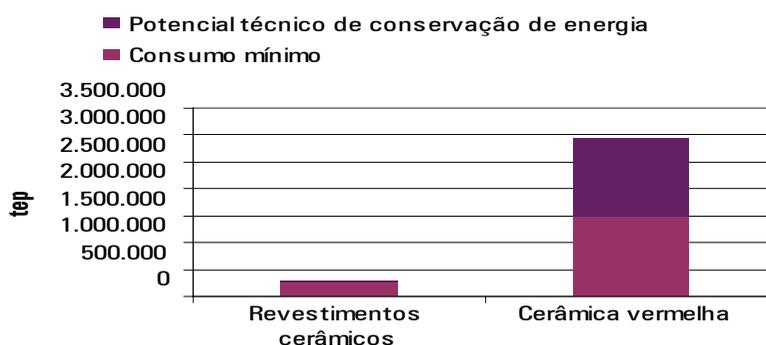


Gráfico 9

Consumos e potenciais técnicos de conservação de energia térmica nos segmentos de revestimentos cerâmicos e de cerâmica vermelha, no Brasil, em 2007

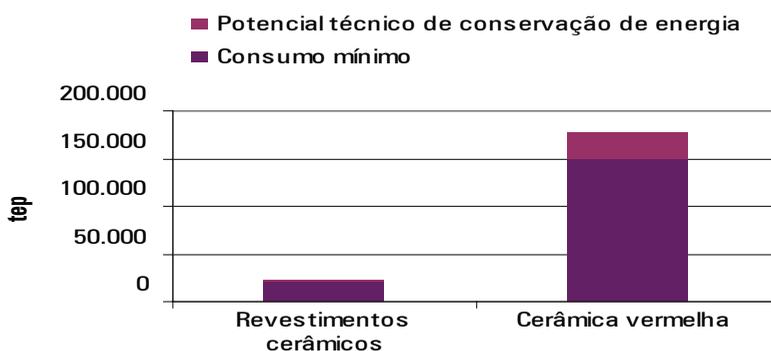


Gráfico 10

Consumos e potenciais técnicos de conservação de energia elétrica nos segmentos de revestimentos cerâmicos e de cerâmica vermelha, no Brasil, 2007

7.3 Potencial de conservação de energia segundo o BEU

O potencial técnico de conservação calculado neste relatório é mais do que o dobro do estimado com base nos dados do BEU (MME, 2005), por conta dos ganhos sistêmicos não computados neste último. A Figura 18 ilustra esta diferença.

Potencial técnico de conservação de energia

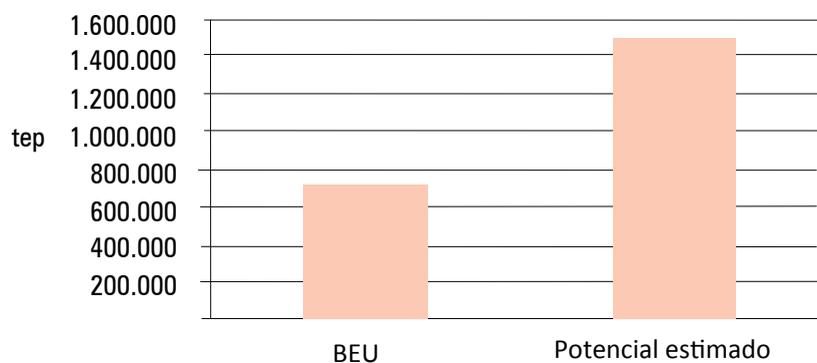
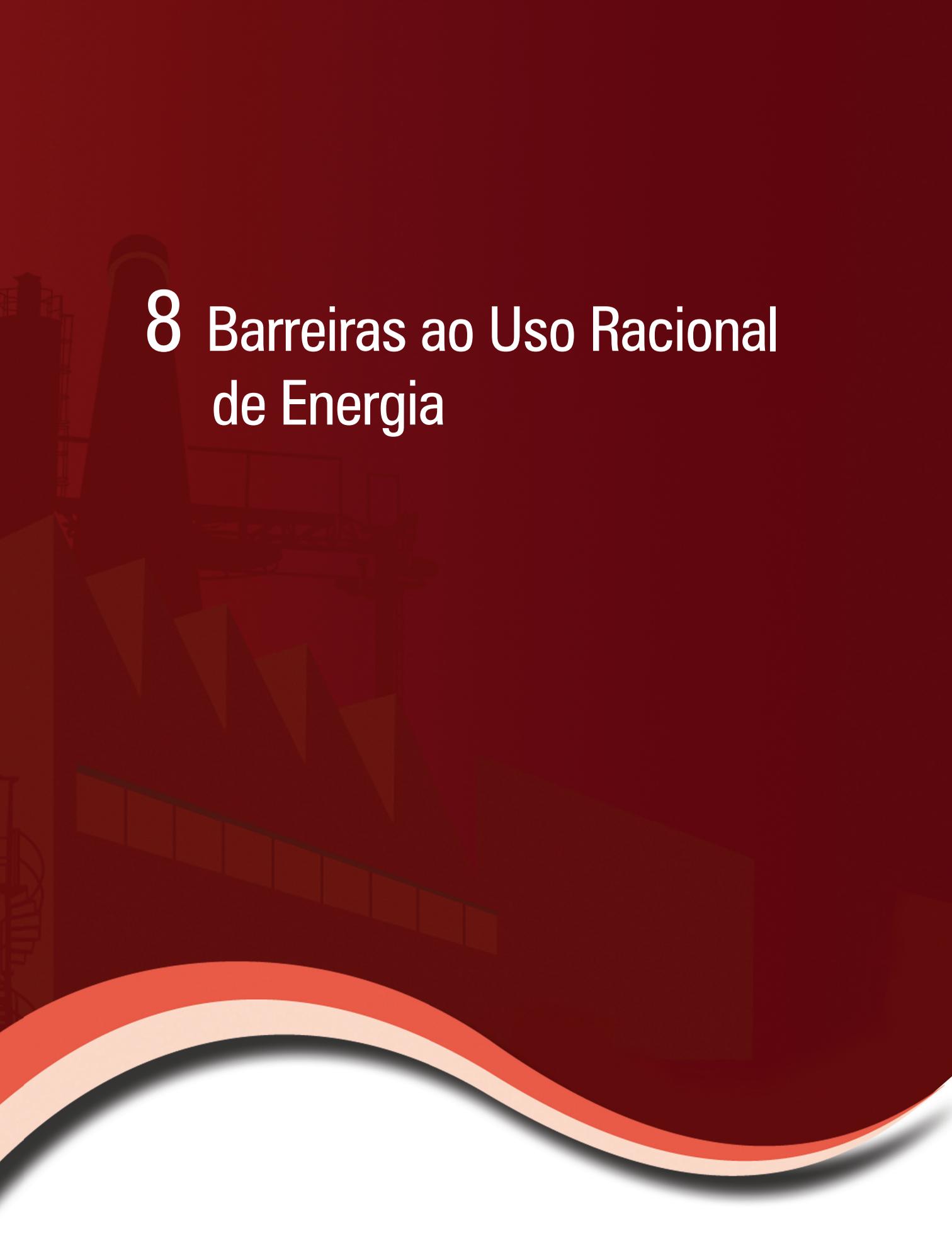


Gráfico 11

Comparação entre os potenciais técnicos de conservação de energia na indústria cerâmica brasileira em 2007, segundo os cálculos deste relatório e as estimativas elaborados com base nos dados do BEU

8 Barreiras ao Uso Racional de Energia



8 Barreiras ao Uso Racional de Energia

Uma aceleração em programas de eficiência energética no âmbito do setor, sem dúvida, tem como pré-requisito a superação de barreiras que dificultam uma maior velocidade em direção à conservação de energia em seu processo produtivo. Entre essas barreiras pode-se destacar: Uma aceleração em programas de eficiência energética no âmbito do setor, sem dúvida, tem como pré-requisito a superação de barreiras que dificultam uma maior velocidade em direção à conservação de energia em seu processo produtivo. Entre essas barreiras pode-se destacar:

- Estrutura legal pouco atrativa para cogeração ou produção de energia independente.
- Necessidade de treinamento de pessoal para identificar oportunidades de eficiência energética e para fazer a gestão dos projetos que se mostrarem viáveis.
- Indisponibilidade de determinadas tecnologias.
- Racionalização do uso de energia compete com outras prioridades de investimentos.
- Elevados investimentos iniciais.
- Incertezas quanto aos preços de energia e altos custos iniciais dos investimentos devido aos impostos de importação.
- Restrições ao financiamento (específico para o setor de ferro-ligas).

9 Considerações Finais



9 Considerações Finais

A utilização exclusiva do transporte rodoviário pelo setor industrial cerâmico, tanto para receber matérias-primas como para distribuir seus produtos, é uma das principais causas de aumento do seu custo de produção. Melhorias nas condições de transportes, com a ampliação de rodovias, aperfeiçoamento do tráfego, a partir da recuperação e da privatização dos principais eixos rodoviários, favoreceram a logística de distribuição dos produtos cerâmicos, mas também encareceu ainda mais a movimentação dos produtos por esse meio de transporte.

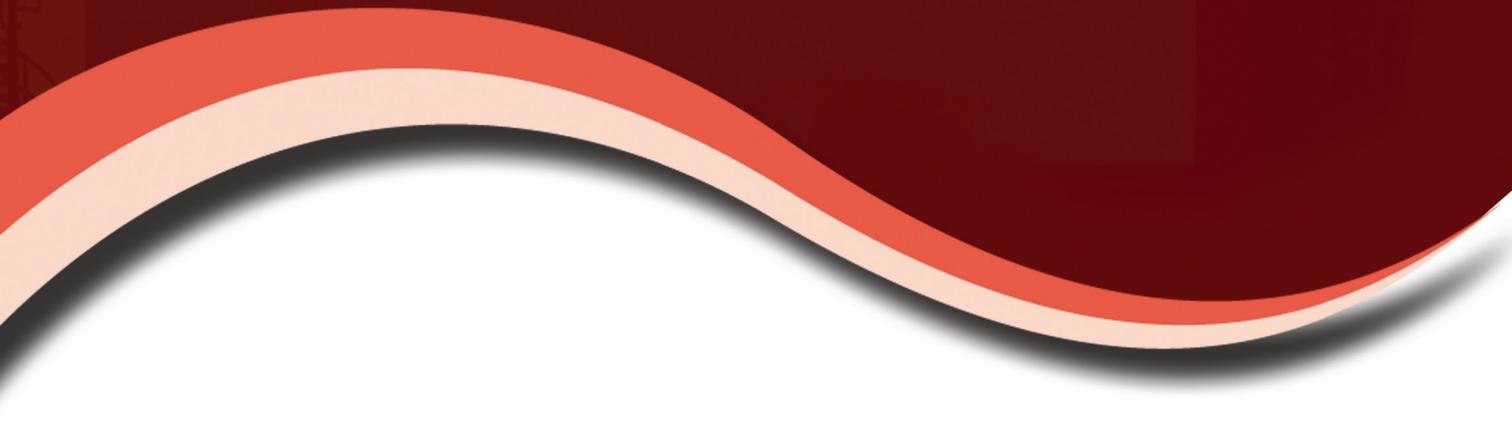
Por outro lado, apesar da melhor trafegabilidade e redução no consumo de combustíveis, os custos de transporte acabaram diminuindo a competitividade das empresas menores e/ou situadas mais distantes dos principais centros de consumo, acarretando o aumento da produção nos pólos industriais. As cerâmicas isoladas no interior tendem a ficar estagnadas e restringir sua produção, direcionando-se apenas para o atendimento ao mercado local.

Do ponto de vista da evolução da demanda do setor, a conjuntura de expansão da economia e a ampliação do poder de compra das classes C e D reflete-se fortemente no mercado da indústria de cerâmica. A construção civil, principal consumidora dos produtos cerâmicos, em expansão, coadjuvado com uma trajetória de queda das taxas de juros e a adoção de medidas pontuais de favorecimento a alguns setores da economia, afins ao setor industrial cerâmico, sinalizam, no curto prazo, para uma recuperação da atividade econômica, que, no entanto, só deverá se materializar de forma lenta e gradual. No longo prazo, o significativo déficit habitacional existente no País aponta para a necessidade da implementação de medidas que visem ao equacionamento desse déficit, o que contribuiria para uma expansão considerável da demanda por produtos do setor industrial cerâmico.

Por outro lado, entidades representativas afirmam que melhor gestão e novas tecnologias podem impulsionar a expansão do setor no curto e médio prazos. A materialização desta tendência ocorre, todavia, com uma velocidade aquém da desejável.

No segmento de revestimentos cerâmicos, por conta da sua forte atuação em exportações, sua competitividade tem sido mantida devido a uma continuada atitude, pró-ativa, na busca da excelência da gestão e a elevação da produtividade. No caso do segmento de cerâmica vermelha, tem-se observado lenta e gradual adoção de novas técnicas de gestão, novos equipamentos, favorecendo, por exemplo a melhoria do desempenho energético dos fornos de blocos cerâmicos estruturais e de telhas. Bustamante e Bressiani (2000) e dados da Anicer (2006) mostram que o segmento de cerâmica vermelha processava, em 2000, 60 milhões de toneladas de matérias-primas por ano. Por conta de desenvolvimento tecnológico, em 2006, viu-se duplicada a capacidade produtiva, quando foram processadas mais de 120 milhões de toneladas. Entretanto, mesmo com esta forte expansão produtiva, o Brasil ainda apresenta uma baixa produtividade, mostrando existir espaço para uma maior atuação na elevação da produtividade, inserção de novas tecnologias de processos e novas opções energéticas. A produtividade média de 12 a 14 mil peças/operário/mês, que varia bastante conforme a região, é insignificante em comparação com a européia, de 200.000 peças/operário/mês. A mão de obra ainda é, em sua maioria, semi-analfabeta. Os problemas continuam no mercado consumidor, que não é muito exigente com os produtos e suas especificações. Este fato acaba ocasionando a despreocupação de alguns fabricantes em adaptar suas empresas para demandas maiores, com dimensões padronizadas e qualidade assegurada, para a permanência nos mercados (Disponível em: <www.anicer.com.br>).

Referências



REFERÊNCIAS

ALVES, J.A.; MELCHIADES, F.G.; BOSCHI, A.O. Levantamento inicial do consumo de energias térmica e elétrica na indústria brasileira de revestimentos cerâmicos. **Revista Cerâmica Industrial**, 12 (1/2), jan./abr., pp. 17-21, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA (ABC). **Cerâmica no BRASIL**: números do setor: introdução. Disponível em: <www.abceram.org.br/asp/abc_281.asp>. Acesso em: 22 dez. 2007.

_____. **Cerâmica no BRASIL**: números do setor: materiais de revestimento. Disponível em: <www.abceram.org.br/asp/abc_288.asp>. Acesso em: 15 dez. 2007

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO (ANFACER). **Site**. Disponível em: <www.anfacer.org.br>. Acesso em: 15 jul. 2008.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA (ANICER). **Site**. Disponível em: <www.anicer.com.br>. Acesso em: 20 jul. 2007.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DAS CERÂMICAS DE REVESTIMENTO (ASPACER). **Dados obtidos em visita técnica**. São Paulo, 2007.

BAJAY, S. V. et. al. **Análise e desenvolvimento de metodologia visando a implementação de projetos de eficiência energética na indústria**. Brasília: CNI, 2008. Em elaboração.

BNDES. **Panorama do setor de revestimentos cerâmicos**. Rio de Janeiro, 2006. 22 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco de energia útil**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: mar. 2008.

_____. **Anuário estatístico do setor de transformação de não-metálicos**. Brasília, 2008.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE). **Balanco energético nacional 2007**. Rio de Janeiro, 2007.

BUSTAMANTE, G.M.; BRESSIANI, J.C. A indústria cerâmica brasileira. **Revista cerâmica Industrial**, 5 (3), p. 31-36., maio/jun., 2000.

CASTRO, N.; PACHECO, C. **Análise das possibilidades de expansão do uso do gás natural na indústria cerâmica brasileira**. Rio de Janeiro: BGN. N. 2, IE-UFRJ, 2005.

CEMIG. **Estudo de otimização energética setor cerâmica vermelha**. Belo horizonte, MG, 1994.

CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS (CTGÁS). **Site**. Disponível em: <www.ctgas.com.br/materias/artigo_rio_oil_gas.html>. Acesso em: 2 ago. 2007.

COGESP. **Site**. Disponível em: <www.cogesp.com.br/cogesp/case/2004/coger_GN_Ceram_24092004>. Acesso em: maio 2008.

FIESP; CETESB. **Guia de produção + limpa do setor cerâmico**. São Paulo, 2006.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Indicators for industrial energy efficiency and CO2 emissions: a technology perspectives**. Paris, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Site**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 13 jul. 2007.

STAY TINCLAY. **Site**. Disponível em: <www.staywithclay.com>. Acesso em: 3 set. 2008.

TRIBUNA DO DIA. **Site**. Disponível em: <www.tribunadodia.com.br/home>. Acesso em: 17 AGO. 2008

VALE, S.A, VARELA, M.L., DUTRA, R.P.S., NASCIMENTO R.M., PASKOCIMAS, C.A.; FORMIGA, F.L., A minimização dos impactos ambientais causados pela produção de cerâmica vermelha com utilização da análise racional para a formulação de massa. **Revista Cerâmica Industrial**, 11 (5/6), p. 39-41, set./dez., 2006.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

Unidade de Competitividade Industrial – COMPI

Wagner Cardoso
Gerente de Infraestrutura

Equipe Técnica
Francine Costa Vaurof
Rafaella Sales Dias
Rodrigo Sarmento Garcia

Adriana Ribeiro
Produção Editorial

SUPERINTENDÊNCIA DE SERVIÇOS COMPARTILHADOS – SSC

Área Compartilhada de Informação e Documentação – ACIND

Renata Lima
Normalização

Consultores

Carlos Roberto Rocha
Sérgio Bajay
Filipe Debonzi Gorla

Equipe Técnica

ELETOBRAS / PROCEL

PROCEL INDÚSTRIA

Alvaro Braga Alves Pinto
Bráulio Romano Motta
Carlos Aparecido Ferreira
Carlos Henrique Moya
Marcos Vinícius Pimentel Teixeira
Roberto Ricardo de Araujo Goes
Rodolfo do Lago Sobral

Colaboradores

George Alves Soares
Humberto Luiz de Oliveira
Marília Ribeiro Spera
Roberto Piffer
Vanda Alves dos Santos

Cristine Bombarda Guedes
Revisão Gramatical

Kelli Mondaini
Revisão Gráfica

CT Comunicação
Projeto Gráfico/Editoração



Ministério de
Minas e Energia

