

## Levantamento Inicial do Consumo de Energias Térmica e Elétrica na Indústria Brasileira de Revestimentos Cerâmicos

**Helton José Alves, Fábio Gomes Melchiades, Anselmo Ortega Boschi\***

*Laboratório de Revestimentos Cerâmicos – LaRC,  
Departamento de Engenharia de Materiais – DEMa,  
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar,  
Rod. Washington Luiz, km 235, 13565-905 São Carlos - SP  
\*e-mail: daob@ufscar.br*

**Resumo:** O presente artigo apresenta alguns dos principais resultados obtidos em um levantamento inicial do consumo e dos custos energéticos envolvidos na fabricação de revestimentos cerâmicos no Brasil. Apesar da elevada representatividade dos custos energéticos sobre o custo total de fabricação dos revestimentos cerâmicos, até o presente momento nenhum estudo foi feito especificamente para o setor, no sentido de quantificar o consumo energético das empresas e relacioná-los com as particularidades de seus processos produtivos. São apresentados os resultados obtidos através de medições de consumo de energia térmica e elétrica em cada uma das etapas do processo de fabricação por via seca de uma indústria brasileira. Tais resultados são comparados com os consumos energéticos apresentados pelas empresas brasileiras que utilizam o processo de via úmida, bem como, com os dados existentes na literatura a respeito do consumo das indústrias italianas de revestimentos cerâmicos. Além disso, é destacada a importância do levantamento destes dados para a tomada de decisões estratégicas na busca de garantir a competitividade das empresas do setor de revestimentos cerâmicos no Brasil.

**Palavras-chave:** *consumo energético, levantamento energético, gás natural, energia elétrica, via seca, via úmida.*

### 1. Introdução

Muito embora seja senso comum que os gastos com energia térmica e elétrica representam parte considerável do custo de produção dos revestimentos, não se tem notícia de levantamentos devidamente realizados sobre esse tema na indústria brasileira de revestimentos cerâmicos. Sem informações confiáveis e sistematicamente colhidas (histórico) sobre o consumo energético de cada equipamento é impossível tomar medidas no sentido de aumentar a eficiência energética e conseqüentemente reduzir o custo de produção.

A diminuição do consumo de energia de uma indústria pode resultar tanto em uma redução de custos, devido a menor demanda energética exigida, quanto num ganho em produtividade, quando é de interesse da empresa manter a demanda de energia contratada, aproveitando a “quantidade” de energia que seria “economizada”, para expandir a produção, investindo em novos equipamentos ou aumentando o número de linhas de produção.

Além da administração da rotina de uma empresa já instalada, as informações sobre o custo energético são fundamentais para decisões sobre expansões de produção, novos equipamentos e até mesmo novas unidades ou empresas.

Nesse sentido, considerando-se o porte da indústria brasileira de revestimentos cerâmicos, o fato de que o mercado tem se tornado mais competitivo a cada dia e que qualquer redução do custo de fabricação pode representar ganhos em termos de competitividade, é fundamental que se dê mais atenção a esse tema urgentemente.

Além dos aspectos econômicos, o fator energético está intimamente associado ao meio ambiente e, via-de-regra, a melhoria da eficiência energética traz consigo ganhos ambientais.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi fazer um levantamento inicial de aspectos energéticos relacionados à indústria brasileira de revestimentos cerâmicos. Mais especificamente, considerando que no Brasil os revestimentos são produzidos por duas rotas

distintas, a via úmida e seca, este levantamento inicial se propôs a colher informações no sentido de responder às seguintes perguntas:

- Qual a diferença entre os custos energéticos da via úmida e seca?
- Como o consumo energético da via úmida brasileira se compara com os europeus? e
- Como o consumo energético se distribui ao longo de cada etapa do processo produtivo?

### 2. Uso da Energia na Indústria de Revestimentos Cerâmicos

O processo de produção de revestimentos cerâmicos requer um elevado consumo energético, o qual reflete efetivamente na composição dos custos de produção. Sabe-se que, na Itália, os gastos com energia representam cerca de 23% do custo médio total de produção, o que evidencia o custo energético como um dos que mais tem peso sobre o preço do produto acabado<sup>1</sup>.

A Figura 1 ilustra as etapas de processamento utilizadas pelas indústrias de via úmida e os tipos de energia utilizados em cada etapa. De uma maneira geral, o processamento dos produtos por via úmida se diferencia da via seca principalmente pela etapa de moagem, onde na via seca não se utiliza água, dispensando assim, a presença do atomizador. Dessa forma, a Figura 1 também pode representar o processo produtivo da via seca quando se exclui a etapa de atomização.

#### 2.1. Evolução do consumo energético

A evolução do consumo de energia térmica e elétrica no setor de revestimentos cerâmicos nas últimas décadas pode ser acompanhada pelo crescimento da produção mundial. Dentre as poucas publicações existentes sobre o tema, merece destaque um levantamento realizado no setor de revestimentos cerâmicos espanhol, onde se pode observar

através da Figura 2, que em uma década o consumo de energia elétrica e térmica praticamente quadruplicou, sendo que neste mesmo período a produção de revestimentos na Espanha quase triplicou<sup>2</sup>.

É importante ressaltar que a produção espanhola continuou aumentando progressivamente nesta última década, passando de 400 milhões de m<sup>2</sup> em 1995 para 648 milhões de m<sup>2</sup> em 2005.

### 2.1.1. Gás natural

O gás natural, atualmente, é a principal fonte de geração de energia térmica utilizada pelas indústrias de revestimentos cerâmicos no mundo. As etapas do processamento do material cerâmico que necessitam de calor, para que todas as transformações físico-químicas aconteçam, são: atomização (via úmida), secagem e queima. No cenário brasileiro, o estado de São Paulo é o maior produtor nacional de revestimentos cerâmicos, onde mais de 60% das indústrias do setor estão concentradas. A participação do consumo de gás natural do setor cerâmico, sobre o volume total que é comercializado dentro do estado representa 16%<sup>3</sup>, ocupando o segundo lugar e ficando somente atrás da indústria química/petroquímica, conforme mostra a Figura 3.

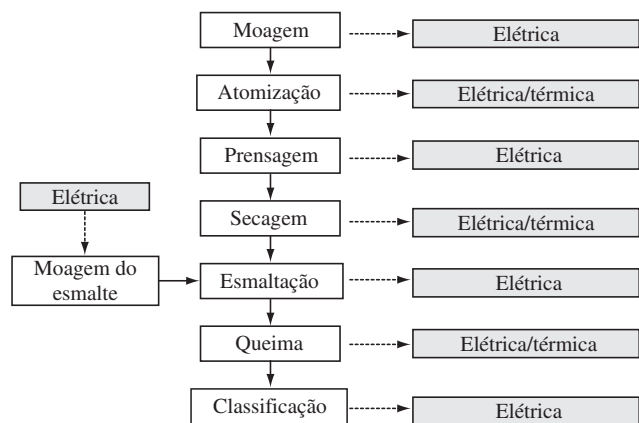


Figura 1. Fluxograma das etapas de processamento de revestimentos cerâmicos por via úmida e os tipos de energia utilizados em cada etapa.

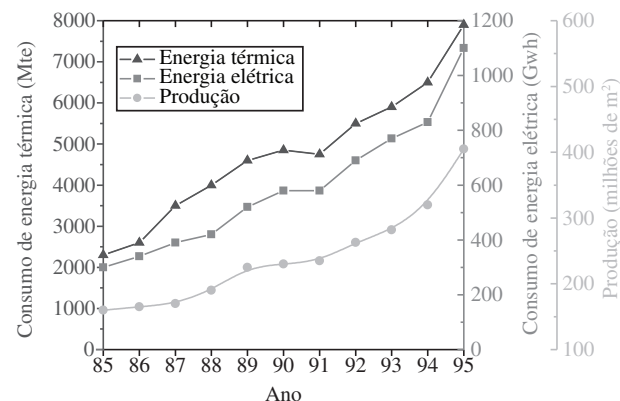


Figura 2. Evolução do consumo energético e da produção de revestimentos cerâmicos espanhola.

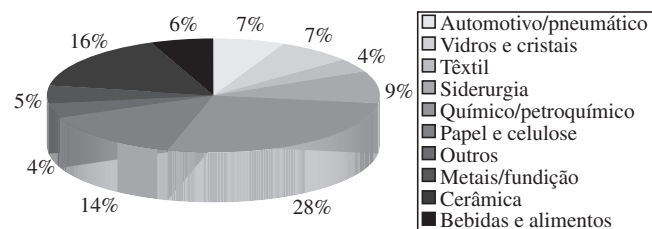


Figura 3. Participação dos diversos setores no consumo de gás natural no estado de São Paulo<sup>3</sup>.

A grande parte do valor do custo energético das indústrias de revestimento cerâmicos pode ser atribuída ao gás natural. Isso faz com que as empresas busquem alternativas para aumentar sua eficiência, através da diminuição do consumo e aumento da produtividade.

## 3. Levantamento do Consumo e Custo Energético

Foram realizados dois tipos de trabalhos paralelos: o primeiro consiste no levantamento detalhado do consumo elétrico e térmico de uma indústria de via seca, onde também foi feita uma análise dos custos energéticos apresentado pela mesma; no segundo realizou-se uma comparação entre o consumo térmico e os custos energéticos de algumas empresas de via seca e via úmida. Na seqüência, as atividades relacionadas ao desenvolvimento de cada trabalho, são detalhadas separadamente.

### 3.1. Levantamento energético em empresa de via seca

A indústria onde foi realizado o levantamento localiza-se no pólo produtivo de Santa Gertrudes - SP e fabrica revestimentos do tipo BIIb esmaltados, de formato nominal 43 x 43 cm e espessura de 8,6 mm. Esta indústria não possuía nenhum tipo de indicativo de consumo específico dos equipamentos consumidores e o principal objetivo foi determiná-lo através de medições diretas.

As medidas de consumo de energia elétrica foram feitas em “painéis de energia” (onde passam os cabos condutores) que antecedem a entrada de energia em cada equipamento consumidor. Para isso, foram utilizadas pinças amperimétricas e multímetros, sendo necessárias posteriores correções e conversões dos valores obtidos.

As medições do consumo de energia térmica (gás natural) foram feitas através de leituras do volume de gás consumido em um determinado intervalo de tempo, sendo também necessário conhecer os valores de pressão e temperatura nos pontos da tubulação que antecedem a entrada de gás nos secadores e fornos. Os valores de volume observados foram corrigidos através de uma normalização, de maneira que, todas as medidas realizadas pudessem ser comparativas<sup>4</sup>.

Foram realizadas três medições diárias, em horários distintos, durante o período de um mês, o que foi necessário para que se tivesse um acompanhamento da média de consumo da indústria em um intervalo de tempo maior, tornando os resultados mais confiáveis e representativos.

O próximo passo foi transformar os valores de consumo de energia elétrica, obtidos inicialmente em kWh, e os valores de consumo de gás natural, em m<sup>3</sup>/dia, para uma única unidade: kcal/kg de produto queimado. Dessa forma, foi possível comparar o consumo elétrico com o consumo térmico, ou ainda, obter um valor do consumo total pela soma dos dois tipos de energias. A unidade kcal/kg permite comparar o consumo entre fábricas que produzem produtos com características diferentes, tipologias variadas, ou ainda, que produzem produtos por rotas distintas, como é o caso da via seca e via úmida.

Também foi feita uma análise de custos com base nas tarifações determinadas pelas concessionárias abastecedoras do estado de São Paulo vigentes no período em que foram realizadas as medições (setembro/2006). Dessa maneira, foi determinada a participação de cada tipo de energia sobre o custo energético global da fábrica, bem como, quanto os gastos com energia atuam sobre o custo médio total por m<sup>2</sup> de produto acabado.

### 3.2. Comparação entre via seca e via úmida

Foram contatadas várias empresas brasileiras de via seca e via úmida, que produziam produtos de formato 43 x 43 cm, do tipo BIIb (tipologia produzida pela empresa analisada no item 3.1), com o objetivo de conhecer os valores do consumo médio de gás natural dos secadores, fornos e atomizadores (via úmida) disponibilizados pelas

mesmas. Assim, foi possível construir uma tabela comparativa, onde o consumo de cada equipamento e o consumo térmico total pudessem ser comparados entre as fábricas.

#### 4. Resultados e Discussão

Os resultados a seguir são referentes às medições de consumo realizadas na fábrica descrita no item 3.1. A Figura 4 apresenta os resultados do consumo de energia elétrica (em %), dividido por setores da fábrica.

Observa-se que 28% do consumo de energia elétrica da empresa analisada estão associados à etapa de queima, onde se incluem os fornos e pulmões. Os consumos de energia elétrica da etapa de prensagem e da etapa de moagem da massa (moinhos, peneiras vibratórias, elevadores, correias transportadoras e granulador) são expressivos também, pois ocupam o segundo e terceiro lugar, respectivamente, no total de eletricidade consumida. É importante destacar, que os desvios das medidas efetuadas ao longo do período das medições foram muito baixos para praticamente todos os equipamentos.

A Figura 5 apresenta o percentual de participação das etapas secagem e queima sobre o consumo de energia térmica. Foi possível observar que o consumo da etapa de queima, representa cerca de 80% do total de gás natural consumido pela fábrica, ou seja, o consumo dos fornos atinge valores até quatro vezes maiores do que os apresentados pelos secadores.

Após a conversão de todos os resultados obtidos para uma única unidade, kcal/kg de produto queimado, foi possível obter valores totalizados de consumo energético (elétrico + térmico), conforme pode ser observado na Tabela 1.

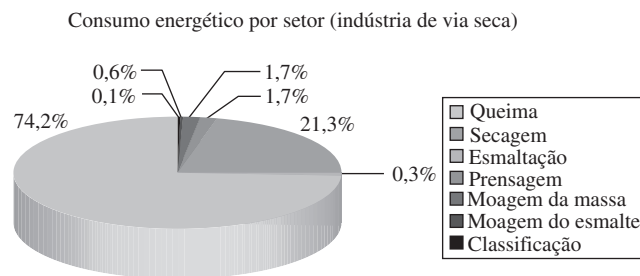
Fazendo-se um balanço sobre o consumo térmico global da fábrica pode-se dizer que o consumo de energia envolvido na produção de revestimentos cerâmicos é de aproximadamente 582 kcal/kg, conforme pode ser visto na Tabela 1. Dessa forma, foi calculada a participação do consumo médio de cada setor sobre o consumo médio global da fábrica (Figura 6). Os setores de secagem e queima juntos são responsáveis por 95,5% do consumo energético total. Os setores de prensagem e moagem da massa aparecem em terceiro e quarto lugares, apresentando pequena participação (1,7%) sobre o total de

energia consumido. Por sua vez, os demais setores (moagem de esmalte, esmaltação e classificação) apresentam consumos energéticos desprezíveis quando se compara com os valores apresentados pelas outras etapas.

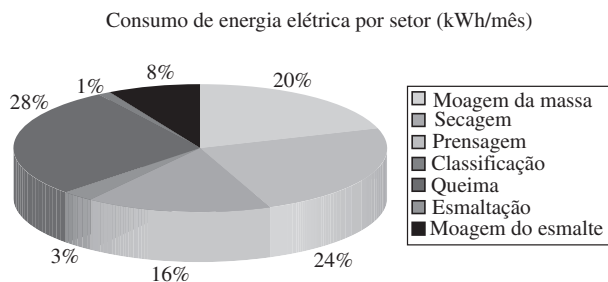
Com base nos valores da Tabela 1, pode-se dizer que o consumo elétrico representa apenas 8% do valor do consumo energético global da fábrica, conforme pode ser visto na Figura 7. Porém, quando se calcula a participação do consumo elétrico sobre o custo energético, é possível notar que o mesmo atinge o valor de 22% (Figura 8), o que evidencia o elevado custo da energia elétrica paga pela empresa.

**Tabela 1.** Valores globais de consumo energético em kcal/kg de produto queimado.

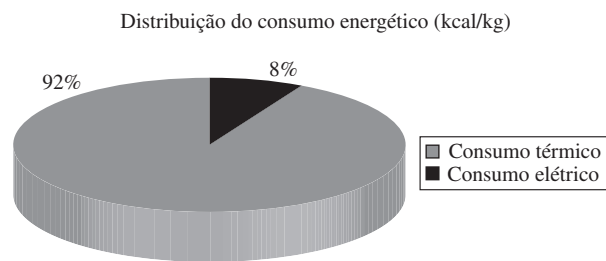
Etapas de processamento	Consumo energético (kcal/kg)		
	Elétrico	Térmico	Total
Moagem de massa	10,15	-	10,15
Prensagem	10,12	-	10,12
Secagem	6,67	117,50	124,17
Esmaltação	1,46	-	1,46
Queima	11,91	420,00	431,91
Classificação	0,40	-	0,40
Moagem de esmalte	3,70	-	3,70
Soma	44,41	537,50	581,91



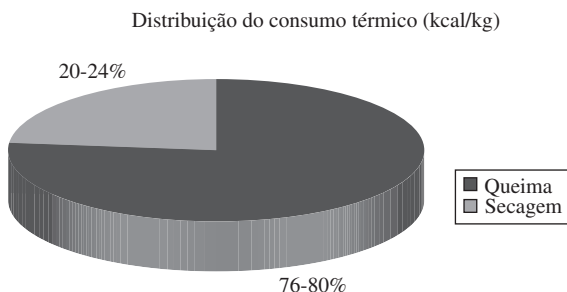
**Figura 6.** Distribuição do consumo global de energia por setor.



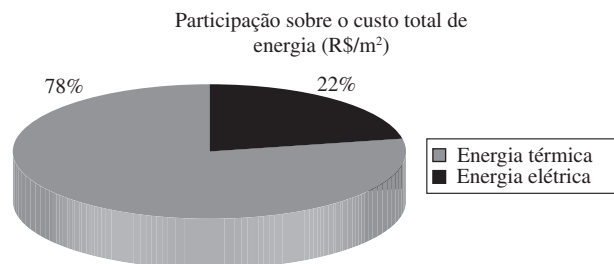
**Figura 4.** Distribuição do consumo de energia elétrica por setor.



**Figura 7.** Participação dos consumos elétrico e térmico sobre o consumo energético total.



**Figura 5.** Distribuição do consumo de energia térmica por setor.



**Figura 8.** Participação dos consumos elétrico e térmico sobre o custo energético total.

A Tabela 2 apresenta os valores de consumo médio de gás natural dos fornos, secadores e atomizadores (via úmida), fornecidos por várias empresas de via seca e via úmida brasileiras (item 3.2). Vale ressaltar que estes dados foram disponibilizados pelas empresas, e portanto, a metodologia adotada no caso apresentado anteriormente, não foi aplicada a todas. Porém, estes valores podem ser um indicativo de que realmente existem grandes diferenças de consumo entre as empresas do setor.

Nota-se na Tabela 2 que existem grandes diferenças entre os valores de consumo térmico total, tanto entre o grupo de empresas que utilizam a mesma via de processamento, como entre a via seca e a via úmida. No primeiro caso é possível observar variações consideráveis no consumo apresentado pelos fornos, secadores e atomizadores, principalmente entre as empresas A e B (via úmida), resultando em uma diferença de 293 kcal/kg entre os consumos totais das duas fábricas. Também merece destaque a diferença de 122 kcal/kg observada entre as empresas E e G (via seca). No segundo caso, pôde-se notar que o consumo térmico das empresas de via úmida (A, B, C e D) é muito maior (até duas vezes) do que o apresentado pelas de via seca (E, F, G e H), principalmente pela presença do atomizador utilizado no processamento por via úmida. A empresa denominada como E na Tabela 2, é a mesma onde foram feitas as medições de consumo apresentadas no início deste item, e também foi a que se destacou por possuir o menor consumo de todas.

A Tabela 3 contém os dados publicados sobre o consumo térmico médio dos equipamentos utilizados na fabricação de revestimentos de base clara e vermelha pela via úmida italiana<sup>4</sup>. É válido destacar que estes dados são reflexos de um levantamento realizado na Itália com 230 secadores, 200 fornos e 40 atomizadores, o que evidencia a confiabilidade dos resultados. Observa-se na Tabela 3 que os valores obtidos para os secadores e os fornos das indústrias que produzem revestimentos de base clara são parecidos com as de base vermelha, entretanto, o consumo médio dos atomizadores é muito distinto.

Quando se compara os valores da Tabela 3 com os apresentados na Tabela 2, nota-se que o consumo térmico total da via úmida brasileira pode ser considerado semelhante ao da via úmida italiana, pois os valores apresentados na Tabela 3 são médios, podendo haver desvios nos mesmos. Porém, sem levar em conta os desvios, o que se observa é que os consumos dos secadores italianos são, em geral, menores do

**Tabela 2.** Consumo térmico dos equipamentos utilizados pelas indústrias de via seca e via úmida.

Empresa	Tecnologia	Consumo térmico médio (kcal/kg)			
		Fornos	Secadores	Atomizadores	Total
A	Úmida	593	172	418	1183
B	Úmida	455	105	330	890
C	Úmida	520	150	365	1035
D*	Úmida	450	-	-	1050
E	Seca	420	118	-	538
F	Seca	411	149	-	560
G	Seca	464	196	-	660
H	Seca	415	175	-	590

\* A empresa D não forneceu os valores de consumo dos secadores e atomizadores da fábrica.

**Tabela 3.** Consumo térmico dos equipamentos da indústria de via úmida italiana<sup>4</sup>.

Base	Consumo térmico médio (kcal/kg)			
	Fornos	Secadores	Atomizadores	Total
Clara	627	107	312	1046
Vermelha	693	99	478	1270

que os brasileiros. Já o consumo apresentado pelos fornos é bastante superior aos brasileiros.

Na Figura 9 é ilustrada uma estimativa do custo médio em R\$, de acordo com o consumo energético em kcal/kg apresentado pelas indústrias brasileiras. Para a realização desta estimativa foram fixadas como base para os cálculos, uma produção de 2.000.000 m<sup>2</sup>/mês e uma relação igual a 17 kg/m<sup>2</sup> de produto queimado. Analisando o gráfico da Figura 9 é possível observar que uma diferença de consumo de 100 kcal/kg pode representar um valor de cerca de R\$ 290.000,00/mês pago pela empresa. Esta diferença exemplificada pode ser observada até mesmo dentro de uma mesma fábrica, como por exemplo, o caso de equipamentos semelhantes de distintas linhas de produção que apresentam grandes diferenças de consumo entre si.

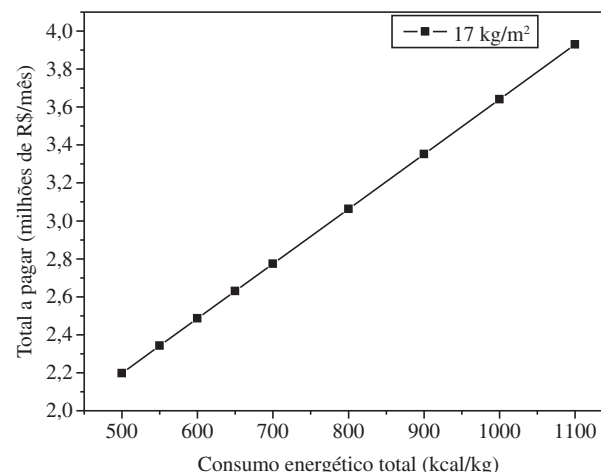
Comparando os dados do consumo térmico médio das empresas de via seca com os da via úmida (Tabela 2), e fazendo uso do gráfico presente na Figura 9, nota-se que a diferença entre as mesmas pode atingir valores de até 645 kcal/kg. Isso implica em um incremento no custo da via úmida em relação à via seca (somente levando em conta o consumo de gás natural) de até R\$ 1.900.000/mês.

## 5. Comentários Finais

Com base nos resultados obtidos é possível fazer os seguintes comentários:

- em geral, no que diz respeito aos aspectos energéticos, a via seca é muito mais barata do que a via úmida;
- a via úmida brasileira se assemelha com a italiana nos valores de consumo térmico total, porém, possui aparentemente, um menor consumo dos fornos; e
- as etapas do processo produtivo (na fábrica de via seca analisada) que mais consomem energia são: queima e secagem, com 74,2 e 21,3% de participação sobre o valor do consumo total, respectivamente. O restante da energia consumida, 4,5% do total, está distribuído entre as outras etapas da produção.

O conhecimento detalhado sobre o consumo de cada equipamento ou etapa do processo produtivo permite indicar qual(is) é(são) o(s) principal(is) responsável(is) pelo consumo total apresentado pela empresa. Ao analisar as diferenças dos consumos entre as empresas, podem ser levados em conta também, algumas características dos equipamentos analisados, como: fabricantes, dimensões e condições de operação. Através deste conhecimento, é possível realizar um gerenciamento energético, onde ações importantes como a redução do consumo por ajustes nos equipamentos ou pela compra/troca dos mesmos podem ser mais bem planejadas, refletindo numa possível redução dos gastos com energia.



**Figura 9.** Variação do custo energético de acordo com a variação do consumo energético total.

Os resultados apresentados são dados iniciais de um levantamento energético que abrangerá posteriormente um número maior de indústrias de revestimentos. Por se tratar de um levantamento inicial os dados não necessariamente representam o setor como um todo, porém indicam uma possível realidade de discrepância entre o consumo térmico das indústrias que o compõe. Futuramente, outros trabalhos mais completos serão publicados, através dos quais se espera traçar um perfil energético da indústria brasileira de revestimentos cerâmicos. Para isso, a participação e abertura das indústrias para a realização deste tipo de trabalho são de fundamental importância.

## Referências

1. Crasta, G. P. Costi e ricavi dell'industria ceramica italiana. **Ceramic World**, v. 16, n. 65, p. 46-50, 2006.
2. Enrique, J. E., et al. Evolución de los consumos de energía térmica y eléctrica en el sector de baldosas cerámicas. **Técnica cerámica**, n. 246, España, 2006.
3. Comgás – Companhia de Gás de São Paulo. Disponível em: <http://www.comgas.com.br/>. Data da consulta: 25/01/2007.
4. Nasseti, G., et al. **Piastrelle Ceramiche & Energia**. p. 20, 109-113, Centro Ceramico, Bologna, Itália, 1998.