



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU* "EM FORMAS  
ALTERNATIVAS DE ENERGIA"**

**MÁRCIO MACHADO VALE**

**CERÂMICA CANAÃ: propostas para o uso racional da  
energia.**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2009**

**MÁRCIO MACHADO VALE**

**CERÂMICA CANAÃ: propostas para o uso racional da energia.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia para a obtenção do título de especialização.

Orientador  
Prof.: Carlos Alberto Alvarenga

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2009**

**MÁRCIO MACHADO VALE**

**CERÂMICA CANAÃ: propostas para o uso racional da energia.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia para a obtenção do título de especialização.

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

---

Prof. Carlos Alberto Alvarenga  
Orientador

---

Prof. Gilmar Tavares  
Coordenador do curso FAE

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2009**

Dedicar uma pessoa um trabalho que realizamos com afinho e determinação é, antes de tudo, reconhecer que ela contribuiu de algum modo. Então dedico esta monografia a todos aqueles que direta e/ou indiretamente participaram da efetivação desta.

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, pela sua infinita misericórdia. A quem esteve sempre do nosso lado: mãe Laércia (in memorian), a minha esposa Cilene, aos meus filhos Dracy e José Neto pela dedicação e carinho.

Aos amigos que acompanharam este longo e árduo caminho em especial. Ao orientador Carlos Alberto Alvarenga, pois foi justamente a sua competência e compreensão que oportunizaram a realização desse trabalho.

“Anular a capacidade de trabalho de um indivíduo é roubar-lhe a própria essência de viver. Eliminar as dificuldades e os problemas que lhes cercam a sobrevivência é privar o seu raciocínio e inibir sua criatividade, alienando-se no comodismo e jogando-o no tédio. Pois somente se compreende a vida como uma luta constante, onde a esperança do amanhã, à vontade de participar e realizar estejam presentes em cada gesto e atitude, porque é o desafio que nos difere das demais espécies. Dos desafios nasce a capacidade de pensar, compreender, aprender, produzir, realizar e escolher o caminho”.

***Paulo Ricardo Ross (2003).***

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	i
<b>RELATÓRIO FOTOGRÁFICO</b> .....	ii
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 CARACTERIZAÇÃO DA CERÂMICA CANAÃ</b> .....	3
2.1. Localização e Peculiaridade da região .....	3
2.2. Infra-estrutrua e Mão-de-obra .....	4
2.3. Relação de Máquinas e Equipamentos.....	6
2.4. Fluxograma do Processo de Extração .....	8
2.5. Fluxograma do Processo de Produção de Cerâmica .....	10
<b>3 EXPERIENCIA DA CERÂMICA BETEL</b> .....	14
3.1. Principais Falhas Verificadas na Cerâmica Betel .....	14
<b>4 CERÂMICA CANAÃ: propostas para o uso racional da energia</b> .....	16
4.1. Soluções Proposta pela Cerâmica Canaã.....	16
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	30
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	33
<b>ANEXOS</b>	

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Planta baixa de interligação dos dutos que serão construídos;

FIGURA 2 – Posicionamento das máquinas com seus respectivos motores;

FIGURA 3 – Corte transversal destacando as opções para aproveitamento dos gases quentes entre fornos e entre fornos e câmara de secagem;

FIGURA 4 – Detalhes dos canais de condução os gases quentes destacando-se a entrada por baixo da câmara de secagem;

FIGURA 5 – Detalhes dos canais com a opção do aproveitamento dos gases quentes pela entrada lateral da câmara de secagem;

FIGURA A – Diagrama básico de um sistema de bombeamento d'água com energia fotovoltaica para o uso direto em corrente contínua;

FIGURA B – Diagrama esquemático de sistema fotovoltaico com opção para uso de corrente contínua (bomba d'água) ou corrente alternada (iluminação).







## RESUMO

Esta pesquisa objetiva viabilizar, de forma eficiente e eficaz, a sustentabilidade na Cerâmica Canaã: propostas para o uso racional da energia. A metodologia adotada para este estudo foi a pesquisa bibliográfica, sedimentada nos seguintes autores: ALVARENGA, C. A, GOULART, H.M.C, MENDES, L.M. et all, Poole, A D.; Holanda, J. B.; Tolmasquim, M. T e SIEMENS SOLAR INDUSTRIES, das quais se extrai uma variedade de fatores do tipo: social, cultural e econômico que influenciam no desenvolvimento e na forma de utilização de energia. A sistematização do trabalho consiste em focar a prática produtiva das cerâmicas Betel e Canaã, as quais têm suas especificidades evidenciadas não só em texto, mas também em imagens que fundamentam as suas funcionalidades. Com base em análise na sistemática de funcionamento da Cerâmica Betel, foram identificados vários fatores geradores de desperdícios não só de energia, mas também de matéria-prima, mão-de-obra, tempo, entre outros, que serviram como suporte para a elaboração de sugestões técnicas que, em prática mudarão o cenário produtivo da Cerâmica Canaã. Este trabalho pretende, ainda, proporcionar não só uma ação conscientizadora daqueles que fazem esse tipo de indústria, mas também para a sociedade como um todo, que necessita desse tipo de serviço e que zela pelo meio ambiente.

Palavras-chave: Energia alternativa, co-geração, Cerâmica Betel, Cerâmica Canaã.

## 1 INTRODUÇÃO

O principal objetivo deste trabalho é diagnosticar as energias que envolvem o processo produtivo de uma cerâmica, no sentido de racionalizar o seu uso, baixar os custos de produção e contribuir para o desenvolvimento mais sustentável da atividade.

No que se refere ao uso de energia elétrica da concessionária local, convém chamar a atenção para a solução prática e eficiente da correção do fator de potência e eliminação da cobrança de excedente reativo. Destacam-se as peculiaridades da região, como temperatura, umidade relativa do ar, insolação e nebulosidade, ventos e evaporação, como fatores que influenciam diretamente na atividade. Apresentam, ainda, as principais máquinas e os equipamentos em seqüência, na linha de produção, todos descritos e apresentados mediante esquemas.

O fluxograma do processo de extração de argila com a descrição das etapas, e o fluxograma do processo de produção e sua descrição não só aparecem passo a passo, bem como todo o processo propriamente dito e sua matriz energética. Como exemplo a experiência da cerâmica Betel, com a análise do estado geral de conservação, tipos e capacidade dos fornos, o desperdício de calor, a área de galpão, a estocagem de lenha, a falta de controle das etapas produtivas, a área de secagem e outras informações estão comentadas.

A metodologia é uma pesquisa experimental, através de análise e depoimentos, que buscam apontar as falhas no processo produtivo de uma cerâmica para corrigir ou aprimorar na implantação de outra. Algumas soluções envolvem fornos com alta capacidade de produção (queima); medidas para conter o desperdício de calor; ampliação da área de galpão, construção de câmaras de secagem, monitoramento das temperaturas, aproveitamento dos gases quentes, pré-preparo da matéria prima, combustíveis serão usados, controle de qualidade, co-geração de eletricidade, aproveitamento da energia solar, estudos, análise e monitoramento dos gastos com energia elétrica, recuperação do ar de resfriamento, isolamento térmico, projeto de reflorestamento e aproveitamento de

resíduos sólidos.

A pesquisa tem como objetivo geral viabilizar, de forma eficiente e eficaz, a sustentabilidade da indústria cerâmica através da utilização de recursos hídricos, da energia elétrica, da energia solar, de recursos minerais, entre outros. O que fará com que se evite desperdícios, reduza custos e ainda melhore a qualidade dos produtos fabricados e finalmente proporcionará aos funcionários melhores condições de trabalho e resguardar, de tal forma, sua saúde.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DA CERÂMICA CANAÃ

Razão Social: BRITO E PEREIRA LTDA

Nome de Fantasia: CERÂMICA CANAÃ

A referida indústria, está em fase conclusão das instalações. Tem, como área física construída, 3.010m<sup>2</sup>, consiste na operação de uma indústria para fabricação de material cerâmico vermelho, como telhas, tijolos, lajotas e outros, exceto piso e azulejo.

### 2.1 – Localização e Peculiaridades da região

Situada na zona rural, no Estado do Piauí, precisamente na Rodovia PI - 111 S/Nº - Localidade Alto Feliz, aproximadamente seis Km da zona rural do município de União.

#### ● Aspectos Fisiográficos

As condições climáticas do município de União (com altitude da sede a 52m acima do nível do mar) apresentam temperaturas mínimas de 21 °C e máximas de 36 °C, com clima quente tropical. A precipitação pluviométrica média anual (registrada, na sede, 1.200 mm) é definida no Regime Equatorial Marítimo, com isoietas anuais entre 800 a 1.600 mm, cerca de 5 a 6 meses como os mais chuvosos e período restante do ano de estação seca. Os meses de fevereiro, março e abril correspondem ao trimestre mais úmido da região.

#### ● Umidade Relativa do ar

A umidade relativa média anual é de 61%. Nos meses mais úmidos, isto é, janeiro, fevereiro, março e abril, a umidade relativa do ar chega a 72%, em média, e nos meses mais secos, ou seja, setembro e outubro, atinge índice médio de 53%.

#### ● Insolação e Nebulosidade

A insolação total anual nesta região atinge um valor acima de 3.648 horas. Isso mostra que a incidência solar média diária é da ordem de 10 horas/dia.

- **Ventos**

A velocidade média mensal dos ventos não ultrapassa a 3,5m/s ou 12,26 Km/h. As maiores velocidades são observadas no período de junho/novembro, com a máxima ocorrendo no mês de agosto; enquanto que as menores velocidades são verificadas no período janeiro/abril de cada ano, com valores abaixo de 2,4 m/s ou 8,30 km/h.

- **Evaporação**

As taxas médias diárias mínimas são observadas, respectivamente, nos meses de março (2,3 mm/dia) e setembro (7,20 mm/dia). O total anual médio é de 1.430mm, bastante expressivo embora haja uma boa precipitação anual em torno de 1.105mm.

## **2.2 – Infra-estrutura e Mão-de-obra**

A cerâmica contará com uma ótima estrutura física, sendo instalada em um local que favorece a uma boa luminosidade e ventilação, com máquinas e equipamentos adequados, proporcionando bons rendimentos por parte dos funcionários.

A empresa dispõe de um poço tubular com uma boa vazão e água de ótima qualidade, suficiente para atender à demanda. A mesma água disponível na indústria servirá não só para o uso na fabricação de material cerâmico, bem como para atender às mais diversas necessidades dos funcionários que ali trabalharão. Frequentemente, a água passará por análises, a fim de constatar que será servido um produto de boa qualidade aos trabalhadores da indústria.

A infra-estrutura de produção da indústria é complexa e, quando concluída, contará com cinco fornos, uma chaminé e cinco secadores (Figura 1).

A empresa, inicialmente, contará com 44 (quarenta e quatro) funcionários no geral, entre setor produtivo e escritório, isto nas mais diversas funções, sendo que a capacidade média da indústria será de aproximadamente 12.000 mil milheiros/ano de material cerâmico vermelho (telhas, tijolos).

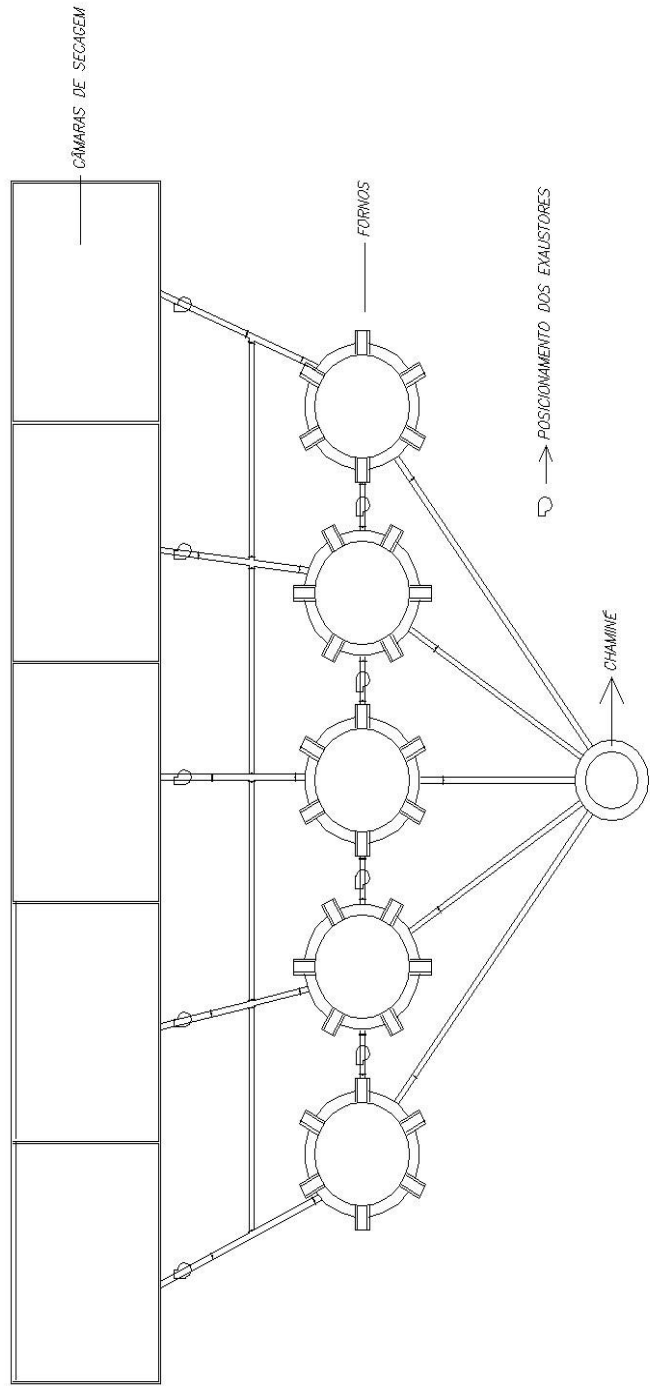


FIGURA – 1: Planta baixa de interligação dos dutos que serão construídos.



### **2.3 - Relações de Máquinas e Equipamentos**

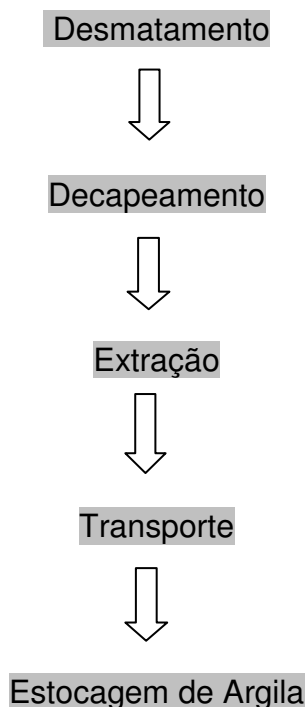
As principais etapas da produção são desempenhadas por máquinas e equipamentos, cuja seqüência pode ser visualizada na relação abaixo e as máquinas esquematizadas na figura 2:

- Pá Carregadeira;
- Caixão Alimentador;
- Correia Transportadora ou Esteira Transportadora;
- Desintegrador;
- Laminador;
- Misturador;
- Extrusora;
- Motores Elétricos;
- Bombas;
- Câmara de Vácuo;
- Boquilha;
- Máquina de Corte;
- Tratores.



## 2.4 – Fluxograma do Processo de Extração Mineral

As atividades desenvolvidas em uma indústria de cerâmica vermelha, para obtenção da matéria-prima (argila), estão descritas a seguir, conforme fluxograma abaixo. A área de extração de argila é de 40,00ha, com potencial de exploração de mais de 200 anos a apenas 4Km da sede da indústria.



- **Desmatamento ou Limpeza da área**

Geralmente, as áreas com ocorrência de argila se constituem em regiões alagadas, onde existe apenas erva e gramíneas em geral. Isso acontece em função do alto teor de argila no solo, tornando-o um solo impermeável, por falta de lixiviação;

O desmatamento da área de extração da argila deve ser feito somente na área de interesse, isto é, o estritamente necessário, a fim de não atingir pontos e/ou áreas de não interesse.

- **Decapeamento**

Após o desmatamento da área de argila, esta passará pelo processo de limpeza, a fim de retirar a 1ª camada formada sobre o solo, considerada de não interesse, geralmente composta de folhas, caules, raízes e etc. Esse material deverá ser empilhado nas laterais da escavação, para posterior utilização, pois, geralmente, contém grande teor de matéria orgânica.

- **Escavação ou Extração do Minério**

Mesmo em se tratando de uma extração pontual, alguns impactos negativos ou adversos são esperados, ou seja, compactação do solo pela movimentação de veículos pesados, produção de expurgo quando do decapeamento do terreno, alteração na topografia e conseqüentemente na drenagem natural;

Considerando a necessidade do mercado consumidor de União-PI, a extração do minério apresentará impactos positivos no sentido de garantir o uso racional das riquezas minerais e atender a demanda da empresa consumidora. Afinal após o decapeamento e conseqüentemente a descoberta do topo da camada argilosa, dá-se início à escavação propriamente dita.

- **Transporte**

O transporte da argila ou do produto mineral será feito com a utilização de caçamba que leva o material da área de produção até o local de consumo.

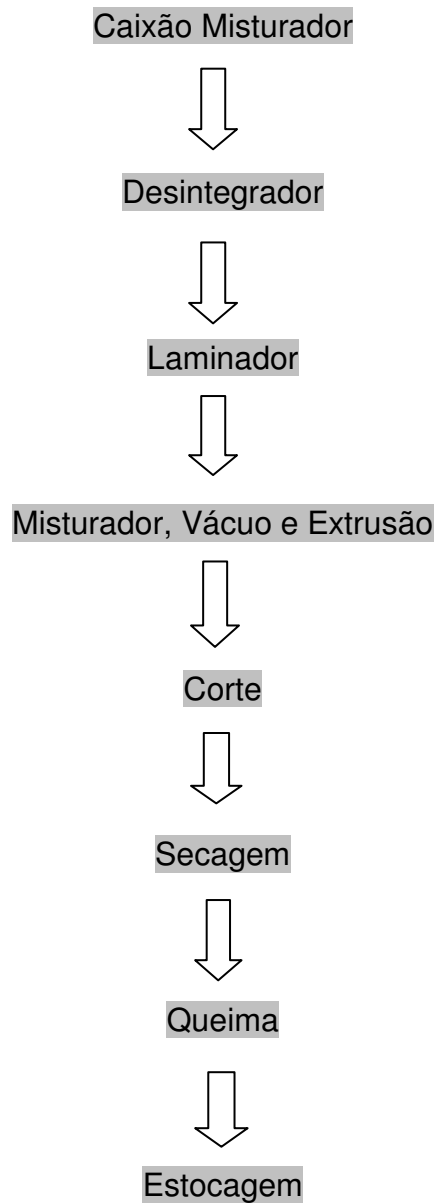
- **Estocagem de argila**

Quando o material chegar à indústria, será empilhado ou armazenado a céu aberto, por um trator, de maneira a protegê-lo contra a erosão. A pilha de argila deve ficar próxima ao “misturador”, a fim de facilitar os trabalhos;

A produção de tijolos, telhas e outros ou material cerâmico vermelho, em uma indústria, envolve vários processos até chegar ao produto final;

As principais etapas da produção são desenvolvidas por máquinas, cuja seqüência pode ser visualizada no quadro a seguir (Fluxograma do Processo de Produção e figura - 2).

## 2.5 – Fluxograma do Processo de Produção de Cerâmica



- **Caixão Alimentador**

A argila proveniente da jazida e/ou do pátio de estocagem será colocada em um “**caixão**” de aproximadamente **5m x 3m**. Por baixo desse caixão, existe

uma passagem menor por onde a argila vai caindo controladamente, sobre uma correia transportadora ou esteira transportadora. Daí esse material é levado até o desintegrador.

- **Desintegrador**

O desintegrador é uma máquina cilíndrica, também chamada de destorroador, que serve para quebrar os torrões de argila, tornando a matéria-prima mais fina e uniforme;

Após a argila passar pelo desintegrador, cai em uma correia transportadora, que leva o material até o laminador;

Por ocasião do transporte nesta correia, é feita a cata manual das raízes ou material indesejável, que geralmente acompanha o material argiloso desde a fonte ou jazida.

- **Laminador**

O laminador é uma máquina que tem o papel de laminar a argila, ao tempo em que faz uma mistura através de compressão, homogeneizando o material;

Após o laminador, a argila é transportada através de uma correia e/ou esteira até o próximo equipamento.

- **Misturador, Vácuo e Extrusão**

Este é o principal equipamento de uma cerâmica ou indústria de cerâmica vermelha. Trata-se de uma grande máquina de formato cilíndrico, provido de motores elétricos e custo elevado;

Em uma primeira fase, a massa é novamente misturada, oportunidade em que recebe água até atingir a umidade determinada e/ou ideal. Na fase seguinte, o material penetra em uma câmara de vácuo, da qual onde o ar é retirado através de uma bomba, sendo extrusado por uma pequena boquilha, por meio de uma rosca sem fim.

- **Corte**

O corte é feito por equipamento onde no qual a argila, já modelada pela boquilha, vai sendo cortada em tamanhos regulares;

Após o corte, fica constituída a peça industrializada, seja um tijolo, uma telha ou lajota, conforme a boquilha utilizada.

- **Secagem**

As peças individualizadas serão transportadas em carrinho e arrumadas em lastros para secar. A secagem é feita em secadores ou estufas construídas na parte interna da indústria, revestidas de tijolo refratário, utilizando o calor canalizado dos fornos de queima.

- **Queima**

As peças secas serão transportadas e arrumadas nos fornos intermitentes, tipo de chama invertida que consiste basicamente em câmaras circulares, com paredes e teto em forma de abóbada, construídos em alvenaria de tijolos comuns;

As seis fornalhas, também construídas em alvenaria, situam-se nas paredes laterais da câmara, dispostas radialmente (Figura 1).

O piso interno das câmaras é constituído de tijolos comuns com aberturas, denominadas comumente de “crivos”, sob as quais existem canais subterrâneos que interligam o forno à chaminé e aos secadores. A chaminé foi toda construída exclusivamente com bandas de tijolos de seis furos, com altura de 22 metros para servir aos cinco fornos (Figura 3);

As peças a serem queimadas são carregadas manualmente para o interior dos fornos, através de portas laterais, e empilhadas sobre o piso, com altura de aproximadamente 2,5 metros, até preencherem todo o espaço disponível. As portas são, então, fechadas com tijolos já queimados e vedados com argila;

Com a utilização de combustível próprio, a temperatura vai subindo gradativamente até atingir 900 °C, quando deverá ser resfriado gradativamente até atingir a temperatura ambiente. A operação de queima e/ou cozimento consiste em quatro etapas distintas: enforna, cozimento, resfriamento e desenforna.

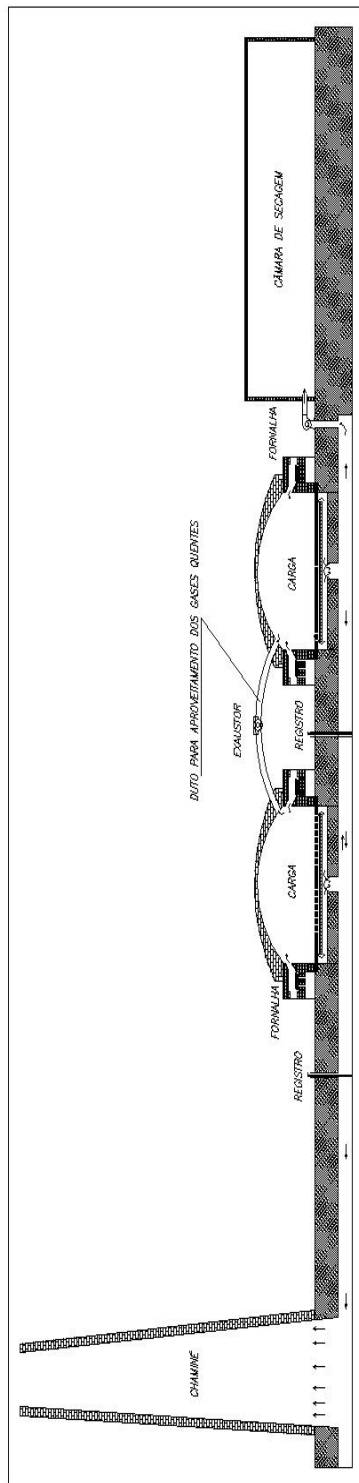


FIGURA — 3: Corte transversal destacando as opções para o aproveitamento dos gases quentes entre fomas e entre fomas e câmara de secagem.



### **Combustível Utilizado (Matriz Energética)**

Para a produção de energia a ser usada na queima dos produtos cerâmicos, a empresa usará não só a lenha como principal combustível, bem como casca de coco babaçu disponível em abundância na região, bagaço de cana que aproveita o excedente de uma grande indústria açucareira próxima a fábrica, palha de arroz, resíduos sólidos oriundos, rejeitos como podas de árvores e demais produtos que possam produzir calor, sem prejuízo para os produtos produzidos ou o meio ambiente. Isso contribuirá para a limpeza do município e geração de empregos para muitos carroceiros do município.

- **Estocagem**

O material cerâmico, depois de desenformado será transportado para um pátio externo da cerâmica, onde será empilhado, como pode ser observado no relatório fotográfico. As pilhas são arrumadas de forma a facilitar a contagem e conferência de todas as peças.

### **3 EXPERIÊNCIA DA CERÂMICA BETEL**

O objetivo principal é apontar as falhas existentes na Cerâmica Betel, propondo possíveis soluções para a racionalização, das energias quando da implantação da Cerâmica Canaã. A produção da cerâmica Betel era restrita basicamente a tijolos de seis furos, perante a necessidade de se implementar o processo produtivo (etapas de beneficiamento e equipamentos) e produtos (controle de qualidade e comercialização). Procurou-se identificar os principais entraves que se apresentavam. Com o diagnóstico realizado, pretende-se subsidiar o proprietário na implantação da Cerâmica Canaã.

#### **3.1 - Principais falhas verificadas na Cerâmica Betel**

- 1- Três fornos em péssimo estado de conservação com muitas fissuras;
- 2- Os fornos dispõem de quatro fornalhas cada;
- 3- Os fornos são pequenos e com capacidade de queima de apenas 20.000 peças de tijolos cada;

- 4- Grande parte do calor é desperdiçada para o meio ambiente: os gases quentes são desperdiçados pelas fissuras das paredes e pela inexistência das tampas das fornalhas e cinzeiros, não havendo qualquer aproveitamento;
- 5- A área de galpão é insuficiente para armazenar as peças para secagem: conforme mencionado acima, a umidade relativa média anual, nos meses mais úmidos, isto é, janeiro, fevereiro, março e abril, chega a **72%**, dificultando a secagem pela ausência de secadores e de espaço para a secagem natural;
- 6- A área de galpão não é suficiente para estocar lenha: no período chuvoso, a lenha fica ao ar livre e apresenta alto teor de umidade, provocando com isso, acréscimo no consumo, além de comprometer a qualidade das peças, com um aumento significativo de material de segunda;
- 7- Não dispõe de câmaras de secagem: a secagem ao natural demanda um tempo bem superior no período chuvoso;
- 8- O processo de produção é bastante simples (desintegração da matéria-prima, conformação, secagem natural e queima em forno intermitente);
- 9- Não há aproveitamento dos gases quentes: a indústria tem um alto consumo de lenha durante a queima;
- 10- Não se faz a moagem da argila: a não realização desse procedimento provoca constantes interrupções da produção, devido à presença de sujeira como raízes e pedras;
- 11- Queima apenas com lenha proveniente de floresta nativa local: em alguns meses do ano, há escassez de lenha, o que provoca redução da produção.
- 12- Alto consumo de energia elétrica: não existe um programa de redução de desperdício nem dimensionamento correto das máquinas ou monitoramento da demanda;
- 13- Controle apenas empírico no monitoramento da temperatura: a indústria não dispõe de termômetro para aferição das temperaturas;

- 14- Pouco ou nenhum controle das características das matérias-primas e das etapas de produção: a indústria não possui um laboratório para análise da matéria prima e das peças produzidas;
- 15- Muitas interrupções e intervenções no funcionamento na linha de produção, principalmente devido à presença de raízes e sujeiras na argila;
- 16- Não possui reserva florestal: a lenha usada na queima é oriunda da derrubada das roças de pequenos agricultores.

#### **4 CERÂMICA CANAÃ: propostas para o uso racional da energia.**

As medidas visam à economia de energia através da otimização do processo produtivo de instalações de recuperação.

As propostas elencadas tiveram boa aceitação juntos aos proprietários da indústria em questão, devido às trocas de experiência teórica de acervo acadêmico e à prática empírica vivenciada por aqueles, conscientes do desenvolvimento de um plano energético para redução dos custos de produção e mitigação dos impactos causados ao meio ambiente.

##### **4.1 - Soluções Propostas**

1-Construção de cinco fornos intermitentes: (tipo abóboda), com capacidade de queima de 55.000 peças de tijolos por vez;

2- Instalação de portas nas fornalhas e cinzeiros. A adoção dessa medida permitirá reduzir drasticamente as perdas do calor e obter melhor controle da combustão dos fornos, pois o excesso de ar aspirado pode danificar a carga, além, é claro, de minimizar as perdas pelos gases quentes durante a exaustão. Para confecção dessas portas, usaremos uma solução de baixo custo e eficiente, projetado e construído na própria Cerâmica, usando-se um quadro de perfis metálico em “U” de 4”, na chapa ¼”, articulados e preenchida em seu interior com tijolos maciços comuns e argila entre eles, o que permitirá somente a entrada de

ar necessária, a combustão por sobre as grelhas e pelos cinzeiros, combatendo o desperdício de calor permitindo economia de combustível;

3- Construção de galpões suficientes e estocagem de matéria-prima: construção de galpão para armazenar a argila tratada;

4- Implantação de cinco câmaras de secagem para um melhor controle do material e redução, ao máximo possível, da umidade, o que garantirá boa uniformidade das peças e melhorará o aproveitamento do calor dos fornos, conforme Figura 5);

5- Controle de temperatura através da instalação de indicadores de temperatura: instalação de termopares nos canais de exaustão e abóbada, para o monitoramento das temperaturas internas dos fornos, o que permitirá subsidiando ao operador melhor controle sobre a alimentação de combustível nas fases de pré-aquecimento, queima e resfriamento, buscando exatidão do início ao fim das etapas do processo, a fim de evitar o desperdício de combustível;

6- Aproveitamento dos gases quentes: como a Cerâmica Canaã está em fase de implantação, com um forno já construído e um segundo em andamento, foi apresentada uma proposta para recuperar a entalpia dos gases de exaustão, de tal forma que, durante a fase de queima, o calor excedente é introduzido em outro forno, na fase de pré-aquecimento, para economizar, assim, o combustível que seria usado nesta fase, com vistas a melhores condições para se obter maior controle na uniformidade de temperatura da carga. Preferencialmente os fornos são interligados entre si pelas abóbodas e com a chaminé através de canais subterrâneos construídos em alvenaria, dotados de registros do tipo guilhotina, acionado manualmente (Figura 1,3,4 e 5). Por meio desses canais, os gases de exaustão de um forno na fase de queima, a partir de temperaturas acima da 100°C, portanto, com baixo teor de vapor de água, serão conduzidos a um forno na fase de pré-aquecimento introduzidos pelos cinzeiros, induzidos por um ventilador centrífugo que se descarrega na chaminé.

A operação em questão deverá ser concatenada de tal forma que, enquanto um deles estiver na fase de queima, o outro estará na fase de pré-aquecimento, enquanto os demais se encontram respectivamente nas fases de resfriamento e descarregamento. Já o outro será usado como reserva técnica para evitar as altas temperaturas que podem causar danos à saúde dos enforadores.

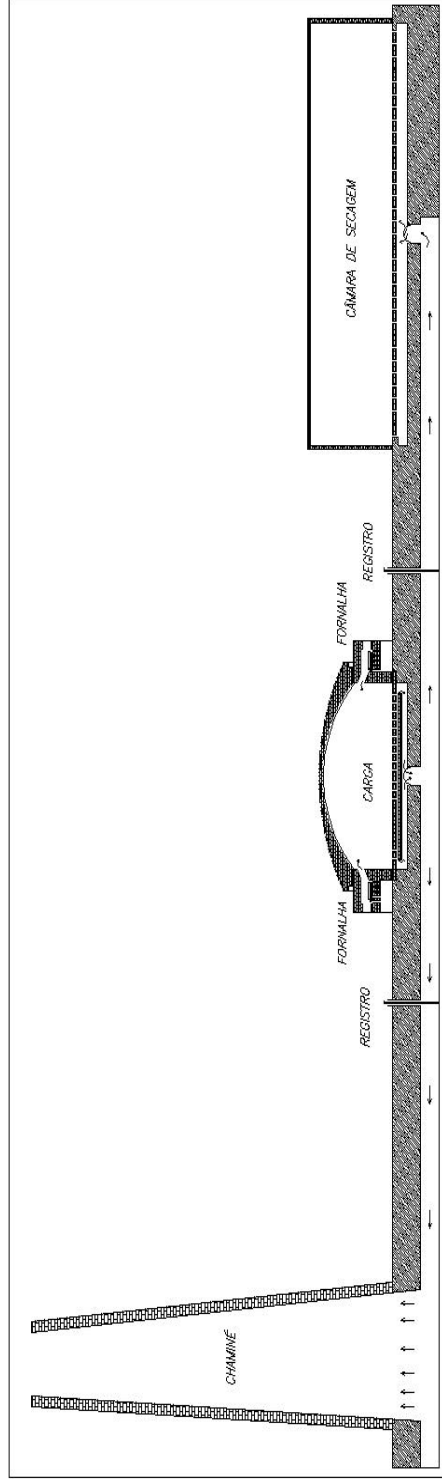


FIGURA — 4: Detalhes dos canais de condução dos gases quentes, destacando-se sua entrada por baixo da câmara de secagem.

A exaustão dos gases será feita com o uso de ventiladores centrífugos, a fim de permitir o monitoramento, melhor controle da tiragem e maior controle sobre o excesso de ar de combustão admitido nas fornalhas. Já a tiragem ao natural está sujeita a variações climáticas, como temperatura e umidade do ar ambiente, vento, entre outros, que invariavelmente levam a operação a um aumento excessivo de ar.

Conforme dados e informações coletados juntos aos profissionais responsáveis pelo trabalho de queima dos fornos, em todo o processo de pré-aquecimento e queima, o consumo de lenha está em torno de  $31\text{m}^3$  ( $55.000\text{peças}/900\text{ peças} = 61\text{m}^3$ ), dos quais são gastos  $12\text{m}^3$ , somente no pré-aquecimento, em um forno com capacidade de queima de 55.000 peças de tijolos de 6 furos. Pela experiência do proprietário, estima-se que, com a recuperação de calor dos gases quentes de exaustão de um forno, para pré-aquecimento de outro, consiga-se uma economia de 20% no consumo de lenha, alcançando-se sensível melhoria na uniformidade dos produtos obtidos. Conforme projetado (Figura 5) os gases quentes gerados nas fornalhas poderão não só ser introduzidos no interior da câmara, através de ligações com dutos em aberturas nas paredes laterais, entre a abóbada e o topo da carga, bem como através de canais subterrâneos segundo desenho em corte (Figuras 3,4 e 5). Tais gases atravessam a câmara no sentido descendente, passando pelos crivos, de onde são conduzidos pelos canais para a chaminé.

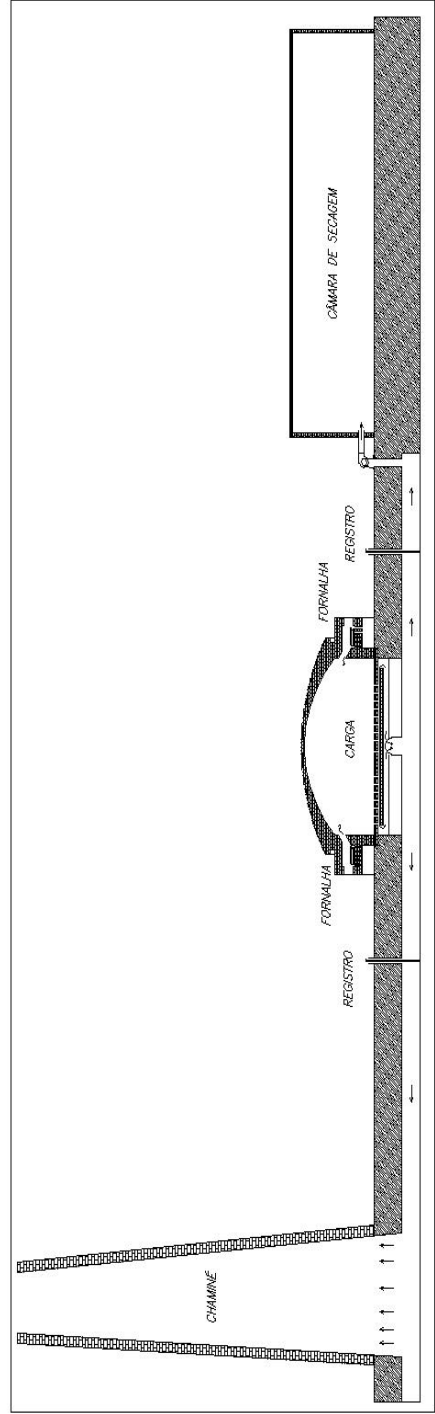


FIGURA — 5: Detalhes dos canais com a opção do aproveitamento dos gases quentes pela entrada lateral da câmara de secagem.



Graças ao “efeito chaminé”, o ar necessário à combustão é admitido por fornalha e cinzeiro, na qual o escoamento dos gases, através de carga, crivo e canais, é introduzido, provocado pela diferença entre densidade dos gases no seu interior e a do ar ambiente do lado exterior.

Devido à presença de água residual remanescente do processo de secagem, a primeira fase do processo de queima caracteriza-se por aquecimento gradual, chamado de “res quente”, a fim de evitar a ocorrência de fissuras indesejáveis, trincas e deformações do material, causadas por contrações diferenciais durante a extração da umidade.

Na fase seguinte, as temperaturas são elevadas a um patamar em torno de 800°C a 950°C, interrompe-se a alimentação de lenha ao se fecharem as fornalhas, permanecendo assim durante um determinado intervalo de tempo para permitir maior uniformidade de temperatura em toda a carga, monitorada por termopares e visualmente.

Na terceira e última fase do processamento do material no interior do forno, este é submetido a resfriamento gradual, com entrada de ar frio por fornalhas e cinzeiros. Ao percorrer o mesmo trajeto dos gases, o ar frio resfria a carga e as paredes do forno. Normalmente, para acelerar o resfriamento, o ar é induzido por ventiladores centrífugos, com utilização no processo de secagem em secadores do tipo câmara, ou simplesmente injetado nos galpões onde ocorre a secagem ao tempo.

Não só a forma construtiva e as dimensões dos fornos e das câmaras, como também a configuração de crivos, canais de exaustão e chaminé foram executados com base na experiência proprietário em comum acordo com o engenheiro responsável, nos quais foram feitos os devidos reforços e ajustes necessários. Com o pensamento focado nos modos de operação, e com base nas habilidades e experiência dos funcionários, e na qualidade das matérias-primas empregadas e dos produtos, justificam-se as grandes diferenças de produtividade, consumo de combustível e tempos para desempenho de cada fase do processo de queima;

7- Pré-preparo da matéria-prima (sazonamento e homogeneização): durante a escavação da argila, deve-se identificar e selecionar suas várias características qualitativas, de modo a se obter um traço ideal;

8- Maior controle da etapa de queima e rigor na classificação das peças queimadas: deve-se iniciar esse controle, logo na etapa de carregamento, quando as peças que farão parte da carga deverão ser selecionadas previamente, dando prioridade às mais secas, já as que apresentarem pequena umidade residual, devem ser colocadas na parte superior da carga, com vistas no controle de qualidade, monitoramento de temperaturas, para minimizar os índices de rejeitos após a queima;

9- A indústria utilizará lenha, serragem, restos de serraria, palha de arroz, coco babaçu, coco da praia, bagaço de cana e resto de lixo sólido coletados no município para combustível. Afinal, trata-se de combustíveis de custo muito baixo. A empresa não tem intenção de utilizar óleo combustível (BPF) ou gás natural; pois, segundo relatos de outras indústrias locais, a experiência não foi satisfatória, devido à elevação abrupta dos custos destes;

10- Técnica de moagem da matéria prima: para dar mais plasticidade e melhorar a qualidade dos produtos acabados;

11- Controle da qualidade da argila: tal medida visa à qualidade do produto final, além, é claro, do aumento da produtividade, pois não haverá tantas interrupções causadas por raízes ou materiais indesejáveis;

12- Instalação de sistemas de co-geração;

As medidas de economia energética são orientadas para uma economia de energia elétrica, fundamentalmente com a implantação de sistema de co-geração, com o aproveitamento dos gases quentes produzidos nos fornos, durante a queima da carga e durante o resfriamento, a fim de gerar energia elétrica para

bombas d água, iluminação e exaustores quando da transferência dos gases entre fornos e entre fornos e secadores.

A implantação de sistemas de co-geração, embora seja uma economia energética local da indústria, trata-se de consciência que contribui para a redução do impacto ambiental, pois melhora não só o rendimento energético e produtivo do conjunto elétrico e térmico, bem como a imagem da empresa junto aos órgãos governamentais, sociedade e outros, o que facilita a obtenção de certificados de qualidade ou ecológicos ao produto e/ou ao processo.

A definição de co-geração foi oficialmente estabelecida na legislação brasileira através da Resolução Nº 21 de 20 de Janeiro de 2000, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). De acordo com seu Art. 3º, a co-geração de energia é definida como o processo de produção combinada de calor útil e energia mecânica geralmente convertida, total ou parcialmente, em energia elétrica, a partir da energia química disponibilizada por um ou mais combustíveis. É indispensável ressaltar a importância da utilização da definição presente na legislação brasileira, uma vez que existe um programa de incentivo a essa prática no País com critérios estabelecidos para o seu enquadramento.

Vantagens da co-geração:

- a) redução do impacto ambiental;
- b) geração de eletricidade no próprio local de consumo;
- c) redução de custos, aumento da competitividade econômica de empresas industriais e comerciais;
- d) flexibilização do planejamento da oferta, com ajuste na demanda de eletricidade;
- e) Potencial ambientalmente sustentável

Os sistemas de co-geração fornecem, portanto, excelentes oportunidades de ganhos econômicos, ambientais e de eficiência energética.

No Brasil, a co-geração vem sendo aplicada nas usinas de açúcar e álcool, indústrias de papel e celulose e em sistemas isolados, com o mínimo de integração com o sistema público.

A legislação brasileira de incentivo à co-geração teve maior evolução a

partir de 1996, principalmente dada à criação da ANEEL. A partir da introdução de um novo modelo para o setor elétrico, que incentiva a produção descentralizada quando economicamente viável, definiram-se, em legislação, os agentes desse mercado como auto-produtor e produtor independente de energia, além de outras leis que permitiram a entrada do co-gerador no mercado de energia elétrica como o acesso à rede de transmissão e distribuição, a definição da tarifa de back-up e o preço a ser pago pelo excedente de energia. Apesar disso, ainda há poucos casos de co-geração no País, se comparado à sua demanda de energia.

A elevada demanda por energia, que caracteriza as economias contemporâneas, é uma das principais causas de um dos maiores problemas ambientais da atualidade, a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Segundo Poole, de Hollanda e Tolmasquim (1998), para reduzir essas emissões sem prejudicar o desenvolvimento econômico, as principais estratégias são substituir os combustíveis fósseis por outras fontes não emissoras (ou renováveis), como a hidráulica, a solar e a biomassa sustentável, além de conservar ou usar mais eficientemente todas as formas convencionais de energia.

### 13- Aproveitamento da energia solar para bombeamento d'água;

A indústria está encravada em uma região com insolação total anual que atinge um valor acima de 3.648 horas. Isso mostra que a incidência solar média diária é da ordem de 10 horas/dia. Para o aproveitamento desse grande potencial, fica sugerida, a aquisição de um sistema fotovoltaico isolado, projetado especificamente para bombeamento d'água do poço, com apenas três metros de profundidade, existente na propriedade (Figura A).



*FIGURA A: Diagrama básico de um sistema de bombeamento d'água com energia solar fotovoltaica para uso direto em corrente contínua.*

Para atender ao bombeamento d'água e à iluminação da indústria, foi sugerido, também, um sistema isolado, que forneça eletricidade em corrente contínua ou alternada, conforme a Figura B;

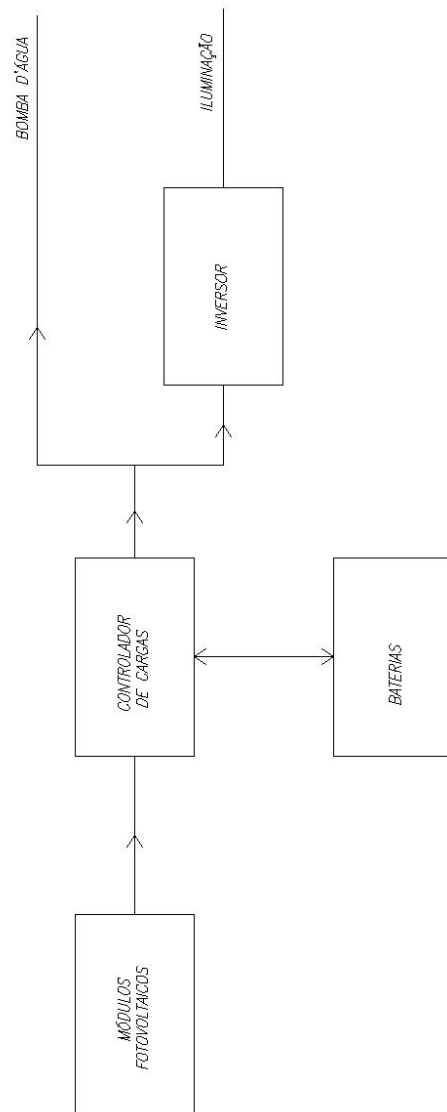


FIGURA B: Diagrama esquemático de sistema fotovoltaico com opção para uso de corrente contínua (bomba d'água) ou corrente alternada (iluminação).

14- Estudos para otimizar as distintas etapas do processo e exercer um maior controle do processo: monitoramento e análise constante do gasto com energia elétrica, biomassa, matéria prima, transporte, entre outros que evitem desperdício;

15- Redução do consumo energético térmico para próximo do limite de máxima redução, para as tecnologias utilizadas;

O consumo energético na indústria cerâmica tem influência sobre o meio ambiente. Uma das causas desse impacto ambiental, sobretudo com relação à contaminação atmosférica, é a utilização da energia térmica, cuja demanda crescente tem causado grande emissão de gases contaminantes.

Medidas importantes para mitigar o impacto sobre a atmosfera passam por reduzir o consumo de energia e utilizar combustíveis menos poluentes e buscar processos mais eficientes para priorizar o total aproveitamento das energias utilizadas ou produzidas na co-geração;

16- Área para armazenamento de lenha nos períodos chuvosos: a lenha com alto teor de umidade, além de aumentar o consumo, propicia baixa qualidade das peças produzidas e gera grande quantidade de material de segunda;

17- Recuperação de ar de resfriamento: Uma decisão importante, já em consenso com seus proprietários, é o uso de resfriamento forçado, com a recuperação de calor para pré-aquecimento de outro forno mais próximo e o processo de secagem, com a admissão do ar de resfriamento com abertura das portas de fornalhas e cinzeiros. Isso proporciona um resfriamento mais uniforme da carga, com redução no tempo empregado e, preserva as fornalhas de sucessivos ciclos de aquecimento e resfriamento prejudiciais aos materiais construtivos, tais com tijolos, crivos, concreto armado e outros;

18 - Isolamento externo das abóbadas:

O principal objetivo dessa medida é reduzir a perda de calor, nas três etapas do ciclo do forno, e aumentar a disponibilidade para aquecimento da carga nas fases de preaquecimento, queima e para aquecimento do ar de resfriamento na fase na fase de resfriamento. Um método bastante eficiente e econômico é o uso das cinzas de lenha. Além de possuir excelentes propriedades mecânicas, é um bom isolante térmico; pois, se misturadas com argila úmida em proporção adequada, podem ser aplicadas sobre na superfície externa da abóboda, com espessura em torno de 10 cm, o que também proporciona um bom acabamento estético;

#### 19- Projeto de reflorestamento:

A indústria está negociando a compra de uma área de pasto de 1.100ha, próximo a suas instalações, para implantação de um projeto de reflorestamento.

A empresa está mais atenta à crescente demanda de um mercado consumidor cada vez mais exigente quanto à qualidade dos produtos consumidos, e não somente o seu preço. Então, vem investindo, nos últimos anos, na agregação de tecnologia à produção (controle e preparo de matérias-primas, ampliação das instalações, introdução de novos equipamentos, maior controle dos processos de conformação, secagem e queima treinamento de pessoal e mais);

#### 20 – Aproveitamento dos resíduos:

O simples descarte dos resíduos da indústria cerâmica tem causado não só uma série de agressões à fauna e à flora, bem como à saúde da população, principalmente quando se encontra em forma seca e pulverulenta. A preocupação crescente com esse tipo de resíduo baseia-se também nos elevados índices de crescimento do setor. Esse quadro de preocupação tem levado a se repensar a forma de reutilização dos resíduos minerais nas cerâmicas. Assim, rejeitos de tijolos, cinzas e peças com defeito, em grande parte acabam absorvidos pela própria indústria geradora. Os resíduos sólidos podem ser usados como agregado no preparo de concreto, as cinzas resultantes da queima podem ser usadas no isolamento térmico dos fornos, quando da construção ou recuperação dos fornos



(argamassa de argila mais cinza) e no preparo de argamassa em substituição a cal e cimento.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Há aproximadamente um ano, deu-se início à instalação da Cerâmica Canaã, na qual se busca constantemente projetar meios para racionalização do conjunto das energias que ela usa em seu processo produtivo.

Acredita-se que, só com o controle de temperatura nos canais de exaustão e abóbada, o operador consiga ter melhor controle sobre a alimentação de combustível nas fases de pré-aquecimento, queima e resfriamento, o que evita desperdício de combustível;

Com o aproveitamento dos gases quentes, pode-se recuperar a sua entalpia durante a fase de queima, de forma que o calor excedente é introduzido em outro forno, na fase de pré-aquecimento, com uma redução de 20% no consumo de combustível.

O alto potencial de insolação total anual, que atinge um valor acima de 3.648 horas, ou seja, uma incidência solar média da ordem de 10 horas/dia, propicia o seu aproveitamento com um sistema fotovoltaico isolado, projetado para o bombeamento d'água do poço, iluminação, ventiladores etc.

As atividades da indústria cerâmica demandam, em seu processo produtivo, expressiva quantidade de calor obtido de biomassas que podem reduzir o consumo de energia elétrica, com o aproveitamento do excedente na produção por meio da co-geração.

No decorrer da confecção deste trabalho, em levantamentos, medições e ponderações com o proprietário, constatou-se que o desempenho dos fornos, quanto à demanda de energia necessária, aos tempos empregados nas várias fases do ciclo, e às características dos materiais obtidos, depende essencialmente do procedimento de operação desses elementos.

A adoção das medidas citadas, associadas às alterações nos procedimentos de operação, poderá proporcionar uma redução de 30%, em

relação à situação existente, além de proporcionar maior uniformidade nas características dos produtos produzidos.

Os cuidados e procedimentos devem ser seguidos por todos os envolvidos nos processos em todos os ciclos, tais como:

1 – Durante a etapa de carregamento: as peças que farão parte da carga do forno deverão ser selecionadas previamente, com prioridade para as mais secas. Já as que apresentarem pequeno grau de umidade, devem ser colocadas na parte superior da carga, submetidas sempre a um controle de qualidade, com descarte das que apresentem trincas, cantos quebrados ou deformações ocorridas no processo de secagem. Isso minimizará os índices de rejeitos após a queima;

2 - No empilhamento da primeira camada de peças, deve-se deixar uma pequena abertura triangular para visualização da qualidade da queima de uma porta a outra do forno. Deve ser feito de modo a garantir que os gases, durante o escoamento na direção vertical, através da carga, estejam em contato com a maior área superficial da peça;

3 – Durante o pré-aquecimento, com o objetivo de se proceder à correção da secagem das peças que apresentarem pequena umidade residual, dando à carga e ao forno um aumento gradual de calor, com a finalidade de se evitar elevações súbitas de temperatura interna do forno, deve-se manter baixo o volume de lenha sobre a fornalha, com as portas de fornalhas, cinzeiros e registros dos canais de exaustão totalmente abertos, de modo a permitir a admissão da maior vazão de ar possível. Esta fase deve ser monitorada e prolongada até que a temperatura dos gases atinja 100 °C no canal de exaustão;

4 – Na etapa de queima, deve-se procurar atingir uma pressão ligeiramente negativa, mantendo-se fechadas as portas de fornalhas, cinzeiros e o registro do canal de exaustão posicionado adequadamente para que se atinja esse objetivo. Preferencialmente a entrada de ar nas fornalhas deve ocorrer através dos cinzeiros, para recuperar o calor ainda presente nas cinzas, com atuação nos registros existentes nas portas. Normalmente, só a admissão de ar pelos cinzeiros, devido a sua alta temperatura e a possuírem muitas partículas em suspensão, pode ser insuficiente e aumentar a geração de fuligem no interior do

forno, canais de exaustão e na chaminé. Neste caso, convém abrir as portas das fornalhas para atuar também sobre seus registros. No resfriamento, as entradas de ar na abóboda e o registro do canal de recuperação devem ser gradualmente abertos, a fim de estabelecer-se um ritmo que não danifique o material. Quando a temperatura estiver abaixo de 500°C, os ritmos de resfriamento podem ser acelerados até que a temperaturas internas do forno permitam o manuseio dos produtos.

As medidas identificadas para a conservação da energia não envolvem altos investimentos e, portanto, podem ser consideradas de retorno em curto espaço de tempo.

A implantação de algumas das soluções apresentadas é apenas o pontapé inicial para a busca de conscientização dos proprietários por fontes alternativas de energia limpas, de baixo custo, inesgotável. A energia solar, por exemplo, é uma realidade de domínio popular que pode ser usada em larga escala, pois esta indústria é extremamente favorecida por sua localização, já que a sede municipal tem as coordenadas geográficas de 04°35'09" de Latitude sul e 42°51'51" de Longitude oeste de Greenwich.

A co-geração uma realidade a ser buscada, haja vista não só a imensa carga térmica criada no processo produtivo durante a queima das peças, bem como a racionalização do uso da energia elétrica, que é, sem dúvida alguma, o grande entrave para a indústria. Deve-se também priorizar a eficiência energética e reduzir-se o consumo da biomassa usada, com o aproveitamento total dos gases quentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, C. A. **Curso de Pós-Graduação:**”Lato Sensu” a distância – Formas Alternativas de Energia, Lavras: UFLA/FAEPE, Brasil, 2006.

GOULART, H.M.C. **Aproveitamento Energético do Lixo Urbano e de Resíduos Industriais:** “Lato Sensu” a distância – Formas Alternativa de Energia, Lavras: UFLA/FAEPE, Brasil, 20

MENDES, L.M. et all. **Geseificação de carvão vegetal e ou madeira para geração de energia em larga escala:** Lato Sensu” a distância – Formas Alternativa de Energia, Lavras: UFLA/FAEPE, Brasil, 2001.

Poole, A D.; Hollanda, J. B.; Tolmasquim, M. T.; Conservação de Energia e Emissões de Gases do Efeito Estufa no Brasil. Rio de Janeiro, RJ: Instituto Nacional de Eficiência Energética – INEE, 1998.

SIEMENS SOLAR INDUSTRIES, **Photovoltaic Technology and System Design,** Training Manual, 1995.

# ANEXOS

## DECLARAÇÃO

Eu, **Márcio Machado Vale**, estudante de pós-graduação Lato Sensu da UFLA, com número de matrícula FAE208011 no curso de Formas Alternativas de Energia, declaro, para os devidos fins e efeitos, e para fazer prova junto à Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Federal de Lavras, que, **sob as penalidades previstas no art. 299 do Código Penal Brasileiro**, que é de minha criação o trabalho de monografia que ora apresento, conforme exigência expressa no parágrafo único do art. 11 da Resolução nº 1, de 3 de abril de 2001, da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação. **Art. 299 do Código Penal Brasileiro, que dispõe sobre o crime de Falsidade Ideológica:**

"Omitir, em documento público ou particular, declaração que dele devia constar, ou nele inserir ou fazer inserir declaração falsa ou diversa da que devia estar escrita, com o fim de prejudicar direito, criar obrigação ou alterar verdade sobre fato juridicamente relevante: Pena - reclusão, de 1 (um) a 5 (cinco) anos, e multa, se o documento é público, e reclusão de 1 (um) a 3 (três) anos, e multa, se o documento é particular.

Parágrafo único. Se o agente é funcionário público, e comete o crime prevalecendo-se do cargo, ou se a falsificação ou alteração é de assentamento de registro civil, aumenta-se a pena de sexta parte".

Este crime engloba plágio e compra fraudulenta de documentos científicos. Por ser verdade, e por ter ciência do referido artigo, firmo a presente declaração.

Teresina, 05 de novembro de 2009.

---

Márcio Machado Vale

## REVISÃO DO TEXTO

### DECLARAÇÃO

Eu, Francisco Lucídio Soares Torres, professor de Português no Sistema Anglo de Ensino do Piauí, portador do registro de magistério Nº 02655-7 do estado do Piauí declaro, para os devidos fins e efeitos, e para fazer prova junto à Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Federal de Lavras, que fiz a revisão de texto da Monografia/Trabalho de Conclusão intitulada **Cerâmica Canaã: propostas para o uso racional da energia** de autoria de **Márcio Machado Vale**. Por ser verdade, firmo a presente declaração:

Teresina, 03 de novembro de 2009.

---

Francisco Lucídio Soares Torres