



ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DOS TIJOLOS CERÂMICOS NA FÁBRICA NOVA SÃO JOSÉ DE ITACOATIARA/AM: UM ESTUDO DE CASO

Cilene Farias Batista Magalhães

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientadores: Jandecy Cabral Leite

Clauderino da Silva Batista

Belém

Agosto de 2016

**ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DOS TIJOLOS CERÂMICOS NA
FÁBRICA NOVA SÃO JOSÉ DE ITACOATIARA/AM: UM ESTUDO DE CASO**

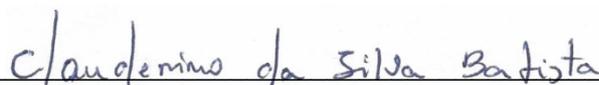
Cilene Farias Batista Magalhães

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS – MESTRADO PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

Examinada por:



Prof. Jandecy Cabral Leite, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. Clauderino da Silva Batista, D.Eng.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Coorientador)



Prof. Edinaldo José de Souza Cunha, D.Eng.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. Paola Souto Campos, Dra.
(UNINORTE-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

AGOSTO DE 2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Magalhães, Cilene Farias Batista, 1969-

Análise do Processo do processo produtivo dos tijolos cerâmicos na fábrica Nova São José de Itacoatiara/AM: um estudo de caso / Cilene Farias Batista Magalhães. - 2016.

Orientador: Jandecy Cabral Leite;

Coorientador: Clauderino da Silva Batista.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Belém, 2016.

1. Engenharia de Produção 2. Tijolos- Fábrica- Amazonas
3. Cerâmica- Indústria- Amazonas 4. Processos de fabricação-
Análise I. Título

CDD 22.ed.658.5

Dedico este trabalho à minha mãe **Marlene Farias Batista**, que apesar das lutas e dificuldades da vida, persistiu na busca pelo conhecimento, insistindo em minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me fortaleceu para eu não desistir diante das dificuldades encontradas no caminho.

Ao meu amado esposo **Hildebrando Magalhães da Silva** pela compreensão, incentivo e apoio financeiro.

Ao meu filho **Luís Filipe Batista Magalhães** por ser meu grande amigo e compreender minha ausência.

Aos meus amigos **Adelson Alves de Lima** e **Delzinei Carvalho** por me apoiarem no período em que trabalhei com eles no Núcleo de Ensino Superior de Novo Aripuanã/NESNAP/UEA.

À minha amiga do coração **Rosimeire Freires Pereira Oliveira**, mulher guerreira, dedicada e muito corajosa, que ultrapassou seus limites, rompendo barreiras geográficas para concluir o mestrado e me convenceu que eu também conseguiria fazer a mesma trajetória.

À Universidade Federal do Pará/UFPA.

Ao Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia **ITEGAM** na pessoa do **Sr. Jandecy Cabral** pela brilhante oportunidade aos amazonenses de trazer o conhecimento até nós, minimizando os caminhos e investimentos.

Ao meu orientador Professor **Dr. Jandecy Cabral Leite** que iluminado por Deus guiou meus passos até a conclusão desta produção científica.

À Revista **SODEBRAS** pela publicação do meu artigo.

Aos professores que destinaram parte de seu precioso tempo para participarem desta pesquisa, em particular o Professor **Dr. Alex Martins Ramos/UFAM/Itacoatiara-AM**.

A todos os professores do mestrado que muito contribuíram para minha formação.

Aos colegas da segunda turma de mestrado em Engenharia de Processos Industriais.

Aos familiares e amigos (novos e antigos) que sempre me incentivaram e apoiaram nessa jornada.

Por fim, aos meus Pastores **Francisco Ferreira Mendonça e Ivaneide Mendonça**, Presidentes da Igreja Evangélica Assembleia de Deus/IEADAM em Itacoatiara/AM, pelo apoio e cobertura Espiritual.

Enfim, tudo que tenho tudo que sou e o que vier a ser, pertencem a ti Senhor Jesus, meu Salvador e único Senhor. A ELE a honra, a glória e o louvor para todo sempre.

“Eu sou a videira, vós as varas: quem está em mim, e Eu nele, esse dá muito fruto; porque sem mim nada podeis fazer”.

(João 15.5)

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M.Eng.)

**ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DOS TIJOLOS CERÂMICOS NA
FÁBRICA NOVA SÃO JOSÉ DE ITACOATIARA/AM: UM ESTUDO DE CASO**

Cilene Farias Batista Magalhães

Agosto/2016

Orientadores: Jandecy Cabral Leite

Clauderino da Silva Batista

Área de Concentração: Engenharia de Processos

O Amazonas é um estado em grande desenvolvimento econômico. A indústria da cerâmica vermelha é um setor essencial para a economia nacional, pois supre a cadeia produtiva da construção civil em todo o território nacional, sendo também fundamental para o setor da habitação. A cerâmica é o material mais utilizado como vedação de estruturas por possuir ótimos parâmetros de isolamento térmico, acústico e de resistência. A presente pesquisa tem como objetivo um estudo de caso do processo produtivo de uma fábrica oleira-cerâmica localizada no interior do Amazonas. A metodologia utilizada desenvolverá o levantamento de dados e informações através de entrevistas com o proprietário e funcionários, a exploração de conteúdo bibliográfico e ensaios de controle tecnológico. Nos resultados encontrados nesse estudo, aponta-se que o filtro de mangas é o equipamento de controle de emissão mais eficiente. Além da eficiência o filtro de mangas possibilita a empresa que utiliza esse equipamento o reaproveitamento do material particulado captado pelo filtro em seu processo, sendo assim eliminando um resíduo de uma forma ecologicamente correta.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M.Eng.)

**ANALYSIS OF PRODUCTION PROCESS OF CERAMIC BRICKS AT THE
FACTORY NOVA SÃO JOSÉ IN ITACOATIARA/AM: A CASE STUDY**

Cilene Farias Batista Magalhães

August/2016

Advisors: Jandecy Cabral Leite

Clauderino da Silva Batista

Research Area: Process Engineering

The Amazon is a great state in economic development. The red ceramic industry is a key sector of the national economy, because it supplies the production chain of construction throughout the country and is also key to the housing sector. Pottery is the most common material used as sealing structures for possessing optimal parameters of thermal, acoustic and resistance. This research aims a case study of the production process of a ceramic-ceramic factory located inside the Amazon. The methodology will develop data collection and information through interviews with the owner and staff, the exploitation of bibliographic content and technological control tests. The results of this study, it is noted that the filter bag is more efficient emission control equipment. In addition to the efficiency bag filter allows the company using this equipment reuse of particles captured by the filter in the process, thus eliminating waste in an environmentally sound manner.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS E ESTADO DA ARTE.....	1
1.1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.2 – IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	2
1.2.1 – Resíduos Sólidos.....	4
1.2.2 – Resíduos Perigosos.....	5
1.2.3 – Cinzas.....	5
1.2.4 – Material cru não conforme.....	6
1.3 – OBJETIVOS.....	6
1.3.1 – Geral.....	6
1.4 – PRODUTO FINAL FORA DE ESPECIFICAÇÃO.....	7
1.4.1 – Incorporação de resíduos à massa cerâmica.....	7
1.4.2 – Consumo de Combustíveis.....	8
1.4.3 – Emissões atmosféricas.....	9
1.5 – INFLUÊNCIA DA NATUREZA DOS PRODUTOS NAS CURVAS DE QUEIMA.....	12
1.5.1 – Análise do processo de transferência térmica na queima.....	13
1.5.2 – Ruído.....	15
1.5.3 – Eficiência energética.....	15
1.5.3 1 – Pressupostos utilizados.....	17
1.5.4 – Tipos de Indicadores de Eficiência Energética.....	17
1.6 – MÉTODOS DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR.....	18
1.6.1 – Medidas indiretas.....	18
1.6.2 – Medidas diretas.....	18
1.7 – EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR (ECP).....	19
1.8 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	19
CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E METODOS DA PESQUISA.....	20
2.1 – CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	20
2.2 – NATUREZA DA PESQUISA.....	21
2.2 1 – Delineamento da Pesquisa.....	21
2.2.2 – Universo e Amostra.....	21
2.2.3 – Análise dos Dados.....	21
2.3 - MATERIAIS E MÉTODOS COM A CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO.....	23
CAPÍTULO 3 – APLICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DOS TIJOLOS CERÂMICOS NA FÁBRICA NOVA SÃO JOSÉ.....	25
3.1 – DESCRIÇÃO DA EMPRESA.....	25

3.2 – METODOLOGIA E RESULTADOS.....	26
3.3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
3.3.1 – Balanço de massa da fábrica.....	27
3.3.2 – Balanço energético.....	28
3.3.3 – Análise dos poluentes.....	29
3.3.4 – Poluente Atmosférico.....	30
3.3.5 – Fatores que afetam a dispersão de poluentes.....	31
3.3.6 – Controle de efluentes gasosos.....	31
3.3.7 – Tipos de combustíveis Origem do combustível.....	32
3.3.8 – Petróleo.....	32
3.3.9 – Equipamento de controle de poluição do ar.....	32
3.3.10 – Equipamento de Controle de Material Particulado.....	34
3.3.11 – Coletores Mecânicos.....	35
3.4 – APLICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	36
3.4.1 – Dispositivo de controle de emissão atmosférica aplicada na construção de tijolo cerâmica.....	36
3.4.2 – Características Gerais dos principais poluentes do ar.....	38
3.4.3 – Material Particulado (MP).....	39
3.4.4 – Monóxido de Carbono (CO).....	39
3.4.5 – Hidrocarbonetos (HC).....	39
3.4.6 – Conama 08/1990: Limites máximos de emissão de poluentes do ar para processos de combustão externa em fontes fixas.....	40
3.4.7 – Efeitos nocivos gerados pelo Material Particulado.....	41
3.4.8 – Efeitos na Saúde Humana.....	41
3.4.9 – Efeitos na saúde dos animais.....	41
3.4.10 – Efeitos sobre as plantas.....	41
3.4.11 – Efeitos sobre o clima.....	41
3.4.12 – Gestão ambiental.....	42
3.4.13 – Os resultados desta modelagem permitem.....	42
3.4.14 – Conceitos básicos para os equipamentos de controle da poluição do ar.....	43
3.4.15 – Medidas diretas.....	43
3.4.16 – Classificação dos equipamentos de controle da poluição do ar.....	43
3.4.17 – Equipamentos de controle de material particulado.....	43
3.4.18 – Equipamentos de controle para gases e vapores.....	44
3.4.19 – Conceitos básicos para os equipamentos de controle da poluição do ar - Eficiência dos equipamentos.....	44
3.4.20 – Conceitos básicos para os equipamentos de controle da poluição do ar - Eficiência dos equipamentos.....	44
3.4.21 – Fatores determinantes na escolha do equipamento de controle de poluição.....	44
3.4.22 – Material particulado Coletores à seco coletores úmidos.....	46

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS.....	47
4.1 – FILTRO ANTIFULIGEM PARA CHAMINÉ INDUSTRIAL.....	47
4.2 – FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO PARA CHAMINÉ.....	49
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Pirâmide de priorização do gerenciamento dos resíduos sólidos.....	4
Figura 1.2	Armazenamento das cinzas em caçamba.....	5
Figura 1.3	Resíduos gerado.....	6
Figura 1.4	Produtos finais fora de especificação.....	7
Figura 1.5	Curvas de queima de diversos materiais em fornos contínuos.....	12
Figura 1.6	Processos de transferência de energia durante a queima de produtos cerâmicos.....	14
Figura 1.7	Representação esquemática de um forno túnel.....	15
Figura 2.1	Tijolos cerâmicos.....	22
Figura 2.2	Forno.....	22
Figura 2.3	Pátio como depósito da matéria-prima.....	23
Figura 3.1	Os blocos defeituosos ficam dispostos no chão da fábrica.....	26
Figura 3.2	Lenha para queima dos blocos dispostos no chão da fábrica.....	27
Figura 3.3	Dispersão de uma planta.....	30
Figura 3.4	Esquema dos componentes de um sistema de controle de poluição do ar.....	33
Figura 3.5	Esquema de um processo de coleta de poluentes.....	34
Figura 3.6	Esquema do processo que utiliza uma câmara de sedimentação gravitacional como pré-coletor e um filtro manga como equipamento final de coleta final...	36
Figura 4.1	Sistema de filtro projeto.....	48
Figura 4.2	Visto superior do filtro atmosférico.....	48
Figura 4.3	Sistema de tratamento e utilização de água para o filtro atmosférico.....	49
Figura 4.4	Sistema de transporte de fuligem para tanque de decantação do sistema de filtro.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	Principais impactos ambientais e medida mitigadora da extração de argila.....	3
Tabela 1.2	Principais características dos resíduos utilizados.....	8
Tabela 1.3	Poder calórico dos combustíveis.....	9
Tabela 1.4	Tipos de emissão nas etapas do processo de produção da cerâmica vermelha.....	10
Tabela 1.5	Tipo de fluente líquido e sua medida mitigadora.....	14
Tabela 3.1	Dados da eficiência.....	
Tabela 3.6	Esquema do processo que utiliza uma câmara de sedimentação gravitacional como pré-coletor e um filtro manga como equipamento final de coleta final.....	36

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS E ESTADO DA ARTE

1.1 - INTRODUÇÃO

A produção de tijolos requer grande quantidade de recursos e causa uma série de efeitos negativos ao meio ambiente. Neste contexto, a presente dissertação visa analisar o processo produtivo de uma Cerâmica localizada na região de estudo e, conseqüentemente, estudar a aplicação do dispositivo para controle de emissão atmosférica.

Como resultados, destaca-se que o processo da indústria é constituído pelas etapas: extração de argila, transporte, mistura da argila, pré-elaboração, extrusão, secagem, queima e expedição. Dentre estes processos, o maior impacto relativo encontra-se principalmente nas etapas de extração e transporte da argila, uma vez que demanda considerável quantidade de combustível.

Em relação à matéria prima, as perdas são relativamente baixas, uma vez que não ocorrem grandes transformações da argila, possibilitando o reaproveitamento em quase todas as etapas. A exceção encontra-se na etapa de queima, que não possibilita reversão do processo, gerando resíduos se o produto não estiver na qualidade exigida.

Dentre as possibilidades de melhorias, sugere-se o estudo da incorporação de resíduos industriais na cerâmica, visando à manutenção das propriedades dos produtos e redução do impacto ambiental (JUNIOR *et al.*, 2013; NASCIMENTO, 2014).

A indústria artesanal de tijolos está diretamente relacionada com a construção de casas e prédios. A fabricação de tijolo vermelho cozido em fornos (septo e telhas) tem permanecido substancialmente inalterado desde os tempos antigos (VILLANUEVA *et al.*, 2015).

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 polos cerâmicos do país. No entanto, outras regiões têm apresentado certo desenvolvimento dessa indústria, em especial o nordeste, devido, principalmente, à existência de matéria-prima, energia viável e mercado consumidor em desenvolvimento (FARIAS, 2002; SKORONSKI *et al.*, 2015).

Para as atividades de produção de tijolos no município de Itacoatiara, ainda são utilizadas práticas tradicionais que geram danos ambientais, como é o fato de usar sistemas de combustão; gerar grandes quantidades de dióxido de carbono (CO₂); qual dos gases responsáveis pelo aquecimento global é o mais abundante e o maior contribuinte para o efeito estufa. Aqui os resultados de um estudo exploratório do impacto ambiental gerado pela indústria nesta região, em particular, são apresentados. Foram realizadas visitas a Indústria Oleira São José, cuja produção é de 25% do tijolo localizado no município de Itacoatiara, o número de pessoas envolvidas nesta indústria, as informações sobre as características das matérias-primas utilizadas na preparação de tijolo, para finalmente identificar o impacto ambiental causado pelos sistemas de trabalho utilizados.

A Cerâmica Estrutural (Vermelha) produz tijolos furados, tijolos maciços, lajes, blocos de vedação e estruturais, telhas, manilhas e pisos rústicos. É uma atividade de base ao possibilitar a construção civil, em geral, desde a mais simples à mais sofisticada.

Distribui-se por todo país, muito pulverizada, em micro e pequenas empresas, quase sempre de organização simples e familiar. Levantamentos mostram que existem 11.000 unidades produtivas, em uma média de 25 a 30 empregados, somando entre 250.000 a 300.000 empregos.

Movimenta ao redor de 60.000.000 de toneladas de matérias primas ao ano, com reflexos nas vias de transportes, e no meio ambiente de lavra de argila. Seu raio médio de ação quanto ao envio dos produtos está no 250 km, a partir do qual o transporte inviabiliza. Para as telhas o alcance é maior podendo estar nos 500 km havendo casos de 700 km para telhas especiais. Calcula-se que o valor da produção anual pode estar ao redor de US\$ 2 500 milhões. Essa renda fica nos locais de produção, com alto significado social na criação de emprego ao propiciar a construção em geral principalmente moradias (BUSTAMANTE e BRESSIANI, 2000).

1.2 - IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Os principais impactos ambientais relacionados à indústria de cerâmica vermelha estão geralmente associados a fatores como: degradação das áreas de extração da argila, consumo de energia, geração de resíduos sólidos decorrentes de perdas por falhas na qualidade do produto, emissão de poluentes atmosféricos e gases de efeito estufa. Esses fatores podem ser verificados nas diferentes etapas do sistema produtivo

das empresas do setor de cerâmica vermelha. A extração de argila é uma atividade que gera diversos impactos sobre o meio ambiente.

A Tabela 1.1 mostram alguns impactos sobre os meios físico, biótico e antrópico e suas respectivas medidas mitigadoras.

Tabela 1.1 - Principais impactos ambientais e medida mitigadora da extração de argila.

Meio	Impacto Ambiental	Medida Mitigadora
Físico	Poluição do ar devido à emissão de material particulado fino (poeira) proveniente das vias de acesso.	Utilizar caminhão pipa, durante o horário de movimentação dos caminhões e equipamentos.
	Erosão do solo devido à exposição do mesmo a águas pluviais.	Realizar drenagem de água pluvial para o interior das cavas, de modo a evitar processos erosivos no solo.
	Assoreamento dos cursos d'água.	Drenar as águas pluviais, pois evita-se que sejam escoadas para as margens carreando material para os cursos d'água.
	Emissão de ruídos provenientes das dragas, caminhões e maquinários.	Realizar a manutenção constante dos equipamentos bem como aclopar silenciadores nos escapamentos dos mesmos. Para os trabalhadores, o uso de EPIs deverá ser obrigatório.
Biótico	Supressão da vegetação.	Solicitar autorização por órgão ambiental responsável para tal atividade vista ser um impacto inevitável. O empreendedor deve recuperar o solo exposto com vegetação ao final da extração.

Antrópico	Impacto visual devido às alterações na topografia do terreno e a supressão da cobertura vegetal.	Manter o retaludamento das margens, nunca superior a seis metros, com inclinação de cerca de 30%.
	Obtenção da mão-de-obra especializada.	Capacitar à população próxima ao empreendimento para valorização destes profissionais.

1.2.1 Resíduos Sólidos

O acondicionamento, armazenamento, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos são responsabilidades do gerador e devem estar de acordo com as legislações ambientais aplicáveis.

A prevenção e minimização da geração de resíduos como mostra a Figura 1.1 sempre deverão ser priorizadas.



Figura 1.1 - Pirâmide de priorização do gerenciamento dos resíduos sólidos.

A seguir estão descritos os principais resíduos gerados na indústria de cerâmica vermelha:

1.2.2 Resíduos Perigosos

Com relação aos resíduos perigosos é necessário armazená-los em local apropriado com cobertura, impermeabilização e bacia de contenção para eventuais vazamentos, caso aplicável. Estes resíduos devem ser transportados e destinados por empresas que possuam licença ambiental para tal. Como exemplo cita-se que devem ser encaminhadas para empresa de reciclagem especializada e o óleo lubrificante usado que poderá ser encaminhado para empresa de pré-defino.

1.2.3 Cinzas

Geradas durante a queima de combustível nos fornos. A quantidade gerada depende do tipo de combustível utilizado e da tecnologia do forno cerâmico. Se a queima for realizada utilizando carvão mineral ou outro combustível fóssil, as cinzas deverão ser armazenadas em caçambas (Figura 1.2) e não devem ser aplicadas no solo, pois podem apresentar alto teor de enxofre e ferro. Já as cinzas provenientes da queima de biomassa (lenha, serragem, cavaco, entre outros) podem ser dispostas diretamente sob o solo e não possuem especificação de armazenagem, todavia recomenda-se que seja feita em caçambas também.



Figura 1.2 - Armazenamento das cinzas em caçambas.

Fonte: FEAM (2014).

1.2.4 Material cru não conforme

Apesar da possibilidade de reinserção deste material no próprio processo, gera-se uma atividade a mais a ser realizada pelo empreendimento e um custo adicional ao

produto, pois reduz a produtividade e aumenta a perda energética (ver item Incorporação de Resíduos). Portanto o ideal é que este resíduo não seja gerado ou sua geração seja minimizada ao máximo como mostra a Figura 1.3. Deve ser reintroduzido aos poucos no processo, principalmente se o material contiver porcentagem de resíduo incorporado, como o pó de balão. A porcentagem de material cru na nova massa é de no máximo 2%, de acordo com critério adotado pelos ceramistas.



Figura 1.3 - Resíduo gerado.

Fonte: FEAM (2014).

1.3 - OBJETIVOS

1.3.1 Geral

- Aprimorar o estado de conhecimento, objetivando-se, o validar de um protótipo de controle de emissão de poluentes originados da queima de biomassa, produtos florestais e outros combustíveis fósseis presentes na fabricação de artefatos oleiros – cerâmicos da região onde está concentrada a indústria NOVA SÃO JOSÉ.

1.3.2 Específicos

- Fomentar e apoiar a validação do protótipo (dispositivo de controle de emissão atmosférica)
- Construir um modelo matemático ambiental através de dados experimentais.
- Verificar a aplicabilidade do protótipo desenvolvido.
- Propor ações para apoiar a viabilidade econômica do investimento.

1.4 - PRODUTO FINAL FORA DE ESPECIFICAÇÃO

São produtos não conformes e quebrados como mostra a Figura 1.4. Lembrando que as normas da ABNT não permitem a comercialização de produtos fora de especificação técnica. Tais produtos podem ser moídos e reutilizados no assentamento do pátio do próprio empreendimento ou vias de acesso, fabricação de agregado graúdo, queima de fornos nas indústrias cimenteiras ou até mesmo para formação de quadras de saibro.



Figura 1.4 - Produtos finais fora de especificação.

Fonte: FEAM (2014).

1.4.1 Incorporação de resíduos à massa cerâmica

A indústria de cerâmica vermelha é muito importante do ponto de vista ambiental, pois possibilita o reaproveitamento de resíduos sólidos de outras indústrias, incorporando-os na massa cerâmica. Este aproveitamento traz alguns benefícios para a indústria de cerâmica vermelha como redução do custo e da quantidade de matéria-prima utilizada, redução do consumo de combustível, além de evitar que estes resíduos tenham destinação ambientalmente incorreta.

Nas indústrias cerâmicas do Estado do Amazonas é comum utilizar na incorporação da massa os resíduos de pó de balão e lama de alto-forno. A proporção de resíduo varia de 5 a 10%, conforme critérios adotados pelos ceramistas. A incorporação de pó de balão ou lama de alto-forno na massa cerâmica pode reduzir o consumo de biomassa na ordem de 30% (FEAM, 2014), e o tempo de queima dos produtos cerâmicos, resultando em menor gasto energético na produção. Há outros resíduos que

também podem ser incorporados na massa cerâmica, como escória de alto-forno, pó de ardósia, areia de fundição, carepa e lodo do processo de tratamento de efluentes, entretanto o uso é mais restrito (FEAM, 2014).

É importante considerar a granulometria das partículas dos resíduos em geral, pois a adição de elementos com granulometria considerada alta pode alterar o nível de plasticidade da massa, dificultando a absorção de água.

1.4.2 Consumo de Combustíveis

No Amazonas os combustíveis mais utilizados pelas cerâmicas vermelhas são a lenha, pó de serragem e cavacos de madeira. São utilizados também, em menor quantidade, alguns resíduos que contenham grande concentração de carbono como *pallets* de madeira, bagaço de cana, sabugo de milho, palha de café, casca de arroz, entre outros. Todos estes resíduos são responsáveis pela queima do corpo cerâmico, auxiliando como combustíveis diretos.

O reaproveitamento destes insumos é outro ponto positivo da indústria de cerâmica vermelha, uma vez que reduz a necessidade de se extrair recursos naturais, reduz custos de transporte e aquisição de combustíveis fósseis e evita-se que os mesmos tenham destinação ambientalmente incorreta.

A Tabela 1.2 são apresentadas as principais características dos insumos energéticos mais utilizados pelas cerâmicas vermelhas do Amazonas.

Tabela 1.2 - Principais características dos resíduos utilizados.

INSUMOS	CARACTERÍSTICAS
LENHA	<ul style="list-style-type: none"> - É um recurso renovável ; - Precisa ser operada manualmente fazendo com que a alimentação do forno não seja homogêneo prejudicando a qualidade das peças.
CAVACO	<ul style="list-style-type: none"> - É um recurso renovável ; - Apresenta boas características energéticas e reduz a emissão de poluentes na atmosfera; - Devem ser estocados em silos ou galpões; - Possuem irregularidades, fazendo com que a combustão se dê com elevado excesso de ar.

PÓ DE SERRAGEM	<ul style="list-style-type: none"> - Devem ser estocados em silos ou galpões; - Há necessidade de adaptação dos equipamentos de queima.
PALLETS DE MADEIRA	<ul style="list-style-type: none"> - Pode ser reaproveitado independente de seu estado (quebrado ou inteiro); - Deve-se observar a procedencia do mesmo de modo a evitar o uso do material contaminado com outras substâncias, como óleo.

Fonte: adaptado do plano de ação para adequação ambiental e energética das indústrias de cerâmica vermelha do estado do Amazonas (FEAM, 2014).

Tabela 1.3 - Poder calorífico dos combustíveis.

Combustível	Poder Calorífico (Kcal/Kl)
Lenha de reflorestamento	3.100
Pallets de madeira	3.000
Palha de café	2.950
Sabugo de milho	2.900
Pó de serragem	2.500
Cavaco	2.500
Bagaço de cana	2.130

Fonte: Adaptado do plano de ação para adequação ambiental e energética das indústrias de cerâmica vermelha do estado de minas gerais (FEAM, 2014).

Apresenta o poder calorífico médio dos principais insumos energéticos utilizados, para efeito de comparação.

Todos estes insumos devem ser armazenados em locais cobertos, para que não ganhem umidade com a água da chuva, reduzindo o poder calorífico e gerando vapor d'água durante a combustão.

Em contrapartida, existem alguns resíduos que não podem ser queimados como pneus, lâmpadas que contêm mercúrio, sobras de MDF, embalagens de óleo lubrificantes ou outro produto químico e resíduos contaminados em geral.

Trata-se de resíduos que possuem periculosidade e devem possuir uma destinação ambientalmente correta.

1.4.3 Emissões atmosféricas

Os principais impactos associados aos poluentes atmosféricos emitidos durante o processo de fabricação da cerâmica estão relacionados às atividades no transporte, recepção, manuseio e mistura de matérias-primas e insumos e ao uso de energéticos para a queima, como pode ser visto na Tabela 1.2. Vários fatores interferem na ocorrência das emissões como: falta de controle operacional e mão de obra desqualificada, tipo de combustível e forno utilizado.

Tabela 1.4 - Tipos de emissão de medidas mitigadoras nas etapas do processo de produção da cerâmica vermelha.

Etapas do processo	Emissão	Medidas mitigadoras
Tráfego de veículos	Emissão de fontes fugitivas e móveis	<ul style="list-style-type: none">– Aspersão de água por meio de caminhão-pipa ou sistema de aspersão fixo;– Empresas que possuem vias e pátios pavimentados podem utilizar verrederiras, evitando assim o desperdício de água. A pavimentação de vias e pátios por, por si só, contribui muito para a minimização desse impacto;– Diminuição das distâncias percorridas com utilização de insumos locais;– Manutenção de veículos;– Adoção do sistema de cobertura da argila transportada em caminhões durante o transporte da jazida para o local do beneficiamento.
Manuseio de matérias-primas e insumos	Poeiras fugitivas	<ul style="list-style-type: none">– Adoção de sistema de aspersão de água;– Implantação de barreira vegetal (“cerca viva”) para a contenção de dispersão de material particulado;– Proteção da área de armazenamento.
	Emissão	<ul style="list-style-type: none">– O uso da lenha reduz a taxa de emissão de todos os poluentes. Além disso quando utilizada de maneira sustentável, por meio da reposição florestal, exporta CO².

Queima*	de gases e material particulado	<p>principal gás de efeito estufa;</p> <ul style="list-style-type: none"> – Quando se utiliza combustível fóssil, as emissões são intensificadas, principalmente devido a geração de SO_x, sendo necessária a adoção de sistema de controle; – Uso de resíduos como: pó de serragem, cavaco, bagaço de cana, sabugo de milho, palha de café, e outros representam alternativas para redução da emissão de gases causadores do efeito estufa durante o processo de queima.
---------	---------------------------------	---

Fonte: FEAM (2014).

A coloração da fumaça emitida é um bom parâmetro para análise do controle do processo, uma vez que fornos menos eficientes emitem maior quantidade de fumaça e material particulado. Em geral as emissões nos fornos cerâmicos apresentam coloração clara, exceto os minutos finais do processo de queima, devido à falta de oxigênio. Isto se deve à ineficiência do forno ou controle operacional, ocasionando uma utilização de combustível acima da necessária (FEAM, 2014).

Durante o processo de queima é necessário um excesso de ar para que a reação de combustão ocorra de maneira completa. O excesso de ar deve ser bem administrado, uma vez que uma queima malfeita pode gerar mais resíduos e reduzir a qualidade dos produtos. A quantidade do ar necessária para a queima varia de acordo com os tipos de queimadores, de fornos e de combustível utilizado. Um grande excesso de ar é indesejável, pois diminui a temperatura de chama e aumenta as perdas de calor, exigindo um consumo maior de combustível. Um baixo excesso de ar pode resultar em uma combustão incompleta e formação de monóxido de carbono (CO), fuligem e fumaça, além de possibilitar a acumulação de combustível não queimado.

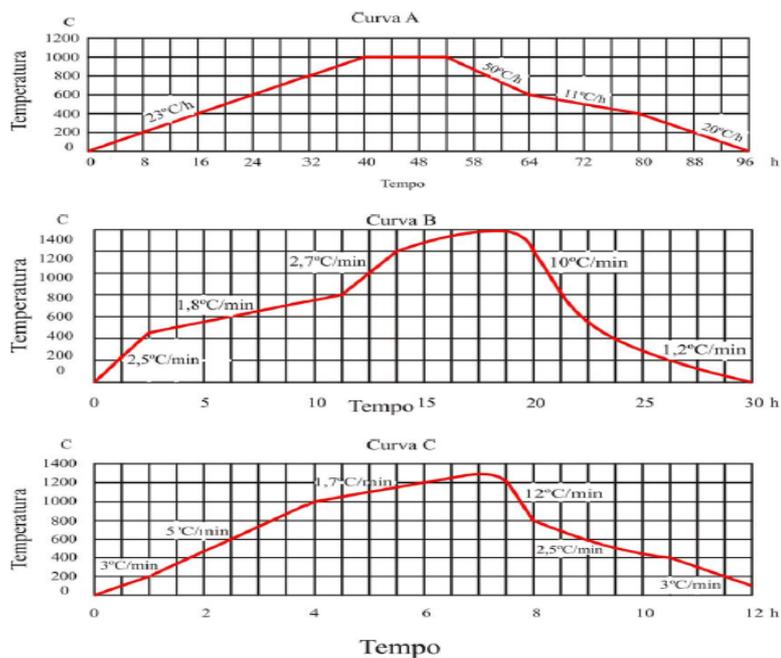
O reaproveitamento de resíduos como insumos energéticos ou misturados à massa cerâmica possui a vantagem de diminuição de rejeitos. Entretanto, alguns resíduos, durante a queima, podem desprender gases tóxicos dependendo de sua constituição. Logo, se faz necessário analisar previamente o tipo de resíduo utilizado e suas implicações. É necessário periodicamente monitorar a qualidade da queima através de análises de gases coletados diretamente na fornalha ou na chaminé do forno para medir os teores de oxigênio e CO. O controle da combustão fornece informações sobre a qualidade do processo de queima.

O seu controle preciso permite otimizar a eficiência térmica das fornalhas, assegurando ao mesmo tempo uma diminuição do nível de emissão de poluentes e o cumprimento das normas ambientais. Em muitos casos, o controle do excesso de ar é a solução de melhor custo/benefício para a redução da emissão de poluentes (PINHEIRO e VALLE, 1995).

Os laudos de emissões atmosféricas devem estar dentro dos limites estabelecidos na Deliberação Normativa 11/86, com o monitoramento dos seguintes parâmetros: material particulado, NOx e CO. A indústria cerâmica utiliza grandes quantidades de energia no processo produtivo e esta representa uma parcela significativa no custo final dos produtos. Assim, a eficiência energética torna-se importante para a redução das emissões atmosféricas e dos custos das cerâmicas. Os Efluentes Líquidos mostram na indústria de cerâmica vermelha os efluentes líquidos não se configuram como grande problema.

1.5 - INFLUÊNCIA DA NATUREZA DOS PRODUTOS NAS CURVAS DE QUEIMA

As informações anteriores refletem-se no perfil das curvas de queima, nos valores admissíveis de subida e descida da temperatura e na temperatura máxima do tratamento térmico. A Figura 1.5 mostra diversas curvas de queima em diferentes tipos de fornos e produtos e faz algumas comparações com as curvas de queimas.



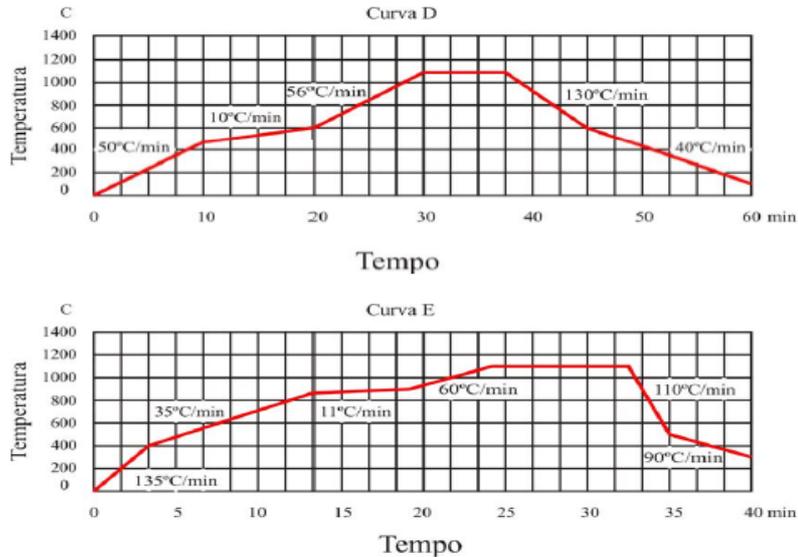


Figura 1.5 - Curvas de queima de diversos materiais em fornos contínuos. (a) tijolo em forno túnel de vagonetas (combustível – óleo); (b) porcelana em forno túnel de vagonetas (combustível – gás); (c) sanitário vitreos por monoqueima, em forno túnel de vagonetas (combustível – gás); (d) monoqueima de pavimento vitrificado em pasta vermelha, em forno rápido de rolos (combustível – gás); (e) monoqueima de revestimento poroso em forno rápido de rolos (combustível – gás).

Fonte: KAWAGUTI (2005).

Analisando as curvas de queima citadas acima, as diferenças fundamentais que se detectam são determinadas pela natureza dos produtos a tratar (composição mineralógica da pasta, forma e dimensões dos produtos e método de conformação usado) e pelas características do forno utilizado (dimensão da secção transversal, natureza do combustível, tipo de queimadores e sua localização, sistema de controle e modo de deslocamento da carga no interior do forno).

1.5.1 Análise do processo de transferência térmica na queima

A transferência de energia calorífica para os produtos, na queima, processa-se por convecção, radiação e condução. Para que ocorra transferência de energia por convecção, é necessária a presença de um fluido, como, por exemplo, os gases da combustão do combustível ou o ar. A transferência de energia por radiação pode processar-se diretamente, entre a fonte e o receptor, sem a intervenção do meio que os separa. A transferência por condução exige o contato entre as fontes quente e fria. Na figura 1.6 mostra os processos de transferência de energia calorífica num forno, nas

fases de pré-aquecimento e queima. A energia calorífica transmite-se por convecção, a partir dos gases da atmosfera que envolve a carga: a energia radiante, que incide na carga, tem origem nas chamas dos queimadores, nos gases da atmosfera e nas paredes do forno; a transmissão de energia por condução realiza-se através das superfícies de contato, entre a carga e a estrutura de suporte. Durante o resfriamento, a transferência de energia ocorre pelos mesmos três processos anteriores, a partir dos produtos cozidos para as paredes do forno e para a atmosfera que envolve os produtos e o tipo de efluente líquido e sua medida mitigadora.

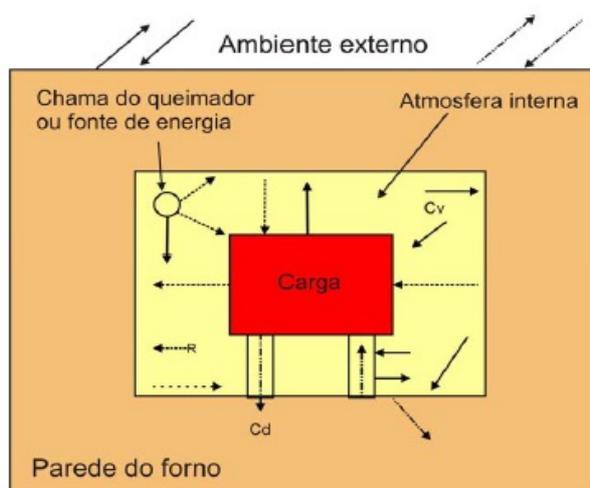


Figura 1.6 - Processos de transferência de energia durante a queima de produtos cerâmicos: Cv – convecção, Cd – condução e R – radiação (KAWAGUTI, 2005).

Tabela 1.5 - Tipo de efluente líquido e sua medida mitigadora.

Efluente	Medida mitigadora
Industrial	Não há geração.
Provenientes da lavagem de peças e máquinas	Caixa separadora de água e óleo. O efluente tratado pode ser destinado para outro sistema de tratamento como sistema de fossa/filtro ou para a rede de esgoto.
Efluente sanitário	Podem ser direcionados para a rede de esgoto sanitário ou para um sistema de tratamento constituído de fossa séptica e filtro anaeróbio.
Águas pluviais e de aspersão de vias e pátios	Coletadas por canaletas de drenagem e destinadas a caixas de decantação e bacias de infiltração, pois podem causar erosões e carregamento de partículas sólidas, podendo acarretar o assoreamento das fontes de águas superficiais.

1.5.2 Ruído

As emissões de ruído ocorrem em diversas fases do processo de fabricação de cerâmica vermelha, sendo mais intensificadas nas instalações de moagem, mistura e prensagem, e nas atividades de transporte de veículos e máquinas, tanto de matérias-primas como de produtos acabados e resíduos (FEAM, 2014).

É de suma importância a adoção de Equipamento de Proteção Individual (EPI), pois o ruído afeta, principalmente, os trabalhadores. Além, é claro, de garantir os limites estabelecidos na Lei Estadual 10.100/90 que trata sobre ruído ambiental como mostra a Figura 1.7.

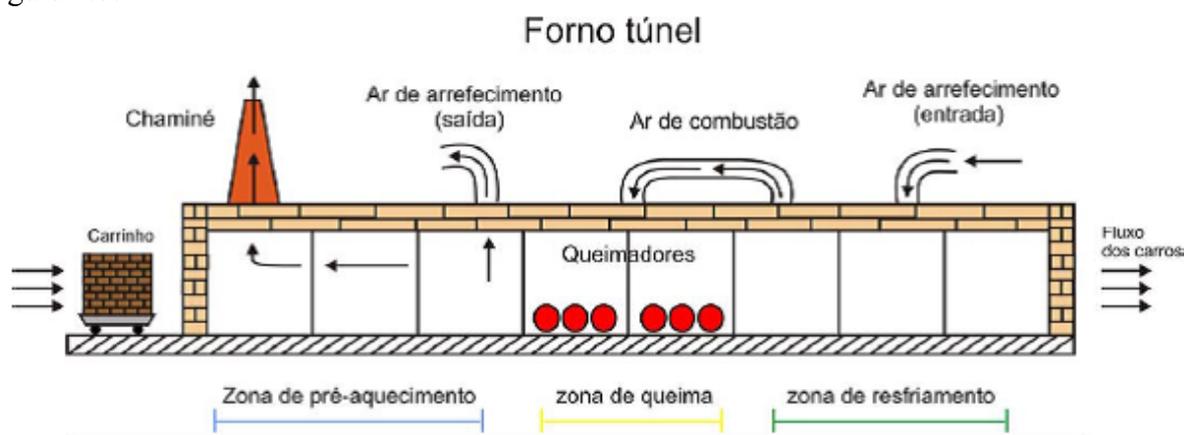


Figura 1.7 - Representação esquemática de um forno túnel.

Fonte: ALMEIDA *et al.* (2001).

No forno túnel, a intervalos regulares, introduz-se uma vagoneta, na extremidade de entrada dos produtos crus, e retira-se uma vagoneta de produtos cozidos. O movimento das vagonetas é assim contínuo e uniforme, salvo durante o intervalo de tempo necessário para o retorno do dispositivo de deslocamento e a entrada de uma nova vagoneta. Estas vagonetas são constituídas por uma estrutura metálica (*chassis*) com rodas, que sustenta o maciço refratário e também serve como isolante. A Figura 1.7 mostra a vagoneta com tijolos (19 cm x 19 cm x 9 cm) na saída do forno túnel estudado.

1.5.3 Eficiência energética

Nos países em desenvolvimento, a tendência é aumentar o consumo total de energia, à medida que a economia cresce e maior parte da população começa a ter acesso à energia e a outros bens, que lhe eram negados, por falta de poder aquisitivo e infraestrutura. Com isso a produção de bens tende a crescer e o consumo de energia

também. Nestes países a intensidade energética tende a crescer, devido a dificuldade de se ter acesso às novas tecnologias com menor consumo de energia.

O efeito estufa, um dos principais riscos ambientais que o nosso planeta enfrenta, está intimamente ligado ao consumo de energias fósseis. A princípio pode-se afirmar que a intensidade energética medida pela razão entre o consumo total de energia e o produto da economia (PIB – Produto Interno Bruto), poderia ser uma medida que indique, mesmo em uma perspectiva ampla, a tendência de crescimento ou não no padrão de emissão de CO₂.

A justificativa, para essa afirmativa, pode ser retirada da própria definição de eficiência energética, que normalmente refere-se a usar menos energia para produzir a mesma quantidade de bens e serviços. Portanto, isso significaria que uma maior eficiência energética, seria uma maneira de mitigar a emissão de CO₂.

O debate sobre o efeito estufa e a medida adequada de preveni-lo tem apontado para a necessidade de basear as negociações na avaliação e comparação da evolução da eficiência energética e na emissão de CO₂ em vários países. Essa comparação tornou-se muito difícil devido à falta de homogeneidade nas definições e medidas. Os indicadores calculados para medir a eficiência energética são diferentes de um país para o outro, por isso a interpretação dos dados diverge consideravelmente. Essas divergências não impedem que estes indicadores possam ser utilizados como instrumentos para determinar cotas de CO₂, principalmente para a indústria.

Os indicadores de eficiência energética podem ser calculados de diversas formas. Atualmente têm sido propostos cerca de 600 indicadores, para a composição do programa “Odyssee” (*On-line Data Base on Yearly Assessment of Energy Efficiency*) da União Européia, mas o número de indicadores calculado para cada país, depende de suas necessidades específicas de informações. O mais importante, ao se estudar e aplicar os indicadores energéticos, é definir o tipo de macro e micro indicadores que serão utilizados e esclarecer as definições dos termos.

Tal esclarecimento deve ser estendido, também, para os outros termos, como conteúdo energético, efeitos, estrutura, atividade, substituição e todos os outros itens criados, utilizados, para determinar o indicador de eficiência energética para um país, indústria ou setor, já que estes ainda não estão padronizados mundialmente (PATTERSON, 1996; GIACONE e MANCÒ, 2012).

1.5.3.1 Pressupostos utilizados

- Forno túnel com 100 m de comprimento, 4 m de largura e 3 m de altura;
- Combustível utilizado: gás natural; e - Parede do forno constituída por 3 tipos de refratários.

Refratários interiores de mulita (70% de Al_2O_3 e 20% de porosidade), refratários isolantes intermediários silico-argilosos (de densidade igual a 1,25 kg/L) e refratários exteriores de corindon (teor de alumina igual a 90% e uma porosidade de 19%). Equação do balanço energético na zona de aquecimento e queima, responsável pelo consumo de combustível:

$$Q_{\text{mat.seco}} + Q_{\text{hum.}} + Q_{\text{comb.}} + Q_{\text{ar comb.}} + Q_{\text{mob. Entrada}} = Q_{\text{mat. Entrada}} + Q_{\text{reação}} + Q_{\text{mob. Saída}} + Q_{\text{gases}} \quad (1.1)$$

Sendo:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (1.2)$$

Onde Q representa o calor em kcal/h, m a massa em kg/h, c_p a capacidade calorífica e ΔT a diferença entre a temperatura na entrada e a temperatura de operação do forno, em °C. As perdas consideradas são por condução (nas paredes) e por convecção natural (entre as paredes e o ar).

1.5.4 Tipos de Indicadores de Eficiência Energética

Podem ser detectados quatro grupos mais influentes de indicadores de eficiência energética: a - Termodinâmico; b - Físico-Termodinâmico; c - Econômico-Termodinâmico; d - Econômico-Físico-Termodinâmico.

O primeiro grupo refere-se às análises segundo as leis da termodinâmica, da eficiência da transformação de uma forma de energia em outra (eficiência energética); o segundo avalia os insumos energéticos necessários para produzir um determinado bem ou serviço e nesse caso, a energia que entra no sistema é mensurada em unidades termodinâmicas convencionais e a energia que sai do sistema em unidades físicas (Consumo Específico de Energia); o terceiro é um indicador híbrido no qual o produto do processo é mensurado a preços de mercado e a energia que entra por unidades termodinâmicas convencionais (Intensidade Energética); o quarto indicador mede as mudanças na eficiência energética, puramente, em valores monetários, tanto da energia que entra, quanto da que sai do sistema.

A equação abaixo mostra a razão para cálculo do Indicador Físico-Termodinâmico de Eficiência Energética para a Energia Térmica de uma Indústria de Cerâmica Estrutural, onde a entrada é expressa em kilocalorias e o produto físico em toneladas de argila queimada (PATTERSON, 1996).

$$\text{IFTEE et} = \frac{\text{Quantidade total de energia térmica (kcal)}}{\text{Quantidade total de produção (ton)}} \quad (1.3)$$

1.6 - MÉTODOS DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR

1.6.1. Medidas indiretas

- a) Impedir a geração do poluente: Substituição de matérias-primas e reagentes: eliminação da adição de chumbo tetraetila na gasolina, uso de resina sintética ao invés de borracha na fabricação de escovas de pintura, etc.; Mudança de processos ou operação: utilização de operações contínuas automáticas, uso de sistemas completamente fechados, condensação e reutilização de vapores (indústria petrolífera), processos úmidos ao invés de secos, etc.;
- b) Diminuição da quantidade de poluentes gerados: Operar com os equipamentos dentro da capacidade nominal; Boa operação e manutenção de equipamentos produtivos; Adequado armazenamento de materiais pulverulentos; Mudança de processos, equipamentos e operações; Mudança de combustíveis;
- c) Diluição através de chaminés elevadas: os fatores a serem considerados neste caso são relacionados com o processo, a fonte geradora de poluentes e às condições meteorológicas;
- d) Adequada construção (layout) e manutenção dos edifícios industriais: Armazenamento de produtos; Adequada disposição de resíduos sólidos e líquidos;
- e) Planejamento territorial: localização seletiva fonte/receptor.

1.6.2. Medidas diretas

Concentração dos poluentes na fonte para tratamento efetivo antes do lançamento na atmosfera; Retenção do poluente após geração através de equipamentos de controle de poluição do ar (ECP).

1.7 - EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR (ECP)

a) Classificação

Os equipamentos de controle são classificados primeiramente em função do estado físico do poluente a ser considerado. Em seguida a classificação envolve diversos parâmetros como mecanismo de controle, uso ou não de água ou outro líquido, etc.:

–*Equipamentos de controle de material particulado*: Coletores secos; Coletores mecânicos inerciais e gravitacionais; Coletores mecânicos centrífugos (ciclones); Precipitadores dinâmicos secos; Filtro de tecido (filtro-manga), precipitador eletrostático seco.

–*Coletores úmidos*: Torre de spray (pulverizadores); Lavador ciclônico; Lavador venturi; Lavadores de leito móvel.

–*Equipamentos de controle para gases e vapores*: Adsorventes; Absorventes; Incineração de gás com chama direta; Incineradores de gás catalíticos; Tratamento biológico.

1.8 - ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação foi desenvolvida em cinco capítulos, os quais podem ser descritos a seguir:

No Capítulo 1 mostra a introdução, identificação e justificativa da proposta e o estado da arte do tema abordado.

Já no Capítulo 2 é desenvolvida a metodologia aplicada ao estudo.

No Capítulo 3 foi desenvolvido o estudo de caso.

No Capítulo 4 são apresentados os resultados e as discussões dos dados do trabalhos.

No Capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões da dissertação.

CAPÍTULO 2

MATERIAIS E METODOS DA PESQUISA

2.1 - CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A avaliação do processo produtivo foi realizada através de visitas técnicas à empresa, com esclarecimentos pertinentes por parte dos responsáveis. No presente artigo serão apresentados levantamentos fotográficos e informações importantes ao entendimento do processo produtivo, visando à busca por destaques e melhorias da produção do ponto de vista dos aspectos ambientais.

A pesquisa foi desenvolvida através do levantamento de dados bibliográficos, bem como amparo nas leis federais, e descrição de fatos e problemas ambientais através de entrevista aplicada aos funcionários responsável pelo processo de produção da Olaria Nova São José, localizada no município de Itacoatiara-AM, no ano de 2016, onde foram registradas e analisadas opiniões dos funcionários. Os entrevistados participaram com suas respostas sobre a importância do controle da poluição atmosférica.

Foram entrevistados 3 funcionários da Fábrica de tijolos e cerâmicas. As respostas, que foram obtidas sem interferência da pesquisadora, quando no momento da pesquisa foi colocada as opções levando, então, em consideração os conceitos e ideias de cada participante da pesquisa.

Para a consecução dos objetivos apresentados, foi realizada pesquisa bibliográfica de caráter conceitual, consultando literatura relacionada ao tema, constante de artigos, documentos públicos e textos científicos, obtidos de fontes diversas, em bibliotecas tradicionais e digitais, sítios eletrônicos de entidades relacionadas ao setor ceramista, mundial, nacional, regional ou local, além de consultas a centros virtuais de referência para a construção civil.

A educação é um elemento fundamental para a transformação ambiental, a mesma pode ser norteadora das mudanças de atitudes e novas posturas de cada indivíduo inserido em seu meio de sobrevivência.

2.2 - NATUREZA DA PESQUISA

A pesquisa pode ser classificada quanto a sua natureza como aplicada quando objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos que envolvem verdades e interesses locais (VERGARA, 2012)

2.2.1 - Delineamento da Pesquisa

O presente estudo pretende utilizar como técnica de pesquisa o estudo de caso, tendo como unidade de análise a Indústria Oleira-cerâmica Nova São José situada no município de Itacoatiara-AM. O estudo de caso é uma técnica de pesquisa particularmente apropriada quando se deseja estudar situações complexas nas quais resulta praticamente impossível separar as variáveis do fenômeno do seu contexto. O estudo de caso resulta conveniente quando a pesquisa tem interesse na evolução do processo do fenômeno em estudo (GIL, 2000; 2009).

2.2.2 - Universo e Amostra

O universo da pesquisa está constituído pelas diversas unidades que não tem energia elétrica convencional e que necessita de utilização de geradores de energia. A amostra está representada pela unidade operacional da olaria em questão, em virtude dos dados analisados.

2.2.3 - Análise dos Dados

Os dados foram avaliados a partir de comparativos, dos quais formaram gráficos para melhor compreensão. Sendo critérios da pesquisa, a classificação numérica para reduções ou aumentos de variáveis, tais como tempo e quantidade como mostra a Figura 2.1 com o forno para fabricação de tijolos cerâmicos da Olaria Nova São José de Itacoatiara/AM.



Figura 2.1 - Tijolos Cerâmicos.

O Forno é um equipamento projetado para a queima de materiais cerâmicos. Sua construção, tem ciclo de queima que vai de 26 a 40 horas, de acordo com a argila utilizada. Seu comprimento, largura e altura úteis são variáveis em função da produção desejada.

Nossa linha de fornos tem capacidade variando entre 20 a 25milheiros de tijolos por dia, com consumo de 280 Kcal/kg de massa. Sua temperatura interna vai de 700 à 1000°C como mostra a Figura 2.2.



Figura 2.2 - Forno.

O Forno da Indústria Nova São José foi projetado para atender as todos os tipos de materiais existentes no mercado. Seu funcionamento semi-contínuo lhe projeta neste cenário como uma das melhores alternativas para as Indústrias Cerâmicas.

Seu ciclo de aquecimento, queima e resfriamento é de no máximo 30h, utilizando qualquer um destes combustíveis: resíduos de floresta, serragem, refugos de madeira e lenha certificada encontrada nas madeireiras locais como mostra a Figura 2.3.



Figura 2.3 - Pátio como depósito da matéria-prima.

2.3 - MATERIAIS E MÉTODOS COM A CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO

Foram feitas visitas *in loco* em duas fábricas, denominadas fábrica A e fábrica B, durante o mês de fevereiro de 2014 no polo Oleiro do Amazonas. Fábrica A: Localiza-se em Iranduba, município do interior do Amazonas, produzindo o equivalente a 40 mil tijolos por mês podendo atingir a capacidade de produção de até 100 mil tijolos mensais.

O tipo de tijolo produzido é caracterizado como tijolo ecológico ou solocimento, composto por resíduos da construção civil: Classe A, conforme norma técnica, cimento em pequenas proporções e água. Foi avaliado o processo produtivo dos tijolos

ecológicos de dimensão de 7x12,50x25cm. Fábrica B: Localiza-se em Iranduba-AM, produzindo mensalmente, o equivalente a 600 mil tijolos cerâmicos comumente utilizados em obras de alvenaria. Foi avaliado o processo produtivo dos tijolos cerâmicos com oito furos, de dimensão 19x19x12cm. O tijolo produzido utiliza como principal matéria prima a argila fornecida por uma cooperativa.

A Coleta de dados permitiu que os fossem coletados a partir de visitas *in loco*, com entrevista semi-estruturada, com questões abertas e direcionadas ao processo produtivo dos tijolos.

Foi estimada a relação mensal da quantidade de tijolos produzidos por m³ de biomassa queimada, para os tijolos cerâmicos. Como o tijolo ecológico não utiliza a queima no processo de cura, foi estimada a quantidade de resíduos da construção civil (RCD) adicionados no processo de fabricação do tijolo solocimento. Para estimar a quantidade de queima de biomassa e a quantidade de RCD incorporado considerou-se a quantidade de tijolos produzidos por mês, tipo de combustível utilizado no processo de cura, para o tijolo cerâmico e matéria prima para a fabricação dos tijolos.

Análise de dados foram analisados através de comparação com literatura específica. As análises comparativas foram feitas com base na quantidade de tijolo produzida mensalmente em cada fábrica. Para estimar a quantidade de tijolos consumidos na construção de um imóvel, considerou-se uma área construída de 60m².

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DOS TIJOLOS CERÂMICOS NA FÁBRICA NOVA SÃO JOSÉ DE ITACOATIARA/AM: UM ESTUDO DE CASO

3.1 - DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A indústria da oleira-cerâmica é um setor essencial para a economia nacional, pois supre a cadeia produtiva da construção civil em todo o território nacional, sendo também fundamental para o setor da habitação. O tijolo e a cerâmica são um dos materiais de construção mais utilizados pela população na construção de seus estabelecimentos habitacionais ou comerciais por possuir ótimos parâmetros de isolamento térmico, acústico e de resistência.

O Amazonas é um estado em grande desenvolvimento econômico. Nos últimos 7 (sete) anos, a Suframa aplicou no programa de Interiorização do Desenvolvimento, o equivalente a R\$ 129 (cento e vinte e nove milhões de reais), em projetos destinados a gerar infraestrutura nos 52 (cinquenta e dois) municípios pertencentes ao Estado. A indústria da cerâmica vermelha é um setor essencial para a economia nacional, pois supre a cadeia produtiva da construção civil em todo o território nacional, sendo também fundamental para o setor da habitação.

A cerâmica é o material mais utilizado como vedação de estruturas por possuir ótimos parâmetros de isolamento térmico, acústico e de resistência. Há 6 km da do centro da cidade, no Bairro da Paz, está localizada a fábrica de blocos cerâmicos Nova São José. A mesma possui 5 fornos, sua produção semanal é de 375 mil blocos, sendo 75 mil blocos por forno. São 49 funcionários que trabalham na fábrica. A fábrica tem aproximadamente 600 metros quadrados construídos dentro de área de vegetação nativa na área periférica da cidade.

O presente capítulo tem como objetivo um estudo de caso do processo produtivo de uma fábrica oleira-cerâmica localizada no interior do Amazonas. A metodologia utilizada desenvolverá o levantamento de dados e informações através de entrevistas com o proprietário e funcionários, a exploração de conteúdo bibliográfico e ensaios de controle tecnológico.

3.2 - METODOLOGIA E RESULTADOS

O plano metodológico deste trabalho prevê a realização de três etapas. Na primeira parte deste trabalho foram realizadas visitas técnicas à fábrica Nova São José (Am), no intuito de entender o processo produtivo e analisar visualmente o ambiente da fábrica. Esta etapa é fundamental para que sejam detectados os pontos positivos e negativos do processo produtivo em questão, e posteriormente discutidos. Na segunda parte do plano metodológico, serão realizadas a amostragem e coleta da matéria-prima bem como dos blocos produzidos na fábrica Nova São José (AM), identificação dos tipos de biomassa utilizados na queima dos fornos.

Na terceira parte da metodologia, serão realizadas discussões, levando em consideração as informações coletadas e os resultados dos ensaios realizados. Nesta etapa, poderão ser discutidas medidas para melhoramento do processo produtivo em questão. Essas medidas poderão, se necessário, ser sugeridas e recomendadas à gerência da fábrica.

3.3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

A situação atual da fábrica permitiu detectar diversas falhas que no decorrer dos processos poderão ser aperfeiçoados. A lenha utilizada na queima dos blocos cerâmicos é adquirida nas madeiras locais, serrarias e também são utilizados os refugos de madeira extraída diretamente da vegetação localizada nas redondezas da fábrica obedecendo as normas ambientais estabelecidas pelos órgãos competentes. A lenha, depois de ser transportada para a fábrica, fica disposta no pátio, isenta de proteção contra intempéries, o que pode facilitar perda na qualidade do material e conseqüentemente, uma queima insuficiente dos blocos cerâmicos.



Figura 3.1 - Os blocos defeituosos ficam dispostos no chão da fábrica.



Figura 3.2 - Lenha para queima dos blocos disposta no chão da fábrica.

3.3.1 - Balanço de massa da fábrica

$$\begin{matrix} Q_{\text{mat.seco}} + Q_{\text{hum.}} + Q_{\text{comb.}} + Q_{\text{ar comb.}} + Q_{\text{mob. entrada}} = \\ Q_{\text{mat. entrada}} + Q_{\text{reação}} + Q_{\text{mob. saída}} + Q_{\text{gases}} \end{matrix} \quad (3.1)$$

Dados do forno:

Pressupostos utilizados

- Forno túnel com 12 m de comprimento, 12 m de largura e 12 m de altura;
- Combustível utilizado: lenha

Parede do forno constituída por 3 tipos de refratários.

Refratários interiores de mulita (70% de Al₂O₃ e 20% de porosidade), refratários isolantes intermediários silico-argilosos (de densidade igual a 1,25 kg/L) e refratários exteriores de corindon (teor de alumina igual a 90% e uma porosidade de 19%).

Equação do balanço energético na zona de aquecimento e queima, responsável pelo consumo de combustível: $Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$.

Onde Q representa o calor em kcal/h, m a massa em kg/h, cp a capacidade calorífica e ΔT a diferença entre a temperatura na entrada e a temperatura de operação do forno, em °C. As perdas consideradas são por condução (nas paredes) e por convecção natural (entre as paredes e o ar).

Nesta situação “padrão” (Tabelas 1.1 e 1.2), o consumo específico estimado é de 676 kcal/kg de produto queimado. Tal valor teria de ser considerado muito bom na maior parte das indústrias cerâmicas tradicionais. Esta ocorrência poderá ficar a dever-se à estimativa menos precisa de alguns dos valores considerados para determinadas variáveis. Contudo, tal fato não invalida o estudo posterior com a tentativa de quantificação do ganho ou perda de rendimento através da introdução de diversas alterações à situação inicial.

A fonte energética mais utilizada nas indústrias é a lenha (70%), seguida do óleo *diesel* (45,7%). Considerando-se a lenha como uma fonte energética renovável, seu uso pelas indústrias aponta positivamente para o desempenho ambiental das mesmas. No entanto, é importante considerar qual a origem deste energético, se é madeira de reflorestamento, se percorre grandes distâncias até o ponto de consumo, qual o grau de satisfação das indústrias com o uso deste energético, pois disso dependerá a continuidade de seu uso.

Os principais tipos de madeira usados como lenha pelo setor de indústria de cerâmica vermelha é o eucalipto e a acácia negra.

3.3.2 - *Balanço energético*

A energia utilizada nos fornos é fornecida pela queima de combustíveis. Essa energia é destinada para aquecer a carga, evaporar a umidade e fornecer o calor necessário para a decomposição e cristalização dos componentes químicos do material cerâmico. Em termos gerais, para realizar o balanço energético nos fornos e secadores, deve-se levar em consideração o seguinte: Aquecimento da carga; Evaporação da umidade; Reações químicas; Perdas para aquecimento da estrutura do forno (fornos intermitentes); Perdas por radiação e convecção para o ambiente; Perdas devido a infiltrações de ar por aberturas e frestas; Perdas associadas às massas inertes, como carrinhos e suportes das peças; Perdas pelos gases de exaustão.

Os valores percentuais para cada um destes itens são variáveis, dependendo do tipo de equipamento, capacidade do mesmo, eficiência de operação, eficiência de combustão, entre outros. Valores para o balanço térmico em alguns fornos podem ser encontrados em (QUEIROZ, 1988; 2009), (HENRIQUES JR *et al.*, 1993) e em (WITTEWER e FARIA, 1997), demonstrando sensíveis discrepâncias nos percentuais de energia. Para os fornos/secadores túnel, as perdas para aquecimento da estrutura tornam-se negligenciáveis quando o forno entra em regime permanente de operação.

O objetivo, neste caso, deve se concentrar na redução do percentual do calor associado aos gases na chaminé, ao produto e ao carrinho na saída do equipamento térmico e na minimização das perdas por radiação e convecção para o ambiente. Para a realização de conversão de combustíveis, ou seja, substituição do uso de um combustível utilizado atualmente por um forno por outro combustível, por exemplo, gás natural, requer uma análise prévia do processo de queima e do balanço térmico do forno como também uma análise econômica antes da conversão para constatar a viabilidade desta conversão.

Medições em campo e ferramentas de simulação que modelem o funcionamento do forno são muito úteis nessa análise. Uma avaliação energética do funcionamento dos fornos/secadores para fabricação de materiais cerâmicos, além de promover esforços para o uso eficiente deste equipamento, pode ser um ponto de partida para ações que racionalizem os custos de produção, priorizem a qualidade do produto e aumentem sua produtividade, economizando energia ao mesmo tempo.

Em alguns casos, a conversão do combustível utilizado não é recomendável, além de ser economicamente inviável. Portanto, alterações no funcionamento do forno/secador podem representar fatores importantes na economia de energia utilizada no processo, mantendo a qualidade do produto. Dentro do contexto da racionalização do uso de energia, a análise do desempenho térmico de fornos/secadores cerâmicos tem relevante importância, já que este processo é um consumidor intensivo de energia térmica, ao redor de 1.700 kJ/kg. Assim, no estudo dos fornos túneis, por exemplo, uma das maiores dificuldades presentes é a determinação experimental da distribuição de temperaturas no interior da carga (DADAM *et al.*, 2005).

O maior desafio reside na instrumentação, uma vez que o ciclo é bastante longo e os sensores devem acompanhar a carga durante todo o trajeto no interior do forno que, não raro, alcança extensões superiores a 100m, com seus cabos de ligação submetidos a temperaturas superiores a 300°C (DADAM *et al.*, 2005).

3.3.3 - Análise dos poluentes

Para entender poluição atmosférica deve-se destacar a fonte emissora e o corpo receptor que são respectivamente a emissão e a imissão. A emissão é o lançamento do poluente para a atmosfera que pode ser exemplificado por uma chaminé emitindo fumaça ou pelo escapamento de veículos. Já a imissão é a recepção deste poluente por um corpo receptor que pode ser o homem, um monumento histórico ou uma floresta.

Entre emissão e imissão decorre um certo lapso de tempo em que se processa a propagação do contaminante, a concentração ativa da substância nociva no local da imissão não pode ser mais elevada como no local de emissão.

3.3.4 - Poluente Atmosférico

É toda e qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa e de energia que presente na atmosfera pode torná-la poluída. Os poluentes atmosféricos em forma de matéria podem ser classificados em dois grupos:

a) *Material particulado*: As partículas sólidas ou líquidas emitidas por fontes de poluição do ar ou mesmo aquelas formadas na atmosfera, como as partículas de sulfatos são denominadas de material particulado e quando suspensas no ar, são denominadas de aerossóis.

b) *Gases e Vapores*: São poluentes na forma molecular, quer como gases permanentes, por exemplo, dióxido de carbono, quer como aqueles na forma gasosa transitória de vapor, como os vapores da gasolina.

c) *Dispersão de poluentes e qualidade do ar*: A dispersão de poluentes ocorre da seguinte maneira, uma corrente contínua de poluentes liberada em uma atmosfera aberta primeiro irá crescer, depois se misturar e ser transportada com o vento, que irá diluir os poluentes e carregá-los para longe da fonte. Esta pluma de poluentes será também espalhada ou dispersa nas direções vertical e horizontal, a partir de sua linha central. Um esquema de uma pluma curvando-se, a partir de sua liberação, descrevendo a altura física da chaminé (h), aumento da pluma (Δh) e a altura efetiva da chaminé (H), conforme o esquema da Figura 3.3.



Figura 3.3 - Dispersão de uma planta.

Fonte: Núcleo de Meio Ambiente da ACIJ, Cartilha de Controle de Poluição Atmosférica (2013).

3.3.5 - Fatores que afetam a dispersão de poluentes

- Características do ponto de emissão; - Condições meteorológicas; - Natureza do material poluente; - Efeitos do terreno; - Estrutura antropogênica.

3.3.6 - Controle de efluentes gasosos

A estratégia de controle de poluentes frequentemente é focada nas alternativas que propõem a redução ou eliminação das emissões de poluentes. Poderemos dar como partida a substituição do combustível utilizado, que traz como vantagem a redução de emissão de dióxido de enxofre, e mais recentemente a emissão de óxido de nitrogênio. Atualmente existe uma grande variedade de combustíveis destinados à geração de vapor em caldeiras. Para que a escolha do combustível seja correta, devemos levar em consideração o custo/benefício deste produto, verificando sua disponibilidade para a região, o custo do combustível, a influência ao meio ambiente, entre outros.

Nos dias atuais os óleos estão sendo trocados por outros gases combustíveis, entre eles os mais utilizados estão sendo: GLP, gás natural, gases residuais ou os obtidos pelo processo de gaseificação. Mais conhecido como Caldeira, o gerador de vapor teve sua origem no século II aC, quando foi concebido um aparelho que vaporizava água. Mas o uso de vapor para movimentar máquinas teve um impulso somente na época da revolução industrial.

As caldeiras consistem em um conjunto de equipamentos, tubulações e acessórios que tem como finalidade a produção de vapor de água sob pressões superiores a atmosférica a partir da energia térmica de um combustível e de um elemento comburentes.

A produção de energia em caldeira gera materiais particulados, que devem ser tratados antes de serem soltos na atmosfera. É altamente recomendado a instalação de um equipamento de controle de poluição de ar. Um dos fatores primordiais para a escolha de um equipamento de controle é a eficiência de coleta necessária para enquadrar a emissão da fonte nos padrões exigidos. A eficiência da coleta depende da distribuição do tamanho das partículas presentes no gás a ser tratado.

Há muitos fatores envolvidos na escolha de um equipamento de controle de poluição do ar, sendo alguns deles: caracterizar o tipo de poluente, avaliar possíveis alternativas, verificar se há restrição para algum tipo de equipamento, entre outros. Dentre os diversos equipamentos de controle de poluição de ar, está o Lavador de gás, que é um equipamento absorvedor, com alta eficiência de separação, sendo sua função

controlar e remover materiais particulados e gases de efluentes gasosos. A eficiência de um lavador de gás está relacionada com as concentrações e propriedades dos poluentes, com o tamanho e tipo dos corpos de enchimento utilizados, e com os reagentes e aditivos utilizados no líquido de lavagem.

3.3.7 - Tipos de combustíveis Origem do combustível

No transcorrer de milhões de anos ocorreu uma formação de combustíveis fósseis no subsolo, que são utilizados pelo homem como fonte de energia em residências, indústrias, meio de transporte, entre outros. Para que este combustível seja extraído do subsolo, é necessário o uso de tecnologia e equipamentos modernos, porém para obter maior eficiência dos vários tipos de combustíveis fósseis existentes é necessário um maior investimento em novas tecnologias, resultando em um combustível com menor teor de impurezas e maior poder calorífico.

3.3.8 - Petróleo

O petróleo é um combustível fóssil, possivelmente originado por uma mistura de componentes orgânicos. Existem várias teorias para explicar a sua origem, sendo a mais aceitável a de decomposição da vida marinha. O petróleo pode ser obtido por organismos microscópicos, plânctons, que são pequenos animais marinhos que servem de alimento para outros seres aquáticos. Seus resíduos são depositados no fundo do mar formando camadas que vão se sobrepondo por milhões de anos, sofrendo ações de bactérias, mudanças de temperatura e pressão. Estes resíduos são decompostos por uma ação aeróbia que vai até a profundidade de duzentos metros. Em mares mais profundos ocorre a decomposição anaeróbia, que resulta na transformação dos carboidratos e proteínas em substâncias gasosas e oleosas. Essas reações complexas originam o petróleo, que podem ser dos tipos parafínico, asfáltico ou cru de base mista.

3.3.9 - Equipamento de controle de poluição do ar

Com o aumento das pessoas nas metrópoles e a concentração dos pólos industriais, passou-se a exigir aumentos substanciais da altura das chaminés e conseqüentemente dos custos de implantação e manutenção.

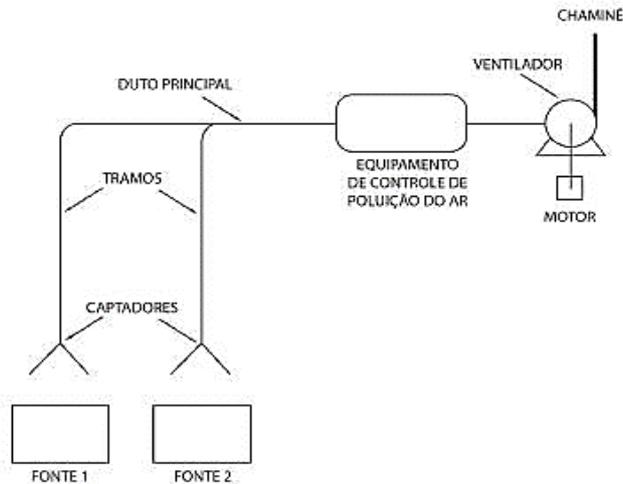


Figura 3.4 - Esquema dos componentes de um sistema de controle de poluição do ar.

Fonte: Air Service Estudos e Avaliações Ambientais (2012).

Estes fatores motivaram o aparecimento de alternativas, que não eram apenas a dispersão dos gases na atmosfera. Foram desenvolvidos, inicialmente, separadores gravitacionais e ciclônicos para a remoção das partículas de fuligem. Logo após apareceram os filtros tecidos e os filtros eletrostáticos e por último os lavadores de gases.

A escolha do equipamento de controle que melhor cumprirá sua função de coleta de poluentes nem sempre é um problema de simples solução, pois há vários fatores que influenciam e cada um com sua importância. Os principais aspectos técnicos para a escolha do equipamento de controle são de natureza dos poluentes, taxa de emissão, eficiência almejada, características do local, destinação final do poluente, necessidade de atendimento à legislação e custo de aquisição e manutenção.

O controle da poluição do ar envolve desde o planejamento do assentamento do núcleo urbano e industrial e do sistema viário, até a ação direta sobre a fonte de emissão.

Junto com os equipamentos de controle de poluição existe um sistema de exaustão, onde ambos trabalham em conjunto. Este sistema de exaustão exerce um papel importante na captação e transporte de poluentes até o equipamento de controle e o lançamento das emissões residuais na atmosfera. Este sistema é constituído de captadores, dutos, moto ventilador e chaminé.

3.3.10 - Equipamento de Controle de Material Particulado

Os equipamentos de controle são classificados inicialmente em função do estado físico do poluente a ser considerado, logo após a classificação envolve diversos parâmetros como mecanismos de controle, uso ou não de água ou outro líquido, etc. Os equipamentos são classificados em:

- a) *Coletores Secos*: - Coletores mecânicos inerciais e gravitacionais; - Coletores centrífugos (ciclones); - Precipitadores eletrostático secos; - Filtros de tecido (filtro de mangas); - Filtros absolutos.
- b) *Coletores Úmidos*: - Lavadores com pré-atomização (lavador tipo spray); - Lavador com atomização pelo gás (lavador venturi); - Lavador do leito móvel; - Lavador com enchimento; - Precipitadores eletrostáticos úmidos; - Precipitadores dinâmicos úmidos.
- c) *Equipamentos de Controle de Gases e Vapores*: - Condensadores; - Absorvedores (lavadores de gases); - Adsorvedores; - Incineradores térmicos ou de chama direta; - Incineradores catalíticos; - Biofiltros; - Processos especiais.
- d) *Eficiência de Coleta*

A eficiência de coleta de um equipamento de controle de poluição do ar indica a quantidade de poluentes que o equipamento remove ou tem capacidade de remover.



$$n = \frac{X_i - X_f}{X_i} \times 100$$

n = eficiência de controle (%)

X_i = quantidade de poluentes existentes na entrada do ECP

X_f = quantidade de poluentes existentes no fluxo gasoso após o ECP

X_i - X_f = quantidade de poluentes coletados pelo ECP

Figura 3.5 - Esquema de um processo de coleta de poluente.

A Tabela 3.1 apresenta os dados da eficiência de coleta de partículas para vários tipos de equipamentos, em função do tamanho das partículas. Os valores apresentados são eficiências usuais e são apresentadas somente para fins comparativos, uma vez que a eficiência de cada equipamento depende das condições de projeto e de operação.

Tabela 3.1 - Dados da Eficiência.

CARACTERÍSTICAS	FAIXAS DE DIÂMETROS (µm)				
	0-5	5-10	10-20	20-44	>44
Câmara de sedimentação	7,5	22	43	80	90
Ciclone de baixa pressão	12	33	57	82	91
Ciclone de alta pressão	40	79	92	95	97
Multiciclone	25	54	74	95	98
Filtro de Tecido	99	100	100	100	100
Lavadores de média energia	80	90	98	100	100
Lavadores Venturi	95	99	100	100	100
Precipitador Eletrostático	97	99	99,5	100	100

Fonte: Combustíveis e combustão Industrial, 2002. Roberto Garcia.

Eficiência fracionada de coletores de material particulado em função de distribuição de tamanho das partículas (em porcentagem)

Para determinar o custo anual total de sistemas de controle de poluição do ar, será utilizado o método do Custo Anual Equivalente, sendo a taxa mínima de atratividade, acrescida nos custos de operação e de manutenção. Considerando um valor residual de 10% ao fim da útil do sistema tem-se:

$$CTSA = 0,9 CS \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n} \right] + 0,1 CSi + COA + CMA$$

CTSA = custo total anual do sistema
CS = capital investido para a implantação do sistema
i = taxa de atratividade
n = vida útil do sistema
0,1 CS = valor residual ao fim da vida útil do sistema
COA = custo de operação manual
CMA = custo de manutenção anual

(3.2)

3.11 Coletores Mecânicos

Este equipamento de controle de poluição do ar é destinado à coleta de material particulado. Os mecanismos de coleta são de força gravitacional e inercial, e são utilizados principalmente como pré-coletores, pois sua eficiência de coleta é baixa para pequenas partículas.

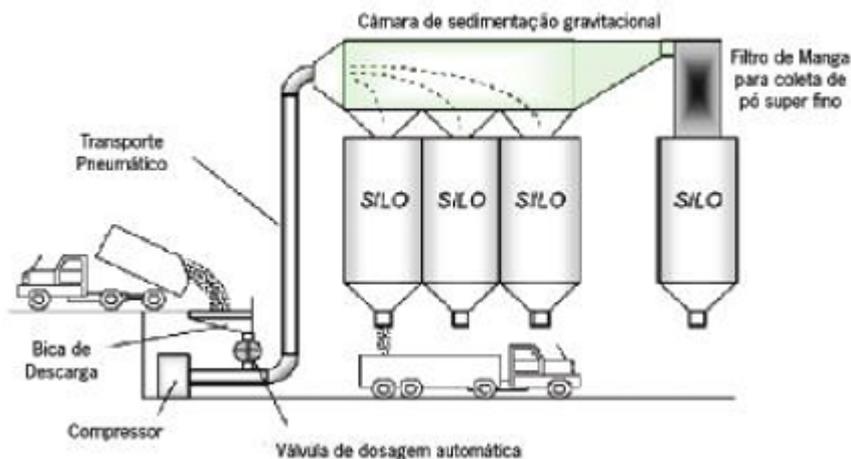


Figura 3.6 - Esquema do processo que utiliza uma câmara de sedimentação gravitacional como pré-coletor e um filtro manga como equipamento de coleta final.

Fonte: Eco-Tech-System Controle de Poluição Ambiental.

Sua utilização como pré-coletor resulta em geral na melhora da performance e aumento da vida útil do equipamento de coleta final (filtros de tecido, precipitadores eletrostáticos e lavadores), os quais são mais caros e complexos que os coletores mecânicos. Esse efeito ocorre pela diminuição da carga de partículas a serem tratadas no equipamento final, principalmente nos casos de efluentes com alta concentração de partículas grandes e abrasivas.

Quando usado em um sistema que emprega lavadores como equipamento de coleta final, apresenta a vantagem de retirar grande parte da carga de partículas por processo seco, permitindo o reaproveitamento do material coletado, de forma imediata e a diminuição da carga de partículas no sistema de tratamento de efluentes líquidos.

3.4 - APLICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

3.4.1 - Dispositivo de controle de emissão atmosférica aplicada na construção de tijolo cerâmica

O presente trabalho tem como objetivo lócus norteador trazer à tona o validar as medidas de um protótipo de controle de emissão de poluentes originados da queima de biomassa, produtos florestais e outros combustíveis fósseis presentes na fabricação de artefatos cerâmicos das indústrias que compreendem o polo oleiro-cerâmico da região que está concentrada nos municípios de Iranduba e Manacapuru. A geração de poluente

produção está voltada à fabricação de tijolos de oito furos, telhas, e subordinadamente blocos cerâmicos especiais e revestimento rústico para pisos. O principal mercado consumidor é a cidade de Manaus, cujo crescimento demográfico e econômico é o mais acelerado da Amazônia Legal, o que projeta um futuro promissor para o setor se houver melhoria na qualidade e variedade de seus produtos.

O principal cliente, a autoconstrução, absorve cerca de 70% da produção. O setor vem despertando para a necessidade de aprimoramento tecnológico, porém ainda investe pouco em inovação tecnológica, para conter os índices de poluição atmosférica prevista pela RESOLUÇÃO CONAMA Nº 382, de 26 de dezembro de 2006 (SCARDUA, 2003) pois trabalham de modo empírico baseado na prática e na experiência. A produção anual dos polos oleiro-cerâmicos está na ordem de 128 milhões de peças, das quais cerca de 112 milhões são blocos. Foi estimado em 268,8 mil m³/ano o consumo de biomassa lenha e seus derivados. Este insumo representa cerca de 60% do custo de produção, e representa um coeficiente gigantesco de poluentes liberados na atmosfera sem que ocorra uma forma de minimizar este impacto ambiental.

O aumento no consumo dessa fonte energética lenha tem implicado em um problema sem precedentes, pois apesar de algumas empresas já fazerem uso de biomassa lenha de reflorestamento, o aumento exponencial da poluição é perceptível. Há uma opção de mudança desta matriz energética, mas esse processo pode levar décadas para ser implantado e nem todas as indústrias são capazes de mudar suas estruturas para acompanhar a disposição geográfica do gasoduto Coari–Manaus com isso diretamente todos os dias são liberados na atmosfera toneladas de particulados prejudiciais à saúde e ao meio ambiente. Existe um fator preponderante na coexistência das atividades do polo oleiro de Iranduba-Manacapuru, ou seja, o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) atualmente vem homologando em suas Licenças Ambientais como requisito primordial o projeto de Controle de Emissões atmosféricas, e as empresas diante desta realidade vêm protelando a solução deste problema, pois até então os dispositivos de controle atmosférico custam valores que estes proprietários não podem absorver, e não contemplam a realidade amazônica.

Através deste desafio é que foi criado a partir de estudos um protótipo modelo com um baixo custo mais baixo e que atenda os parâmetros de controle previsto pela legislação ambiental vigente, e que seja alcançado não só a este polo industrial, mas a todas as indústrias que se enquadrem a esta realidade. A tecnologia desenvolvida não requer mudança estrutural nas chaminés, pois é um dispositivo acoplável e de fácil

manutenção. A estrutura que compõe o sistema de análise controle de emissão de poluentes atmosféricos terá sua leitura controle em tempo real diário para que não ocorram riscos desnecessários que provoquem impactos ambientais. Eliminação das emissões atmosféricas de partículas liberadas proveniente da queima dos fornos de produção de tijolos, atendendo os parâmetros mínimos permitidos pela legislação brasileira. O trabalho tem por objetivo evitar que a emissão de partículas da queima dos fornos possa trazer impactos ambientais à população e ao meio ambiente.

Quanto à metodologia foram coletados dados na indústria oleiro-cerâmica da região de Iranduba e Manacapuru, e em três principais polos: Cacaú-Pirêra, Ariaú e Iranduba. De modo geral há dois métodos básicos pelos *quais se pode controlar a emissão de* poluentes atmosféricos (e odores) nos processos industriais: a) Métodos indiretos, tais como modificação do processo e/ou equipamento; b) Métodos diretos ou técnicas de tratamento. É importante determinar as áreas de maior impacto sobre a qualidade do ar, considerando todos os fatores meteorológicos atuando simultaneamente, junto com os efeitos topográficos; e definir quais dos poluentes merecem ser monitorados no ambiente, caso haja alteração significativa da qualidade do ar.

3.4.2 - Características Gerais dos principais poluentes do ar

Segundo definição na Resolução Conama – Conselho Nacional de Meio Ambiente nº 03-90, poluente atmosférico é toda e qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos em legislação, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

O nível de poluição atmosférica é medido pela quantidade de substâncias poluentes presentes no ar. A variedade das substâncias que podem ser encontradas na atmosfera é muito grande, o que torna difícil a tarefa de estabelecer uma classificação. A medição sistemática da qualidade do ar é restrita a um número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos disponíveis para seu acompanhamento. Os grupos de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar, adotados universalmente e que foram escolhidos em razão da frequência de ocorrência e de seus efeitos adversos, são:

3.4.3 - Material Particulado (MP)

Inclui Material Particulado, PTS – Partículas Totais em Suspensão, MP10 – Partículas Inaláveis e FMC – Fumaça. Sob a denominação geral de “Material Particulado” se encontra um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho. As principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa e ressuspensão de poeira do solo, entre outros. O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como SO₂ – dióxido de enxofre, NO_x – óxidos de nitrogênio e COVs – compostos orgânicos voláteis, que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar.

O tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que, quanto menores, maiores os efeitos provocados. Outra observação é que o particulado também pode reduzir a visibilidade na atmosfera (SHARAN *et al.*, 1996; SCHNEIDER, 1999).

3.4.4 - Monóxido de Carbono (CO)

É um gás incolor e inodoro que resulta da queima incompleta de combustíveis de origem orgânica, combustíveis fósseis, biomassa, etc. Em geral, é encontrado em maiores concentrações nos grandes centros urbanos, emitido, principalmente, por veículos automotores. Altas concentrações de CO são encontradas em áreas de intensa circulação de veículos.

3.4.5 - Hidrocarbonetos (HC)

São gases e vapores resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de outros produtos orgânicos voláteis. Diversos hidrocarbonetos, como o benzeno, são cancerígenos e mutagênicos, não havendo uma concentração ambiente totalmente segura. Participam ativamente das reações de formação da névoa fotoquímica.

3.4.6 - Conama 08/1990: Limites máximos de emissão de poluentes do ar para processos de combustão externa em fontes fixas

No Brasil, os padrões nacionais foram estabelecidos pelo Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, e aprovados pelo Conama, por meio da Resolução Conama 03/90. Os poluentes são divididos em duas categorias:

- Primários: são aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão. São as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.
- Secundários: são aqueles formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera. Foram estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários. São as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

O objetivo do estabelecimento de padrões secundários é criar uma base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar. Devem ser aplicados às áreas de preservação. Não se aplicam, pelo menos em curto prazo, a áreas de desenvolvimento, onde devem ser aplicados os padrões primários. Como prevê a própria resolução, a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários requer que o território nacional seja dividido em classes I, II e III conforme o uso pretendido. A mesma resolução prevê, ainda, que enquanto não for estabelecida a classificação das áreas, os padrões aplicáveis serão os primários. Os parâmetros regulamentados são os seguintes: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio. A mesma resolução estabelece, ainda, os critérios para episódios agudos de poluição do ar.

3.4.7 - Efeitos nocivos gerados pelo Material Particulado

A presença de altos níveis de material particulado na atmosfera pode ter sérias consequências direitas ou indiretas sobre os seres humanos. Abaixo estão descritos os principais efeitos.

3.4.8 - Efeitos na Saúde Humana

Os resultados imediatos da exposição a poluentes atmosféricos são irritação dos olhos, pele, garganta e sistema de nasofaringe apresentando efeitos agudos ou crônicos (ROSALES-CASTILLO *et al.*, 2001)

As partículas inaladas viajam para os pulmões se as defesas do sistema respiratório o permitir. Eles podem entrar no esôfago. A sub 5 μ m conseguem chegar brônquios, e ainda mais perigosamente alvéolos, causando a doença conhecida como neumoconiosis (CROCE *et al.*, 1998).

A exposição ao material particulado também gera bronquite crônica, diminuição da função pulmonar, o aumento de ataques de asma e é intimamente associada com maiores taxas de mortalidade (SEINFELD e PANDIS, 2012).

3.4.9 - Efeitos na saúde dos animais

Embora não têm muitas informações, tem sido encontrado, por exemplo, que o gado pastando perto das indústrias de alumínio ou de tijolo desenvolve fluorosis, manquejar, rigidez nas articulações e baixa na produção de leite (DIX, 1981).

3.4.10 - Efeitos sobre as plantas

Quando o pó e fuligem são depositados nas folhas das plantas são bloqueados os seus poros, limitando a absorção de CO₂ e a passagem da luz. Isso reduz a fotossíntese e aumenta a perda de água por transpiração. Dano direto nas células devido a mudanças no PH também são apresentados. Estes efeitos alteram o processo de crescimento da planta e, portanto, reduzir o valor das colheitas e o desempenho agrícola de uma região (DIX, 1981).

3.4.11 - Efeitos sobre o clima

A poluição do ar tem muitos efeitos sobre os centros urbanos, porque neles as mudanças se manifestam no micro meteorologia que pode alterar o ciclo hidrológico e meteorológico de uma cidade.

Um grande número de partículas em suspensão pode aumentar a turbidez da atmosfera e, assim, reduzir a quantidade de radiação solar que atinge a superfície. As partículas absorvem e refletem a radiação solar para gerar uma redução de até 15-20% em áreas contaminadas (CASTRO *et al.*, 2013). O material particulado tem um efeito mais pronunciado na redução da radiação solar na gama ultravioleta que na gama de infravermelhos.

3.4.12 - Gestão ambiental

Para as empresas é muito importante adotar medidas para a proteção do meio ambiente. (FERREIRA, 2009.) conceitua meio ambiente como “uma área de conhecimento considerada como multidisciplinar. Seu corpo de conhecimento forma-se com base no conhecimento das outras ciências. Pode ser dividido em seis aspectos: 1. ar, 2. água, 3. solo e subsolo, 4. fauna, 5. flora, 6. paisagem”.

GUERRA e DA CUNHA (2001) comentam que, o crescimento da população e o consumo exagerado de recursos naturais provocam a poluição do ar, da água e geram desperdícios sólidos, quando não há reaproveitamento necessário para uma sustentabilidade correta. E que, o principal problema não é a urbanização, e sim a falha do ser humano que não cria cidades mais sustentáveis e habitáveis.

Não se pode esquecer que o sistema de gestão ambiental exige compromisso da administração, proprietários, colaboradores, fornecedores, clientes, prestadores de serviços e qualquer pessoa que tenha envolvimento nas áreas da empresa.

Dentro da gestão ambiental é muito importante o cálculo das emissões atmosféricas. Para avaliar a contribuição das principais fontes de emissões conduzidas de efluentes atmosféricos pode utilizar-se como principal ferramenta um modelo matemático de dispersão, que consiste em representar através de equações escritas em um programa computacional os processos físicos e químicos que ocorrem na atmosfera, representando analiticamente o comportamento dos poluentes durante o processo de dispersão no ar, levando em conta as características das fontes de emissão, da topografia da área de influência e condições meteorológicas de dispersão.

3.4.13 - Os resultados desta modelagem permitem:

- Avaliar a parcela de poluição gerada pelas fontes conhecidas, cujas emissões podem/devem ser estimadas;

- Verificar a contribuição individual da fonte e comparar com outras fontes ou ainda com as concentrações de fundo (background) estimadas;
- Determinar as áreas de maior impacto sobre a qualidade do ar, considerando todos os fatores meteorológicos atuando simultaneamente, junto com os efeitos topográficos;
- Definir quais os poluentes merecem ser monitorados no ambiente, caso haja alteração significativa da qualidade do ar;
- Avaliar impactos futuros das fontes ainda não instaladas.

3.4.14 - Conceitos básicos para os equipamentos de controle da poluição do ar

De modo geral há dois métodos básicos pelos quais se pode controlar a emissão de poluentes atmosféricos (e odores) nos processos industriais. Estas técnicas são divididas em dois grupos:

- a) Métodos indiretos, tais como modificação do processo e/ou equipamento;
- b) Métodos diretos ou técnicas de tratamento.

3.4.15 - Medidas diretas

As medidas ou métodos diretos de controle incluem técnicas destrutivas como incineração e biofiltração, e técnicas recuperativas, como absorção, adsorção e condensação (KHAN e GHOSHAL, 2000; QUADROS *et al.*, 2009; JUNIOR *et al.*, 2010). Na seqüência será apresentado uma breve descrição de cada uma destas técnicas. Estas técnicas passam por duas etapas:

Concentração dos poluentes na fonte para tratamento efetivo antes do lançamento na atmosfera:

3.4.16 - Classificação dos equipamentos de controle da poluição do ar

Os equipamentos de controle são classificados primeiramente em função do estado físico do poluente a ser considerado. Em seguida a classificação envolve diversos parâmetros como mecanismo de controle, uso ou não de água ou outro líquido, etc.

3.4.17 - Equipamentos de controle de material particulado

a) *Coletores secos:* Coletores mecânicos inerciais e gravitacionais; Coletores mecânicos centrífugos (ex.: ciclones); Precipitadores dinâmicos secos; Filtro de tecido (ex.: o filtro-manga); Precipitador eletrostático seco .

b) *Coletores úmidos*: Torre de “spray” (pulverizadores); Lavadores com enchimento; Lavador ciclônico; Lavador Venturi; Lavadores de leito móvel.

3.4.18 - Equipamentos de controle para gases e vapores

- Absorvedores; - Adsorvedores; - Incineração de gás com chama direta; - Incineradores de gás catalíticos.

3.4.19 - Conceitos básicos para os equipamentos de controle da poluição do ar - Eficiência dos equipamentos

$$n_{(\%) } = \frac{100(A - B)}{A} \quad (3.3)$$

Sendo,

A = carga de entrada (concentração)

B = carga de saída

3.4.20 - Eficiência global de coleta

Na prática existem muitos casos de utilização de equipamentos de controle em série, como por exemplo, um ciclone seguido de um lavador. Nesse caso define-se a Eficiência Global de Coleta. Para realização do cálculo da eficiência entre os resultados obtidos nas amostragens para o parâmetro material particulado nos dois equipamentos, será utilizada a seguinte fórmula:

$$n_{(\%) } = \frac{100(A - B)}{A} \quad (3.4)$$

Sendo,

A = 110mg/Nm³ (Padrão utilizado para Fundação do Meio Ambiente– FATMA, para emissão de material particulado)

B = Resultado do valor da emissão de material particulado.

3.4.21 - Fatores determinantes na escolha do equipamento de controle de poluição

A seleção de um equipamento de controle de poluição atmosférica para um dado processo industrial nem sempre é uma tarefa fácil, tendo em vista o grande número de

parâmetros que influenciam nos mecanismos de coleta, bem como o grau de importância relativa destes parâmetros para um mesmo tipo de equipamento de controle de poluição. Assim, para o processo de seleção do equipamento (MOREIRA *et al.*, 2009) elaboraram um rol de parâmetros e propriedades que podem influenciar nesta decisão. A importância relativa dos parâmetros fica na dependência do rigor da legislação pertinente às questões ambientais e os custos dos equipamentos, perante o desembolso financeiro que a empresa ou empreendimento terá disponibilidade de investir:

1. *Grau de purificação desejada*: está relacionado com as normas que regulamentam os níveis de poluição do ar em indústrias de processamento, com a qualidade do ar em salas limpas etc.

2. *Concentração, tamanho e distribuição granulométrica das partículas*: identificam os tipos de equipamentos de controle de poluição atmosférica para atingir uma dada eficiência de coleta de particulados.

3. *Propriedades físicas dos contaminantes*:

Viscosidade: influencia a potência requerida e provoca alterações na eficiência de coleta

Umidade: contribui para o empastamento das partículas sobre o equipamento de controle, acarreta problemas de corrosão e influencia a resistividade elétrica das partículas.

Densidade: é determinante na identificação do tipo, eficiência e tamanho do equipamento de controle de poluição.

Propriedades químicas do contaminante: são importantes quando existe a possibilidade de reação química entre o fluxo de transporte, material coletado e os materiais de fabricação do equipamento de controle de poluição.

5. *Condições do ar de transporte*:

Temperatura: influencia o volume do ar de transporte, a especificação dos materiais de construção e o tamanho do equipamento de controle de poluição. Também está relacionada com as propriedades físicas (viscosidade, densidade) e químicas (adsorção, solubilidade) do ar de transporte.

Pressão: influencia a escolha do tipo e tamanho do equipamento de controle, agindo, também, sobre a perda de carga admissível através do mesmo.

Umidade: deverá ser observadas as mesmas considerações feitas para os contaminantes.

6. *Facilidade de limpeza e manutenção*: influencia a escolha do tipo de equipamento de controle e a frequência de interrupção do processo.

7. *Fator econômico*: tem influência na especificação do tipo e eficiência do equipamento de controle de poluição atmosférica.

8. *Método de eliminação do material coletado*: influencia a escolha do tipo e a capacidade do equipamento de controle.

Para a indústria cerâmica os equipamentos de controle mais utilizados seguindo as determinações acima são: · Ciclones; Filtro de mangas; Lavadores de gases; Multiciclones.

3.4.22 - *Material particulado Coletores à seco coletores úmidos*

Um sistema de captação de material particulado é formado pelas seguintes partes:

- dispositivo de captação (captor)
- rede de coletores (tubulações)
- aspirador de potência necessária (ventilador)
- sistema de evacuação das partículas residuárias (equipamento de controle)

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1 - FILTRO ANTIFULIGEM PARA CHAMINÉ INDUSTRIAL

O modelo proposto neste trabalho é o desenvolvido pela empresa Datumy Consultoria e Projetos, que pode ser utilizado para o controle de emissão de partículas destina-se a estabelecer o processo de filtragem dos resíduos de fuligem, liberados quando da queima de matérias-primas combustíveis, para a obtenção do aquecimento dos 02 (dois) fornos do empreendimento. Essa inovação é conseguida através da formação de um escudo d'água, através do qual os gases oriundos da queima da lenha (dos combustíveis) são expelidos através da chaminé, porém, os resíduos de fuligem não conseguem atravessar levados pela decantação aérea causada pela água.

A liberação indiscriminada de fumaça pelas chaminés das olarias submete a população aos efeitos tóxicos dos componentes químicos que formam essas fumaças, provocando problemas respiratórios na população afetada pela absorção da fuligem espalhada pela ação dos ventos. O objeto desse modelo de utilidade é predominantemente passivo, e utiliza materiais de fácil aquisição, posto que seja de origem nacional e apresentam baixo custo. Apresenta uma excelente relação custo/benefício, justificando o investimento.

Para sua manutenção é dispensada mão-de-obra especializada o que significa baixo custo operacional. Sua concepção arquitetônica dispensa filtros à base de esponjas ou tela, e em lugar destes, usa-se uma câmara cilíndrica passiva formada por aletas intercaladas, e adoção de um escudo de água pressurizada, utilizada para a contenção da fuligem, evitando que esta, seja expelida para a atmosfera. A instalação do filtro antifuligem para chaminé industrial', exige apenas que encaixe do corpo do filtro na extremidade superior da chaminé convencional existente apresente mesmo diâmetro, o que facilitará o ajuste e ancoramento de ambos.

A água utilizada no sistema é totalmente reaproveitável, visto que há um recurso de drenagem, levando por gravidade ao tanque, a água que acabara de ser utilizada no processo de filtragem da fuligem devendo ocorrer à limpeza periódica a cada 15 dias da água, e diariamente da tela instalada na desembocadura do tubo de drenagem, que faz retornar ao tanque a água impregnada de fuligem que se depositou na base cônica do

filtro. A bomba d'água acoplada a um motor elétrico forma uma estação elevatória, conduzindo a água pressurizada às partes altas do sistema. As aletas são instaladas em posições equidistantes e em posição longitudinal ascendente, o que as conserva ligeiramente inclinadas. Cada uma em relação à parede interna do filtro apresenta um desgaste retilíneo em seu formato, contraposto pelo formato curvo da parede interna do filtro.

O livre curso da fuligem e gases, em demanda das posições mais altas do filtro, é obstaculizado por ação das aletas e do escudo de água pressurizada. A água pressurizada é submetida a um tubo aspersor em forma de anel, o qual possui em sua face voltada para o centro do sistema, uma sequência de furos equidistantes, que torna a água pressurizada já fora dos seus limites, em um verdadeiro escudo de água. Esse evento faz barrar completamente o fluxo de fuligem em demanda ao exterior atmosférico. Após o processo de contenção da fuligem, esta passa a se depositar sobre as aletas e o piso do corpo do filtro. Isso implica em que se façam limpezas periódicas. Nas Figuras 4.1 4.4 são oferecidos os detalhes do sistema projetado.

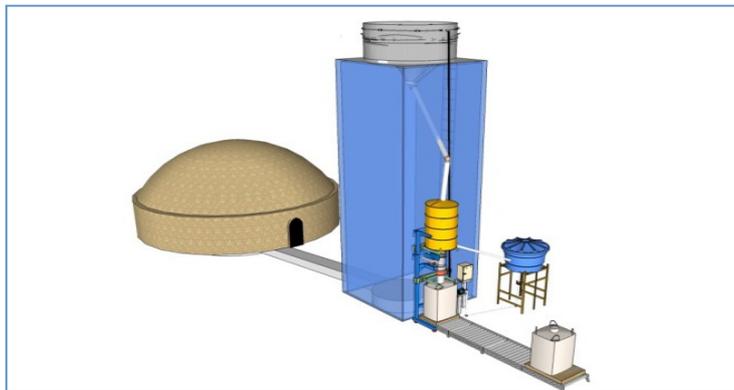


Figura 4.1 - Sistema de Filtro Projeto: Vista Parcial do Sistema de Filtro Atmosférico.

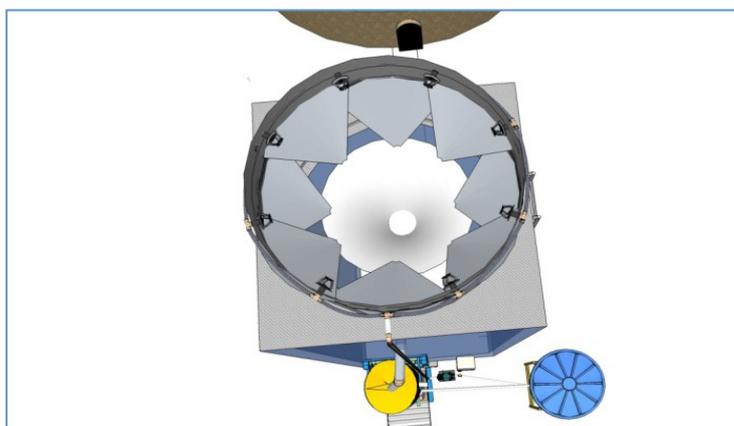


Figura 4.2 - Vista Superior do Filtro Atmosférico.

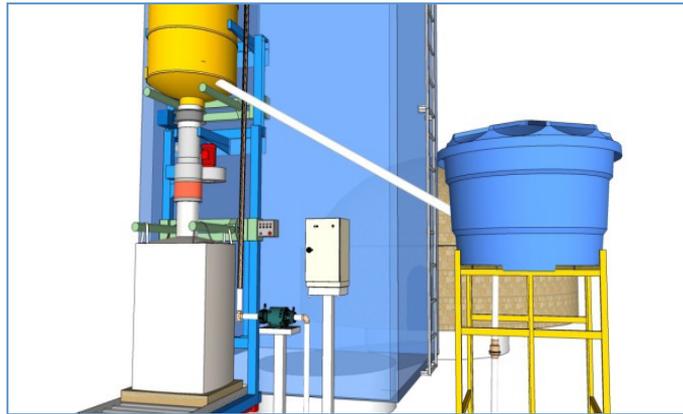


Figura 4.3 - Sistema de Tratamento e Utilização de Água para o Filtro Atmosférico

4.2 - FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO PARA CHAMINÉ

O sistema de ventilação de ar em túneis de um sistema de transporte de pessoas sobre trilhos tem a finalidade de proporcionar conforto térmico e segurança aos usuários. Ele é composto por insufladores, exaustores e jatos ventiladores.

Os insufladores estão localizados nas estações, e sua função é injetar o ar externo nas estações e túneis dos canais de ventilação e dos dutos localizados na plataforma. Os insufladores possuem um motor com rotação constante, cujo sistema de partida é direto e um rotor com um conjunto de pás acoplado ao eixo do motor. Através de um sistema de acionamento automático ou manual, podemos variar o ângulo formado pelas pás, obtendo, assim, uma vazão variável, com o ventilador funcionando.

A função dos exaustores é retirar o ar da estação e dos túneis, e, através da circulação, renovar o mesmo, proporcionando a redução do calor. O exaustor da estação é constituído por um motor de rotação constante, cujo sistema de partida é direto e possui um conjunto de pás acoplado, através de um rotor, ao eixo do motor. Os exaustores de estação têm a vazão constante e os ângulos das pás são predeterminados e fixos. Entre duas estações subterrâneas, estão localizados os exaustores de túnel, que possuem vazão variável como os insufladores.

A função da veneziana é evitar a recirculação do ar no canal de ventilação, quando um ventilador estiver parado e o outro funcionando, evitando assim um fluxo parasita no ventilador.

Nas regiões de transição entre túnel e trecho a céu aberto, existem os jatos ventiladores, cuja função é exaurir o ar do túnel. Têm a mesma função do exaustor de

túnel. A vazão deles é fixa. Tem um centro de controle que fornece o estado do sistema de ventilação, por estação, além de enviar comandos, visando à alteração desse estado.

No sistema da Figura 4.4, demonstra a saída da fuligem através das cisternas de transporte de fuligem, onde na porção final de cada cisterna desemboca em uma caixa de alvenaria diretamente interligada com o exaustor esta caixa possui o dimensionamento de 1,00m (um metro) de largura na base das cisternas por 1,5m (um metro e meio) de altura.

Todo o material proveniente da queima dos fornos será transportado pelo exaustor, até o sistema de lavagem de fuligem, onde os aspersores farão uma cortina de água que fará as partículas sólidas ficar inertes no sistema de água.

O Sistema de Tratamento de Fuligem tem por finalidade o aproveitamento e recuperação da água proveniente da lavagem de gases de caldeiras para reuso no processo. Além da água, a fuligem, representada pelas cinzas do produto e subproduto lenhoso que é queimado na caldeira é separada da água por processos de separação sólido/líquido através de peneiramento, sedimentação e filtração, em equipamentos que fazem parte do sistema de Tratamento da Fuligem. Esse material sólido retirado da água é enviado para a lavoura, pois é um ótimo fertilizante.

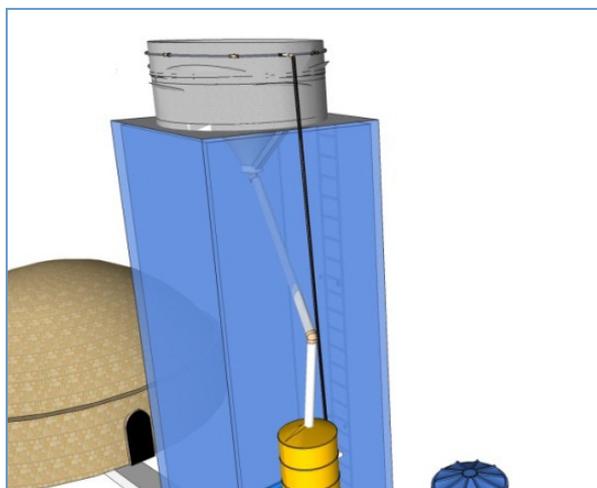


Figura 4.4 - Sistema de Transporte de Fuligem para o Tanque de Decantação do Sistema de Filtro

A tecnologia que será utilizada deverá atender aos mais rígidos padrões exigidos pelos órgãos ambientais, proporcionando uma água de ótima qualidade para o reuso e uma torta com baixo teor de umidade, sendo a mesma utilizada como fertilizante.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Conclui-se que a poluição gerada pelo cozimento do tijolo e do uso de combustíveis altamente poluentes não só afeta essa população onde estão localizados os fornos, mas também para cidades próximas porque os fumos viajam, levando cinzas no ar e espalhando através da nuvem de fumaça que é gerada; além do mal que está causando ao meio ambiente também foi observado que os óleos são derramados no chão como resíduo ou por acidente, deixando um prejuízo grave, porque não há tratamento adequado ou destinos finais. Por isso, propõe-se. Realizar modificações no sistema para poder realizar um melhor controle de emissão para a atmosfera.

No planejamento e gestão ambiental é importante a atuação conjunta dos diversos órgãos municipais, estaduais e federais, que geralmente atuam de forma dispersa e isolada, assim como, a participação da comunidade local na tomada de decisões.

A ausência de licenciamento ambiental em grande parte das olarias, apenas uma possui, demonstra o descaso com o meio ambiente, falta de fiscalização pelos órgãos ambientais da região e comprometimento dos empreendedores. O que dificulta a conservação haja vista que estas empresas estão inseridas no seu entorno e causam pressões ambientais diretas para a unidade de conservação.

Antigamente muitas olarias utilizavam a vegetação nativa da região acarretando no esgotamento desse recurso, por esse motivo foi necessário buscar em outras localidades o insumo necessário para a queima. Uma consequência preocupante disso e que não há cuidado ou mesmo conhecimento na maioria dos casos de sua origem.

Para obter uma postura correta perante o meio ambiente é necessária à redução dos impactos ambientais analisados, adequação com as leis ambientais e melhoria na fiscalização. Para isso é importante à realização de um estudo de perspectiva de vida útil da reserva, descanso da área de extração e métodos de produção mais eficientes em relação ao meio ambiente a partir disso disseminar de forma ampla as ações, técnicas e benefícios de se obter uma gestão ambiental assim diminuirá a pressão ambiental exercida por esses empreendimentos, inseridos no entorno, dando subsídios para a manutenção da conservação e preservação da Reserva Extrativista marinha Caeté-Taperaçu.

Atualmente na indústria de revestimentos cerâmicos que utiliza o processo de fabricação via úmida, um dos principais impactos ambientais é a poluição atmosférica emitida pelos seus atomizadores, principalmente material particulado.

Nos resultados encontrados nesse estudo, constata-se que o filtro de mangas é o equipamento de controle de emissão mais eficiente. Além da eficiência o filtro de mangas possibilita a empresa que utiliza esse equipamento o reaproveitamento do material particulado captado pelo filtro em seu processo, sendo assim eliminando um resíduo de uma forma ecologicamente correta.

Com relação ao uso do lavador de gases, as desvantagens são maiores que as vantagens oferecidas, pois além da baixa eficiência necessita de um tratamento complementar para os seus efluentes, problema que o filtro de mangas não apresenta. Para um setor que busca a sustentabilidade e a melhoria contínua em seu processo produtivo, as questões relacionadas ao bem estar da comunidade e as exigências dos órgãos governamentais em relação ao meio ambiente, devem ser priorizadas permanentemente no sentido de buscar o melhoramento e o aperfeiçoamento de seus controles ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. et al. **Redução do teor de flúor nos efluentes gasosos da indústria cerâmica.** *Cerâmica Industrial*, v. 6, n. 3, p. 7-13, 2001.

BUSTAMANTE, G. M.; BRESSIANI, J. C. **A indústria cerâmica brasileira.** *Cerâmica industrial*, v. 5, n. 3, p. 31-36, 2000.

CASTRO, A.; ARAÚJO, R.; SILVA, G. **QUALIDADE DO AR-PARÂMETROS DE CONTROLE E EFEITOS NA SAÚDE HUMANA: UMA BREVE REVISÃO/AIR QUALITY-PARAMETERS OF CONTROL AND EFFECTS ON HUMAN HEALTH: A BRIEF REVIEW.** *HOLOS*, v. 29, n. 5, p. 107, 2013. ISSN 1807-1600.

CROCE, M. et al. **Environmental pollution and respiratory allergy.** *Medicine, Ribeirao Preto*, v. 31, p. 144-153, 1998.

DADAM, A. et al. **INSTRUMENTAÇÃO E MEDIÇÃO DE TEMPERATURAS EM UMA CARGA DE TIJOLOS NO INTERIOR DE UM FORNO TÚNEL.** 2005. LabCet – Departamento de Engenharia Mecânica Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis – SC – Brasil.

DIX, H. M. H. M. **Environmental pollution : atmosphere, land, water, and noise.** Chichester [Eng.] ; New York : Wiley, c1981.: Chichester [Eng.] ; New York : Wiley, c1981., 1981.

FARIAS, C. E. G. **Mineração e meio ambiente no Brasil. Relatório do CGEE/PNUD,** 2002.

FEAM. Fundação estadual do meio ambiente. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios.** *Belo Horizonte: FEAM*, v. 5, p. 663, 2014.

FERREIRA, L. C. **Produção mais limpa no plano gerenciamento de resíduos sólidos em empresas de reparação de veículos.** . 2009. (MSc). Programa de Pós-graduação em engenharia de produção. UFTPR. Ponta Grossa.

2009., UFTPR. Ponta Grossa., UFTPR. Ponta Grossa.

GIACONE, E.; MANCÒ, S. Energy efficiency measurement in industrial processes. **Energy**, v. 38, n. 1, p. 331-345, 2012. ISSN 0360-5442.

GIL, A. C. **Estudo de Caso: Fundamentação Científica: Subsídios Para Coleta E Análise de Dados, Como Redigir O Relatório.** Editora Atlas SA, 2000. ISBN 8522464758.

_____. **Estudo de caso.** Atlas, 2009. ISBN 8522455325.

GUERRA, A. J. T.; DA CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** Bertrand Brasil, 2001.

HENRIQUES JR, M. F. et al. Manual de conservação de energia na indústria de cerâmica vermelha. **Ministério de Ciência e Tecnologia/INT**, 1993.

JUNIOR, A. M. B. et al. ESTUDO PARA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DE PRODUTOS CERÂMICOS. **Revista Jovens Pesquisadores**, v. 3, n. 2, 2013. ISSN 2237-048X.

JUNIOR, G. N. D. R. C. et al. Odor assessment tools and odor emissions in industrial processes-[doi: 10.4025/actascitechnol. v32i3. 4778](https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v32i3.4778). **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 3, p. 287-293, 2010. ISSN 1807-8664.

KAWAGUTI, W. M. Estudo do comportamento térmico de um fornos intermitentes tipo paulistinha utilizados na indústria de cerâmica vermelha. 2005.

KHAN, F. I.; GHOSHAL, A. K. J. Loss Prevent. Proc, 2000. p.527-545.

MOREIRA, S.; FONSECA, R. J.; DE VIVES, A. E. S. Monitoring and evaluation of duct emission and stationary sources of ceramic industries by SR-TXRF. 2009.

NASCIMENTO, E. D. A. Avaliação, através do ecodesign, do tijolo ecológico como produto ambientalmente correto. 2014.

PATTERSON, M. G. What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues. **Energy policy**, v. 24, n. 5, p. 377-390, 1996. ISSN 0301-4215.

PINHEIRO, P.; VALLE, R. M. Controle de Combustão: Otimização do excesso de ar. II Congresso de equipamentos e automação da indústria química e petroquímica, 1995.

QUADROS, M.; BELLI FILHO, P.; LISBOA, H. Efficiency Evaluation of Gas Treatment Equipments in Terms of Odor Removal Using Dynamic Olfactometry. **Water Practice & Technology**, v. 4, n. 2, 2009.

QUEIROZ, A. Conservação de energia no setor industrial: cerâmica estrutural. **Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste–SUDENE e Fundação Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco–ITEP**, 1988.

_____. Manual para controle de emissão de fumaça escura em fornos e caldeiras de pequena capacidade. **Recife: CPRH**, 2009.

ROSALES-CASTILLO, J. A. et al. Los efectos agudos de la contaminación del aire en la salud de la población: evidencias de estudios epidemiológicos. **Salud pública de México**, v. 43, n. 6, p. 544-555, 2001. ISSN 0036-3634.

SCARDUA, F. P. Governabilidade e descentralização da gestão ambiental no Brasil. **Brasília: UnB/CDS**, 2003.

SCHNEIDER, T. **Air pollution in the 21st century: Priority issues and policy**. Elsevier, 1999. ISBN 0080544908.

SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. **Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change**. John Wiley & Sons, 2012. ISBN 1118591364.

SHARAN, M. et al. A mathematical model for the dispersion of air pollutants in low wind conditions. **Atmospheric Environment**, v. 30, n. 8, p. 1209-1220, 1996. ISSN 1352-2310.

SKORONSKI, E. et al. Physical properties evaluation of ceramic tiles produced with the addition of ceramic production residues-coal ash. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 20, n. 1, p. 239-244, 2015. ISSN 1517-7076.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. Atlas, 2012. ISBN 8522470545.

VILLANUEVA, B. R. et al. ANÁLISIS ESTRATÉGICO PARA EL DESARROLLO DE LOS PRODUCTORES DE LADRILLO EN LA CIUDAD DE SALTILLO, COAHUILA. MÉXICO/STRATEGIC ANALYSIS FOR DEVELOPMENT OF BRICK PRODUCERS IN SALTILLO CITY, COAHUILA, MEXICO. Global Conference on Business & Finance Proceedings, 2015, Institute for Business & Finance Research. p.1212.

WITTWER, E.; FARIA, R. W. D. Projeto de conservação de energia nas pequenas e médias indústrias do Estado do Rio de Janeiro: setor de cerâmica vermelha. **Relatório final, Rio de Janeiro**, 1997.