

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS LONDRINA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

RUBIÉLI SARETTO

**ESTUDO DE POTENCIAIS E IMPACTOS DAS EMISSÕES DE  
POLUENTES ATMOSFÉRICOS PELA INDÚSTRIA DE CERÂMICA  
VERMELHA DO MUNICÍPIO DE JATAIZINHO - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**LONDRINA**

**2014**

RUBIÉLI SARETTO

**ESTUDO DE POTENCIAIS E IMPACTOS DAS EMISSÕES DE  
POLUENTES ATMOSFÉRICOS PELA INDÚSTRIA DE CERÂMICA  
VERMELHA DO MUNICÍPIO DE JATAIZINHO - PR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dra. Joseane Debora Peruço  
Theodoro

Co-orientador: Prof.Dr. Jorge Alberto Martins

**LONDRINA**

**2014**



**Ministério da Educação**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Londrina  
Coordenação de Engenharia Ambiental



## TERMO DE APROVAÇÃO

Estudo de potenciais e impactos das emissões de poluentes atmosféricos pela  
indústria de cerâmica vermelha do município de Jataizinho - PR

por

Rubiéli Saretto

Monografia apresentada no dia 13 de agosto de 2014 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Jorge Alberto Martins  
(UTFPR)

---

Prof. Dr. Aulus Roberto Romão Bineli  
(UTFPR)

---

Profa. Dra. Joseane Débora Peruço Theodoro  
(UTFPR)  
Orientador

---

Profa. Dra. Joseane Debora Peruço Theodoro  
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

Observação: A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina, por ceder os equipamentos e laboratórios necessários ao projeto e pela aprendizagem difundida pelos docentes.

Agradeço aos meus orientadores Professora Doutora Joseane Debora Peruço Theodoro e Professor Doutor Jorge Alberto Martins que me guiaram com paciência e dedicação ao longo desse trabalho.

Deixo meu muito obrigado a todos que se dedicaram em prol dessa tarefa, como a Professora Doutora Leila Droprinchinski Martins, a mestrande Alexandra Beal e o mestre Fábio Lopes que dispuseram tempo e dedicação.

O meu sincero agradecimento aos empresários ceramistas pelo bom atendimento e conhecimento transmitido, e ao Senhor Edson Tini pelo fornecimento dos dados sobre a área de extração de argila.

Não poderia esquecer-me de agradecer ao Museu Histórico de Jataizinho pelo excelente atendimento.

Agradeço ao NOAA – HYPLIST por disponibilizar as trajetórias de chegada e saída de massas de ar dos períodos desejados pelo presente trabalho. E ao CPTEC/INPE pelas figuras contendo os focos de incêndio brasileiros e de países vizinhos.

Com carinho agradeço aos meus chefes amigos da empresa SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto pela força e tempo cedido nos intervalos das atividades de estágio para a elaboração do meu projeto.

Agradeço a minha família pela paciência e apoio nesses 6 anos de estudo.

Deixo a minha gratidão aos meus amigos queridos por toda a força e compreensão durante esse processo. Muito obrigada Edgar Augusto Aliberti, Thayane Honorato Zancheta, Victor Vasconcelos, Nathalia Zancarli Ruse de Melo, Edson Henrique Massi, Bruna Lima Fávaro, Mariana Sbizzaro, Danieli Pereira dos Santos, Walece Rodrigues, Micheli Cavalari, Mirian de Oliveira e Luci Paula Camargo.

## RESUMO

SARETTO, Rubiéli. Estudo de potenciais e impactos das emissões de poluentes atmosféricos pela indústria de cerâmica vermelha do município de Jataizinho – PR. 2014. 108p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

A poluição atmosférica ao longo dos anos se intensifica pelos processos industriais. O setor cerâmico vermelho tem contribuição relevante nas regiões sul e sudeste do Brasil, porém causa sérios impactos ambientais no ar, no solo e na água, como poluição, desmatamento e assoreamento, respectivamente. O objetivo desse trabalho foi estimar as emissões atmosféricas das empresas do setor de cerâmica vermelha operantes em Jataizinho - PR, avaliando se um município pouco desenvolvido e com baixo número de habitantes pode sofrer alterações significativas na qualidade do ar, devido seu setor industrial dominante. Para o alcance do objetivo proposto foram avaliados Relatórios de Emissões fornecidos por 3 das 12 empresas do setor cerâmico e realizadas coletas de material particulado inalável fino –  $MP_{2,5}$  e material particulado inalável grosso –  $MP_{2,5-10}$  numa localização específica do município. A amostragem ocorreu no inverno devido à importância dessa estação no agravamento da dispersão de poluentes por processos meteorológicos. Observou-se que, embora se trate de um município pequeno, sua contribuição pra as emissões de poluentes atmosféricos é expressiva e deve ser considerada nos inventários de emissões industriais em uso e em desenvolvimento no país.

**Palavras chave:** Poluição. Setor cerâmico vermelho. Material particulado. Processos meteorológicos.

## ABSTRACT

SARETTO, Rubiéli. Study of potential and impacts of emissions of air pollutants by red ceramic industry of the municipality of Jataizinho – PR. 2014. 108p. Monography – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

The air pollution over the years intensifies by industrial processes. The Red ceramic sector has relevant contribution in southern and southeastern Brazil, but causes serious environmental impacts on air, soil and water, such as pollution, deforestation and siltation, respectively.

The objective of this work was to estimate air emissions of Red ceramic sector companies operating in Jataizinho-PR, evaluating whether a municipality little developed and with low number of inhabitants may undergo significant changes in air quality, due your dominant industrial sector. To achieve the objective proposed have been assessed emission Reports provided by 3 of 12 companies in the ceramic sector and conducted collections of inhalable particulate matter fine -  $MP_{2,5}$  and inhalable coarse particulate material –  $MP_{2,5-10}$  in a specific location of municipality.

Sampling occurred in winter due of the importance of this station in the dispersion of pollutants by meteorological processes. It was observed that, although it is a small municipality, their contribution to emissions of air pollutants is significant and should be considered in the inventories of industrial emissions in use and under development in the country.

**Keywords:** Pollution. Red ceramic industry. Particulate matter. Meteorological processes.

“Pode-se ficar muitos dias sem comer, várias horas sem beber, mas apenas alguns minutos sem respirar” (BRANCO; MURGEL).

**LISTA DE SIGLAS**

ABC	Associação Brasileira de Cerâmica
ANICER	Associação Nacional da Indústria Cerâmica
CESP	Companhia Energética de São Paulo
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTM	Companhia Territorial Maxwell
ECONORTE	Empresa Concessionária de Rodovias do Norte
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
FETRACONSPAR	Federação dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção e do Mobiliário do Estado do Paraná
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
MINEROPAR	Serviço Geológico do Paraná
MME	Ministério de Minas e Energia
PQAr	Padrões de Qualidade do Ar
PVC	Policloreto de Polivinila
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SGM	Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica do município de Jataizinho – Paraná – Brasil.....	23
Figura 2 - Trecho de localização do município de Jataizinho na BR-369 .....	24
Figura 3 - Estrutura da atmosfera em relação ao perfil de temperatura com a altitude.....	33
Figura 4 - Processo de inversão térmica de acordo com a temperatura do ar .....	36
Figura 5 - Pluma do tipo looping (serpenteante) .....	37
Figura 6- Pluma do tipo coning (cônico) .....	37
Figura 7- Pluma do tipo fanning (tubular) .....	37
Figura 8- Pluma do tipo lofting (antifumegante) .....	37
Figura 9- Pluma do tipo fumigation (fumegante) .....	38
Figura 10 - Pluma do tipo trapping .....	38
Figura 11 - Altura efetiva da pluma.....	49
Figura 12 - Montagem dos equipamentos no local de amostragem .....	52
Figura 13 - Amostrador de particulado fino e grosso e tubulação de admissão .....	53
Figura 14 - Bomba a vácuo e totalizador de volume .....	53
Figura 15 - Amostrador de particulado fino e grosso.....	54
Figura 16 - Filtro coletor de material particulado inalável grosso .....	54
Figura 17 - Filtro coletor de material particulado inalável fino.....	55
Figura 18 – Pontos de localização das cerâmicas vermelhas no município de Jataizinho e arredor.....	58
Figura 19 – Montes de argila vermelha e branca.....	64
Figura 20 – Abastecimento de matéria-prima no caixão alimentador.....	65
Figura 21 – Desintegrador .....	65
Figura 22 – Laminador.....	66
Figura 23 – Monte formado para posterior sazonalização.....	66
Figura 24 - Caixão alimentador .....	67
Figura 25 – Misturador com adição de água.....	68
Figura 26 – Removedor de metais .....	68
Figura 27 – Formação do bloco pela extrusora.....	69
Figura 28 – Processo de corte do produto .....	69
Figura 29 – Regressão das sobras.....	70
Figura 30 – Automatismo de carga.....	70
Figura 31 – Vagonetas carregadas .....	71
Figura 32 - Ventiladores móveis .....	71
Figura 33 – Processo de queima dos tijolos por forno móvel .....	72
Figura 34 – Estrutura do forno abóboda.....	73
Figura 35 – Monte de cavaco .....	73
Figura 36 – Preenchimento do forno abóboda .....	74
Figura 37 – Produto embalado e rotulado .....	75
Figura 38 - Disposição da argila para uso na produção de tijolos.....	77
Figura 39 - Exposição da lenha a intempéries .....	77
Figura 40 - Estrutura das cerâmicas de pequeno porte.....	78
Figura 41 - Maquinário utilizado .....	78
Figura 42 - Modelagem de peças por trabalho braçal.....	79

Figura 43 - Obtenção do formato desejado através de formas prontas .....	79
Figura 44 - Tijolo 6 furos e tijolo comum.....	80
Figura 45 - Secagem das peças .....	80
Figura 46 - Forno abóboda .....	81
Figura 47 - Montagem do forno para queima.....	82
Figura 48 - Emissões de poluentes por chaminés .....	82
Figura 49 - Área de lavra.....	84
Figura 50 - Frente de lavra .....	85
Figura 51 - Localização do ponto de coleta do material.....	90
Figura 52 - Gráfico de relação entre concentração de material particulado e umidade relativa .....	91
Figura 53 – Trajetórias período de 18 a 21.06.2014 .....	92
Figura 54 – Trajetórias período de 19 a 22.06.2014 .....	93
Figura 55 – Trajetórias período de 21 a 24.06.2014 .....	94
Figura 56 – Trajetórias período de 22 a 25.06.2014 .....	94
Figura 57 – Trajetórias período de 23 a 26.06.2014 .....	95
Figura 58 - Gráfico com Levantamento de vendas pelo setor cerâmico vermelho em Londrina e região.....	97

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Condições para diferentes tipos de plumas .....	39
Tabela 2 - Padrões primários e secundários para poluentes atmosféricos no Paraná.....	42
Tabela 3 - Questionário de levantamento de dados das cerâmicas de Jataizinho.....	46
Tabela 4 – Localização das cerâmicas em coordenadas geográficas .....	59
Tabela 5 - Caracterização média do setor cerâmico de Jataizinho .....	60
Tabela 6- Levantamento de dados das três cerâmicas fornecedoras do relatório .....	86
Tabela 7 - Altura efetiva das plumas geradas pelas Cerâmicas 1, 2 e 7 .....	86
Tabela 8 - Fatores de emissão por tipo de material combustível .....	88
Tabela 9 - Consumo anual de material combustível pelas empresas estudadas.....	88
Tabela 10 - Estimativas de emissões atmosféricas para poluentes do setor cerâmico de Jataizinho.....	89
Tabela 11 - Concentração do material particulado coletado .....	95

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
2.1	Objetivo geral .....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
<b>3.</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>16</b>
<b>4.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
4.1	Setor cerâmico brasileiro .....	17
4.2	Atividade produtiva industrial da cerâmica vermelha.....	20
4.3	Localização do município de estudo.....	23
4.4	Histórico do setor ceramista jataiense.....	25
4.5	Degradação ambiental ocasionada pelo setor de cerâmica vermelha ..	26
4.6	Poluição atmosférica oriunda da indústria de cerâmica vermelha.....	27
4.7	Poluentes atmosféricos .....	29
4.8	Material particulado .....	30
4.9	Fontes poluidoras .....	32
4.10	Dispersão de poluentes.....	32
4.10.1	Composição da atmosfera.....	32
4.10.2	Meteorologia.....	34
4.11	Plumas de poluentes atmosféricos.....	36
4.12	Altura efetiva da pluma.....	40
4.13	Danos da poluição atmosférica à sociedade .....	40
4.14	Padrão de qualidade do ar .....	41
<b>5.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>45</b>
5.1	Levantamento do setor de cerâmica vermelha do município de Jataizinho e seu entorno .....	45
5.2	Levantamento da área de maior extração de argila .....	47
5.3	Cálculo estimado da altura efetiva da pluma.....	47
5.4	levantamento das emissões atmosféricas e Avaliação dos seus possíveis impactos locais.....	50
5.4.1	Estimativas das emissões atmosféricas das empresas cerâmicas .....	50
5.4.2	Amostragem de material particulado .....	50
5.5	Levantamento do mercado de Londrina e região .....	57
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
6.1	Levantamento do setor de cerâmica vermelha do município de Jataizinho e seu entorno .....	58
6.1.1	Localização das empresas .....	58
6.1.2	Análise do levantamento de dados a campo.....	60
6.1.3	Descrição do processo produtivo .....	62
6.1.3.1	Processo produtivo de cerâmica de médio a grande porte .....	62
6.1.3.2	Processo produtivo de cerâmica de pequeno porte/olaria.....	75
6.2	Levantamento da área de extração de argila .....	82

6.3	Altura efetiva da pluma .....	86
6.4	levantamento das emissões atmosféricas e Avaliação dos seus possíveis impactos locais .....	87
6.4.1	Estimativa das emissões atmosféricas das empresas cerâmicas .....	87
6.4.2	Amostragem de material particulado .....	89
6.5	Levantamento de mercado de Londrina e região .....	96
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>99</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>100</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Visivelmente o ser humano apresenta dificuldade na percepção imediata da poluição, seja do solo, da água ou do ar. Este último pela grande disponibilidade e fácil obtenção faz com que as pessoas não presumam sua escassez qualitativa.

A poluição atmosférica já ocupa lugar entre os principais problemas de saúde pública, interferindo na vida humana, animal e vegetal. Problema esse, intensificado com o avanço tecnológico, o qual aumentou a quantidade e a variedade dos contaminantes dispostos na atmosfera (CASTRO et al., 2003, p. 136).

Zambrano (2010, p.12) relata que o potencial poluidor de uma indústria é medido pelos seus efluentes e pela correspondência destes com o meio que o cerca. No caso das olarias, a queima da madeira difunde fuligem para o ambiente ao redor, acarretando poluição atmosférica local e regional, além de doenças respiratórias na população (HOLANDA; SILVA, 2011, p. 885).

As regiões sul e sudeste do Brasil além de boa infra estrutura possuem força no setor industrial, onde pela abundância de recursos são encontrados todos os segmentos da indústria cerâmica. Diferente da região nordeste, em que o número de empresas desse setor tem aumento a partir da necessidade imposta pelo turismo (SILVA et al., 2010, p. 64).

O autor citado acima ainda relata que o setor da cerâmica industrial é muito diversificado, dividindo-se em cerâmica vermelha, materiais de revestimento, materiais refratários, louça sanitária, isoladores elétricos de porcelana, louça de mesa, cerâmica artística, filtros cerâmicos de água, cerâmica técnica e isolantes térmicos.

Segundo o Serviço Geológico do Paraná (2013, p. 46 - 47) o número de cerâmicas paranaenses vem diminuindo anualmente. De um total superior a 1.200 empresas hoje restam cerca de 600 no estado, e a tendência é continuar a queda, restando no mercado apenas as que apresentarem boa produtividade.

Pela diversidade de processos produtivos, o setor cerâmico causa desmatamento, formação de áreas degradadas pela extração da argila, assoreamento, erosão das margens dos rios, além de poluição atmosférica (HOLANDA; SILVA, 2011, p. 884).

O município de Jataizinho, ponto de estudo deste projeto, já foi considerado capital nacional das cerâmicas nos anos 70, com cerca de 30 empresas. Essa abrangência no número de olarias e seu ganho de espaço no mercado se deu pelo crescimento acelerado das construções da recém nascida cidade de Londrina (FETRACONSPAR, 2012).

Em meados da década de 80 a legislação ambiental brasileira anunciou uma regulamentação de exploração de argila e extração de lenha, que junto à falta de modernização das empresas, fez muitos empresários do setor cerâmico encerrar suas atividades (MASSEI, 2011, p.8). Restando atualmente no município de Jataizinho e no seu entorno apenas 12 cerâmicas, sendo 6 industriais e 6 de pequeno porte.

O presente trabalho visa avaliar se um município pouco desenvolvido e com baixo número de habitantes pode ter a qualidade do ar afetada por seu setor industrial dominante. Além de demonstrar que o funcionamento incorreto ou incompleto dos processos essenciais do setor cerâmico pode ocasionar malefícios à população sem a percepção imediata dos mesmos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Estimar as emissões atmosféricas ocasionadas pelas empresas do setor de cerâmica vermelha, localizadas no município de Jataizinho – Paraná e no entorno, e avaliar o potencial de alterações na qualidade do ar local.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar o funcionamento do setor ceramista vermelho no município de Jataizinho e seu entorno;
- Demonstrar a região de maior impacto ambiental causado pela extração da argila destinada às cerâmicas estudadas;
- Realizar o cálculo estimado da altura da pluma através da equação proposta por SEMA (016/14) – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos;
- Levantar as emissões atmosféricas e avaliar seus potenciais impactos locais;
- Realizar um levantamento de mercado em Londrina e região;

### **3. JUSTIFICATIVA**

O questionamento a respeito do cumprimento de legislações ambientais como SEMA 016/14 e CONAMA 03/90 – Conselho Nacional do Meio Ambiente, por parte das empresas fez parte do impulso para a realização do presente trabalho. Além da busca por aprendizado e a carência nacional de informações claras e consistentes a respeito da poluição atmosférica ocasionada por este setor industrial.

A escolha do tema deu-se pelo fato de o pesquisador residir na área industrial do município de Jataizinho - Paraná, o que acarretou preocupação com o efeito adverso ao meio ambiente e à saúde humana da liberação de poluentes por parte das indústrias de cerâmica vermelha operantes na cidade e em seu entorno.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 SETOR CERÂMICO BRASILEIRO

De acordo com a Associação Brasileira de Cerâmica (2011) define-se cerâmica como todos os materiais inorgânicos, não metálicos, resultantes de tratamento térmico em altas temperaturas. Sua classificação se dá por meio de:

- I. Cerâmica Vermelha: composta por materiais de coloração avermelhada utilizados em grande escala pela construção civil, como: tijolos, blocos, telhas, lajes, tubos cerâmicos e argilas expandidas.
- II. Materiais de Revestimento: possuem o formato de placas e são utilizados na construção civil para revestimento de paredes, pisos, bancadas e piscinas. Alguns exemplos são: azulejo, porcelanato, lajota e piso.
- III. Cerâmica Branca: materiais formados por um corpo branco e em geral recobertos por uma camada vítrea transparente e incolor. Esse grupo é subdividido em louça sanitária, louça de mesa, isoladores elétricos para alta e baixa tensão, cerâmica artística e cerâmica técnica.
- IV. Materiais Refratários: produtos que objetivam suportar temperaturas elevadas nas condições específicas de processo e de operação dos equipamentos industriais, que em geral envolvem esforços mecânicos, ataques químicos, variações bruscas de temperatura e outras solicitações. Os produtos refratários são separados quanto a matéria-prima ou quanto ao componente químico principal. Alguns exemplos são: sílica, aluminoso, cromítico-magnésiano, carbetos de silício, grafita, carbono e zirconita.
- V. Isolantes Térmicos: podem ser classificados como: refratários isolantes; isolantes térmicos não refratários, como vermiculita expandida, sílica diatomácea, diatomito, silicato de cálcio, lã de vidro e lã de rocha; e fibras ou lãs cerâmicas, como sílica, sílica-alumina, alumina e zircônia.
- VI. Fritas e Corantes: estes dois produtos funcionam como acabamento na construção civil. Frita é um vidro moído, fabricado a partir da fusão da mistura de diferentes matérias-primas, sendo aplicado na superfície do corpo cerâmico que, após a queima, adquire aspecto vítreo. Já os

corantes são formados por óxidos puros ou pigmentos inorgânicos sintéticos obtidos a partir da mistura de óxidos ou de seus compostos. Estes são adicionados aos esmaltes ou aos corpos cerâmicos a fim de promover colorações das mais diversas tonalidades e efeitos especiais.

- VII. Abrasivos: devido ao uso de matérias-primas e processos semelhantes aos da cerâmica, uma porção da indústria de abrasivos integra-se como um segmento cerâmico. Seus produtos são o óxido de alumínio eletro fundido e o carbetto de silício.
- VIII. Vidro, Cimento e Cal: constituem três importantes segmentos cerâmicos, porém, por suas peculiaridades são muitas vezes considerados à parte da cerâmica.
- IX. Cerâmica de Alta Tecnologia/Cerâmica Avançada: materiais desenvolvidos a partir de matérias-primas sintéticas de altíssima pureza, por meio de processos rigorosamente controlados. Podem apresentar os mais diferentes formatos, sendo classificados de acordo com suas funções, em: eletroeletrônicos, magnéticos, ópticos, químicos, térmicos, mecânicos, biológicos e nucleares. Exemplos de produtos: satélites, usinas nucleares, materiais para implantes em seres humanos, aparelhos de som e suportes de catalisadores para automóveis.

Os produtos cerâmicos possuem resistência aproximada a resistência das rochas, que se impõe às ações do intemperismo e da poluição. No Brasil as empresas fabricantes de tijolos aparentam ter mais tempo que a descoberta dos produtos que fabricam, pois sua maioria apresenta ares rudimentares, que contradizem a modernização do século XXI (KAWAGUTI, 2004, p. 1).

KAWAGUTI (2004, p. 1) ainda explica que o retardamento na modernização destas indústrias se deve à abundância de matéria prima, ao retrato do proprietário e a falta de incentivo do governo, o que leva o setor a apresentar um atraso de mais de 50 anos em relação a países como Itália e Espanha.

O presente trabalho levará em conta apenas o setor de cerâmica vermelha, onde encontram-se, as cerâmicas, fabricantes de materiais com coloração avermelhada usados em grande escala na construção civil, como tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos e argilas expandidas; e as olarias,

que produzem tijolos comuns ou maciços. Esta última geralmente sendo micro empresa de estrutura familiar (FEAM, 2012, p. 1).

Na fabricação dos produtos desse setor a matéria-prima de maior utilização são as argilas de queima vermelha ou argilas comuns, por apresentarem maior volume de produção e consumo. Porém, o baixo custo unitário faz os produtores desse mineral desconsiderarem a venda para longas distâncias, o que aproxima as cerâmicas das áreas de jazidas. Fato que faz a argila representar 40 a 50% das substâncias minerais fabricadas no Brasil (SEBRAE, 2008, p. 18).

Segundo dados da Feam (2012, p. 2) o setor ceramista vermelho é responsável por cerca de 0,4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, correspondendo a R\$ 6,8 bilhões por ano. Além de conceder 400 mil empregos, admitindo em sua maioria a população de baixa capacitação profissional.

Dentre os empregos oferecidos por esse setor, estão os seguintes cargos, divididos por processos:

- Extração: Operadores de maquinário e motorista de caminhão;
- Preparação: Operador de equipamento;
- Fabricação: Encarregado, operador de máquina e ajudante;
- Queima: Enfornadores, forneiro e encarregado;
- Administrativo: Gerente e técnico em cerâmica;
- Departamento de manutenção: Encarregado, mecânico, pedreiro, eletricitista;
- Departamento Pessoal: Profissional de recursos humanos;
- Escritório Administrativo: Profissional administrativo;
- Vendas: Profissional de vendas (ANICER, p.18).

Com aproximadamente 5.500 empresas formais e 2.500 informais, a produtividade média desse segmento é de aproximadamente 15 mil peças mensais por operário, tendo variações de acordo com a região do país. Onde se espera que as empresas de grande porte tenham maior participação na produção nacional (SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL, 2009, p. 31).

Etene (2010, p.4) cita que juntamente a países como Espanha, Itália e China, o Brasil se destaca no mercado mundial da produção cerâmica, porém grande parte do que produz é consumido pelo próprio povo. As regiões do país com

maior produção são: Sudeste, com 2.028 empresas; Sul, que apresenta 1717 empresas; e Nordeste com 1.003 empresas.

Geralmente o principal fator de instalação dessas empresas é a riqueza de jazidas, seguido de mercado, mão-de-obra, incentivos fiscais, centros de pesquisas e fornecedores de equipamentos. Na atualidade, esse setor apresenta crescimento devido ao baixo custo de implantação e alto lucro, e queda devido à fiscalização das normas de saúde dos funcionários e de passivos ambientais (ETENE, 2010, p. 3 - 5).

#### 4.2 ATIVIDADE PRODUTIVA INDUSTRIAL DA CERÂMICA VERMELHA

O aumento da população mundial ascendeu a demanda de materiais utilizados na construção civil (SOUSA et al., 2013, p. 1). No Brasil são movimentadas anualmente cerca de 60.000.000 de toneladas de matéria prima para atender o setor cerâmico (BUSTAMANTE; BRESSIANI, 2000, p. 31).

Argila é um grupo de minerais formados em grande parte por silicatos de alumínio hidratados, ferro e alumínio, onde em contato com água formam uma pasta plástica capaz de manter-se na forma moldada, secar e endurecer com o efeito do calor. Torna-se improvável encontrar jazidas iguais, visto a alta variabilidade de minerais residentes nas argilas. As que estão situadas no próprio local de decomposição da pedra denominam-se argilas primárias, já aquelas que sofreram processos de transporte, por vento ou por água são argilas secundárias (ANICER, p. 26).

De modo geral são encontradas argilas plásticas, que possuem alta plasticidade; argilas não-plásticas também conhecidas como argilas magras; e argilas de barranco cuja origem se dá por formação geológica sedimentar. Os dois primeiros tipos de argilas podem ser encontrados em várzeas de rios, podendo parte ser originária do local e parte depositada (SERVIÇO GEOLÓGICO DO PARANÁ, 1997, p. 5).

Devido a argila conter impurezas como fragmentos de rochas, ela se apresenta em diversos tipos, com as mais variadas colorações, plasticidades e

composições químicas. As que possuem um alto teor de minérios de ferro exibem cor avermelhada, origem do nome cerâmica vermelha (ANICER, p.9).

A economia com transporte auxilia na escolha da proximidade das empresas às jazidas de argila. Uma distância considerável da cerâmica em relação à fonte de argila que a abastece somente é explicada pelo fato dessa fonte apresentar altíssimo nível qualitativo, a ponto de compensar o valor do transporte (ETENE, 2010, p.5).

A indústria de cerâmica caracteriza-se por duas etapas distintas: a primária, que envolve a exploração e transporte da matéria prima; e a de transformação, que elabora o produto final. Independente de essas fases serem desempenhadas no mesmo empreendimento, elas são diretamente interligadas e interferem no desempenho da cadeia produtiva (FEAM, 2012, p. 1).

Segundo o Sebrae (2008, p. 34) o processo de produção de tijolos na cerâmica vermelha acontece da seguinte maneira:

- Preparação da massa: o material é separado e formam-se montes de argila a fim da homogeneização dos mesmos;
- Caixão alimentador: separação do montante de argila que será usado na produção. Sendo esse montante posteriormente encaminhado para os desintegradores;
- Desintegradores: usado para desintegrar os blocos, esse processo deverá apresentar umidade entre 16% e 25%, a fim de garantir a eficiência e a desintegração dos blocos de argila;
- Misturador: realiza a homogeneização da mistura;
- Laminador: no formato de lâminas a massa é amassada e levada à maromba;
- Extrusora ou maromba: numa câmara de alta pressão a vácuo a massa plástica é compactada contra um molde no formato do produto desejado;
- Cortador: a peça é cortada na dimensão esperada com o auxílio de um fino cabo de aço.
- Secagem: pode ser natural, dada pela exposição das peças ao ar livre, ou forçada, por meio de estufas. Nesse processo as peças reduzem o teor de umidade de 20 a 30% para 5%.

Seguinte ao processo de secagem os tijolos são submetidos à queima em fornos a temperaturas aproximadas a 750°C. Logo no início da queima, a

temperatura se dá em torno de 110°C, onde ocorre a eliminação da fração mássica de água residual, oriunda da baixa eficiência do processo anterior. Já a transferência de calor às peças cerâmicas se dá por convecção e radiação de fontes externas, como a queima do combustível ou gases quentes reaproveitados do processo, onde ocasiona transmissão de calor por condução entre os materiais no interior das pilhas de peças (SANTOS, 2001, p. 12).

Para o processo produtivo faz-se uso de uma massa nomeada massa monocomponente, onde o único mineral presente é a argila. A preparação dessa massa se dá através da mistura de uma argila de alta plasticidade, granulometria fina e composta por argilominerais – chamada argila gorda - com uma argila rica em quartzo e menos plástica – chamada argila magra -, a segunda auxilia na redução de plasticidade, o que permite a drenagem correta das peças no momento de secagem e queima (MME, 2009, p. 23).

Essa mistura objetiva plasticidade para moldar as peças; resistência mecânica da massa verde e crua a fim de configurar coesão e solidez às peças já moldadas; fusibilidade, para obter resistência mecânica e diminuição da porosidade; drenagem, para realizar a retirada de água para posterior passagem de gases da secagem e queima, assim evitando trincas; e coloração das peças, o que pelo uso de corantes naturais (óxidos de ferro e manganês) fornece cores aos produtos (JUNIOR et al., 2012, p. 39).

No processo de extração da argila tem-se produtividade de 4.000 a 15.000 toneladas anuais de argila por funcionário para lavras cativas e de 20.000 a 40.000 toneladas anuais por funcionário para processos de extração modernizados. A produtividade brasileira se aproxima da produtividade de líderes em modernização tecnológica ceramista, como Itália e Espanha, que possuem maior qualificação das reservas e melhor planejamento e controle técnico das operações de lavra (SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL, 2009, p.32).

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2009, p.13) para o processo de queima são usados como material combustível a lenha, de reflorestamento ou nativa; e restos de madeira, como cavacos e serragem. Durante esse processo são emitidos principalmente efluentes gasosos, como CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O e materiais particulados, como fuligem e cinzas.

O uso de lenha pode influenciar de forma negativa a produção, que apresenta uma perda de até 10% na queima devido o baixo rendimento energético desse combustível. Na busca por maior eficiência e prevenção de problemas ambientais pelo uso da madeira, torna-se útil o uso de outras fontes de energia (ETENE, 2010, p. 18).

Já os fornos responsáveis pela queima são classificados em três categorias: de funcionamento intermitente, onde o fogo ascendente é horizontal; de funcionamento contínuo a fogo móvel, por exemplo o forno Hoffman e derivados; e de funcionamento contínuo a fogo fixo, como os fornos túneis a rolo e semelhantes (SENAI, 2002, p. 3).

#### 4.3 LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ESTUDO

Localizado no estado do Paraná, região sul do Brasil, o município de Jataizinho se encontra a 399,69 km da capital do estado, Curitiba, na latitude 23°15'15" S e longitude 50°58'48" W (IPARDES, 2013). A Figura 1 apresenta sua localização geográfica.

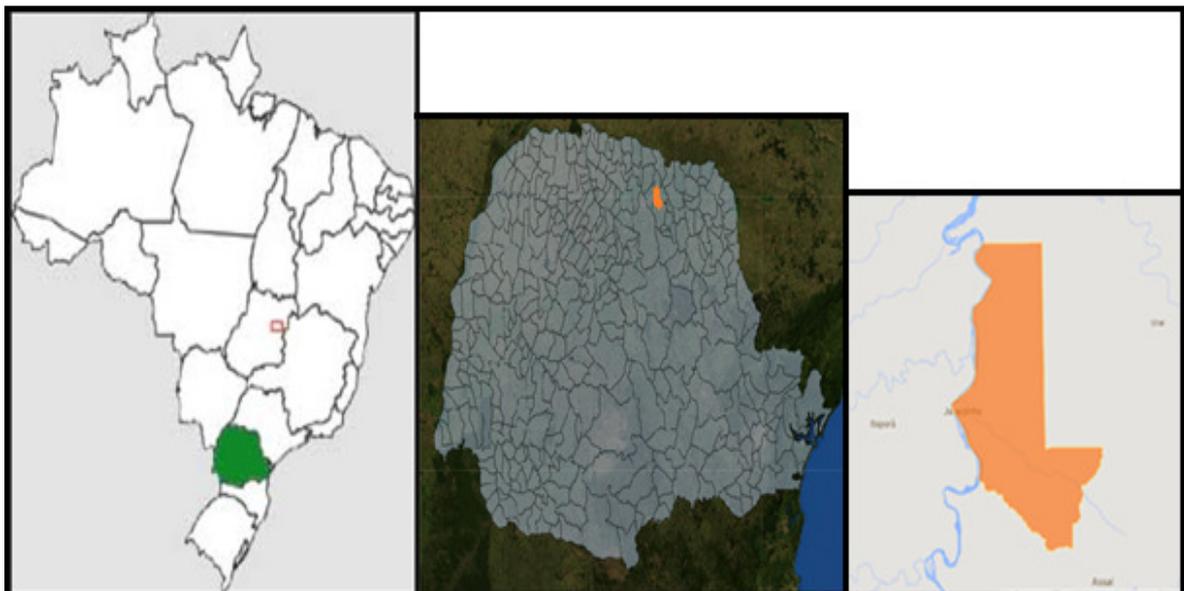


Figura 1 - Localização geográfica do município de Jataizinho – Paraná – Brasil  
Fonte: Rodovias e Estradas do Paraná (2010); IBGE (2013).

Segundo dados do censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para o ano de 2010 o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Jataizinho é 0,687 para 11.875 habitantes, sendo 11.053 habitantes residentes na área urbana e 822 na área rural, onde para 2013 foi estimada uma população de 12.387 habitantes. O município possui uma área territorial de 159,178 km<sup>2</sup>, com densidade demográfica de 74,60 hab/km<sup>2</sup>, cujo bioma representativo é de Mata Atlântica (IBGE, 2013).

Pelo município passam os rios Tibagi, Jacutinga, Salto Galdino, Salto Pau D'Alho e Ribeirão Jataizinho. Com clima seco apresenta topografia de Norte a Leste bem acentuada com predominância da pecuária, e de Sul a Oeste mais suave, com predominância de solos férteis (LOCAL, 2013).

O acesso à cidade se dá pela BR-369, rodovia responsável por escoar a produção brasileira para o interior do estado do Paraná e de São Paulo. Outros municípios do norte e centro-norte do Paraná como Cambará, Andirá, Bandeirantes, Santa Mariana, Cornélio Procópio, Uraí, Iporã, Londrina, Cambé, Rolândia, Apucarana e Arapongas possuem parte de seus territórios às margens dessa rodovia (POLIDORO et al., 2010, p. 4).

A Figura 2 mostra o trecho da BR-369 onde está localizado o município de estudo. Este trecho é administrado pela Empresa Concessionária de Rodovias do NorteS/A - Econorte (ECONORTE, 2010).



**Figura 2 - Trecho de localização do município de Jataizinho na BR-369**  
**Fonte: Econorte (2010).**

A importância dessa rodovia para o Estado influencia na aglomeração das indústrias em seu entorno, o que ocasiona ocupação desordenada devido a oferta de empregos e criando aspectos negativos para o ar local, como emissão de poluentes industriais e veiculares (POLIDORO et al., 2010, p.7).

#### 4.4 HISTÓRICO DO SETOR CERAMISTA JATAIENSE

A primeira olaria do município de Jataizinho, que na época se chamava Jatahy, foi instalada entre 1929 e 1930 pela Companhia Territorial Maxwell (CTM), tendo como proprietário o escocês Ian Fraser. Sendo vendida anos depois, mais especificamente em 1935 à Dionísio Striquer, recebeu o nome de cerâmica Bella Vista, e produzia tijolos, telhas e manilhas - largamente utilizadas nas redes de esgoto, hoje substituídas por tubos de Policloreto de Polivinila (PVC) (NORTE PIONEIRO, 2012, p.1).

O crescimento de grande parte das olarias da cidade, estas que utilizavam poucos trabalhadores, se deu junto à agricultura de subsistência. Porém, mesmo possuindo matéria-prima em abundância, o aproveitamento da argila só garantiu o crescimento da população ao longo dos anos. Sendo a maioria dos proprietários das olarias naturais da própria cidade e de cidades vizinhas, como Assai, Cambará, Foz do Iguaçu, Londrina e Sertanópolis (STIER, p. 29 - 30).

A elevação do mercado que se deu através do processo de urbanização fez com que ocorresse um aumento maior na quantidade de empresas do que na produção das mesmas. O mercado local sofria contração devido ao decréscimo da população, e o mercado inter-regional tinha sua expansão dificultada pelos custos do transporte e pelas fontes de matéria-prima localizadas em outras cidades do norte do estado. Dentre as cidades consumidoras, Londrina estava em primeiro lugar, com consumo de 60% da produção das cerâmicas, usadas na construção de suas primeiras casas de alvenaria (REIS, 2002, p. 82 e 93).

A primeira fase industrial do município contou com 25 olarias, entre os anos de 1930 e 1960. Os empresários não objetivavam o crescimento de suas empresas, logo, com uma produção pequena apenas se atentavam em ter a força de trabalho, a matéria-prima e os insumos necessários para a realização das atividades. De

1960 para 1970 houve um aumento maior que 100% no número das empresas, enquanto que em 1980 a taxa de crescimento foi negativa, em torno de 10%. Isso é explicado pelo fato de os empresários não se modernizarem, o que sem o planejamento sequer dos gastos, levou ao fechamento de muitas empresas (REIS, 2002, p. 107 e 143).

Outro fato conflitante às indústrias cerâmicas ocorreu na década de 70, onde o alagamento ocasionado pela construção da barragem da usina de Capivara realizada pela Companhia Energética de São Paulo (CESP) fez com que 70% dos barreiros – fonte de argila - ali presentes tivessem sua exploração restringida (<sup>1</sup>CESP apud STIER, p.30).

#### 4.5 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL OCACIONADA PELO SETOR DE CERÂMICA VERMELHA

De acordo com o Serviço Geológico do Paraná (1997, p. 4) a maioria das jazidas encontradas no estado do Paraná são de propriedade das próprias cerâmicas, sendo o restante arrendadas, cedidas ou que fazem apenas venda de barro para o setor cerâmico. No município de Jataizinho, as margens do Rio Tibagi – fontes de argila – por fazerem parte da área de risco de uma barragem localizada no Rio Paranapanema a mais de 100 Km de distância do município, estão sob o comando da CESP, essa sendo responsável pela cobrança sobre o uso.

O processo de exploração da jazida deve ocorrer visando um Plano de Lavra. Este é produzido de acordo com a quantidade e qualidade das argilas necessárias para abastecer a fábrica; a topografia do terreno e vias de acesso à jazida; os recursos humanos e materiais necessários para a exploração; as condições de segurança; as condições climáticas; a variação do nível do lençol freático; a abertura da frente de exploração e direção do avanço da frente; a remoção e armazenamento da camada orgânica; a remoção de material indesejável e; a recuperação da área após o esgotamento das reservas (ANICER, p. 27).

---

<sup>1</sup>CESP - Companhia Energética de São Paulo.

Devido à extração muitas vezes incorreta da argila dá-se a ocorrência de impactos ambientais como a degradação das áreas de extração, o possível esgotamento desse recurso natural e a geração de rejeitos lançados ao solo ou em corpos d' água (GRIGOLETTI et al., 2003, p. 22).

Como mostrado por Santos et al. (2009, p. 74) na identificação e análise dos principais impactos ambientais provocados por olarias no município de Tabatinga no estado do Amazonas a extração de argila provocou processos erosivos que levaram ao assoreamento dos igarapés, principalmente os de pequeno porte. Além da compactação do solo, como consequência da eliminação dos cursos de água, o que diminui a infiltração no subsolo comprometendo o nível da água subterrânea; e o aparecimento de inúmeras cavas que podem servir de criadores de mosquitos com o acúmulo de água das chuvas.

Já o uso da lenha como combustível para a queima dos tijolos nos fornos leva ao desmatamento. Este que facilita a erosão por deixar o solo exposto sem proteção das raízes das árvores, acarretando, o assoreamento de rios e lagos, além de aumentar as temperaturas pela irradiação do calor para a atmosfera promovida pelo solo exposto e diminuir a pluviosidade já que pela falta de vegetação não há fotossíntese nem evapotranspiração (VERAS et al., 2013, p. 71).

#### 4.6 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA ORIUNDA DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA

Até tempos atrás se acreditava que a atmosfera fosse ilimitada, ou seja, pensava-se que nunca haveria problemas com a qualidade do ar, então não havia a preocupação de preservá-lo. O homem já tinha a percepção sobre algumas degradações, porém pensava que com a atmosfera seria diferente, que a natureza se disponibilizaria a renovar o ar, fazendo com que este estivesse sempre à disposição de todos os seres vivos de forma limpa e intacta (BRANCO; MURGEL, 2004, p. 28).

Sabe-se que independente do tempo nunca deixará de existir em qualquer ponto da atmosfera gases misturados. Porém nem sempre a mistura de gases, se refere a quantidades ou composições corretas, podendo esta não estar apta ao uso

e manutenção da vida em condições adequadas. Isso é perceptível no momento em que o ar encontra-se degradado. É a composição do meio atmosférico e a quantia muitas vezes exagerada de substâncias desconhecidas que agrava a situação do ar, ocasionando o problema da poluição (BRANCO; MURGEL, 2004, p. 28).

O Artigo 3º da Política Nacional do Meio Ambiente (lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981) define poluição como:

“A degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos” (BRASIL, 1981).

Além do problema do desmatamento a madeira usada para a geração de calor passa por processo de combustão, onde durante sua queima são gerados calor, produtos químicos e gases. Na ocorrência de combustão completa produz-se vapor d'água, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), calor e cinzas não combustíveis, enquanto que na combustão incompleta formam-se monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos e outros gases (BRITO; BARRICHELO, 1979, p.2).

Brito; Barrichelo (1979, p. 3 - 4) salientam que no uso direto da madeira em processo de combustão alguns aspectos devem ser considerados, como:

- Composição química elementar - existe uniformidade entre diferentes espécies, podendo ser generalizada a seguinte composição química: 50,2% de carbono, 6,1% de hidrogênio, 0,2 % de nitrogênio, 43,4% de oxigênio e 0,2% de cinzas. Por apresentar valores negligenciáveis de enxofre, a madeira não causa poluição do ar por compostos sulfurosos, diferentes de outros combustíveis como carvões minerais e óleos pesados.
- Poder calorífico - entre as mais importantes propriedades de um combustível, o poder calorífico é obtido através da queima de uma quantia especificada de combustível, onde se mede o calor liberado. A madeira possui valores variando de 3.000 kcal/kg até 5.400 kcal/kg, assim considerando a média dessa variação que é de 4.200 kcal/kg têm-se o equivalente a 0,61 e 0,47 vezes o poder calorífico do carvão mineral e óleo cru, respectivamente.
- Teor de umidade – varia de acordo com espécies, clima, armazenamento, dentre outros, o que dificulta o controle do processo de combustão. Além de a água possuir poder calorífico negativo, necessitando de calor para sua evaporação. Em média as madeiras recém cortadas possuem teor de

umidade entre 45 e 50% e madeira cortada e seca exposta à atmosfera por 6 meses ou 1 ano sob abrigo possui teor de umidade entre 15 e 25%.

- Densidade - geralmente associa-se a densidade da madeira com seu valor combustível.

Porém, informações atualizadas sobre a emissão de poluentes atmosféricos devido às atividades da indústria brasileira, ainda se apresentam com carência. No âmbito nacional há uma grave ausência de um inventário sobre as indústrias que causam poluição de forma potencial, ou seja, têm-se falta de dados referentes às quantidades de poluentes emitidos e a localização dos pontos específicos dessas emissões, assim tornando dificultoso o processo do entendimento da poluição industrial brasileira (COSTA et al., 2011, p. 67).

#### 4.7 POLUENTES ATMOSFÉRICOS

De acordo com a Resolução CONAMA N.º 003 de 28 de junho de 1990, entende-se por poluente atmosférico:

“Qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, 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 flora; e prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade” (BRASIL, 1990).

Conforme comenta Lisboa<sup>a</sup> (2007, p. 7-8) a classificação dos poluentes atmosféricos se dá de acordo com a origem, o estado e a composição química. Sendo que:

- Na classificação pela origem os poluentes podem ser primários, aqueles que se encontram na atmosfera na mesma forma em que foram emitidos; ou secundários, que são gerados por reações químicas entre os poluentes primários ou com outros compostos comuns da atmosfera.
- Já na classificação pelo estado os poluentes podem ser encontrados na forma de gases e vapores como monóxido de carbono, dióxido de carbono,

dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ), ou na forma de partículas sólidas ou líquidas, como poeiras, fumos, névoas e fumaças.

- E quanto à classificação de acordo com a composição química, os poluentes podem ser orgânicos como hidrocarbonetos, aldeídos e cetonas; ou inorgânicos, como sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ), ácido fluorídrico ( $\text{HF}$ ) e amônia ( $\text{NH}_3$ ).

A qualidade do ar deve ser determinada com base em um número específico de poluentes, sendo considerados de acordo com sua relevância e com os recursos materiais e humanos acessíveis. Os principais poluentes, considerados universalmente como indicadores de qualidade do ar devido à sua alta geração e aos danos provocados contra a natureza são: dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), poeira em suspensão, monóxido de carbono, ozônio ( $\text{O}_3$ ) e dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) (LISBOA; KAWANO, 2007, p. 3).

Braga et al. (2005, p. 170 - 171) descreve esses indicadores e suas respectivas fontes:

- I. Dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) – são gerados através da queima de combustíveis compostos por enxofre e também através de processos biogênicos naturais ocorrentes no solo e na água.
- II. Poeira em suspensão – ocorre através da ação de fenômenos naturais como o vento.
- III. Monóxido de carbono – produzido através da combustão incompleta de combustíveis fósseis ou de materiais compostos por carbono.
- IV. Ozônio ( $\text{O}_3$ ) – Gerado a partir de poluentes, como hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio, onde através da reação química catalisada pela radiação solar entre esses dois compostos, libera-se ozônio para atmosfera.
- V. Dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) – tem como processo de geração principal a combustão, mas também pode ser produzido através de descargas elétricas na atmosfera.

#### 4.8 MATERIAL PARTICULADO

A urbanização e as queimadas na área agrícola levam o Brasil a atingir altos níveis de poluição devido à emissões descontroladas de partículas à atmosfera, influenciando negativamente na qualidade de vida humana e ambiental (CELLI et al., 2003, p. 7).

De acordo com Cetesb (2014) material particulado (MP) ou aerossol atmosférico é o nome dado aos poluentes compostos por poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera.

A classificação desse poluente se dá de acordo com o tamanho de suas partículas, que normalmente abrangem de 1nm a 100  $\mu\text{m}$ , medidas a partir de seu diâmetro aerodinâmico, já que não são esféricas. Se tratando de saúde as partículas com tamanho de 10 a 0,1  $\mu\text{m}$  são mais consideradas devido a capacidade de penetrar no sistema respiratório, fato agravado por partículas menores que 5  $\mu\text{m}$  que podem chegar aos alvéolos pulmonares, prejudicando em sua maioria idosos e recém nascidos (POZZA, 2009, p. 8).

A classificação pelo diâmetro aerodinâmico é feita pela Cetesb (2014), cuja divisão do MP é dada por: partículas totais em suspensão (PTS), menores que 50  $\mu\text{m}$ ; partículas inaláveis ( $\text{MP}_{10}$ ), menores que 10  $\mu\text{m}$ ; partículas inaláveis finas ( $\text{MP}_{2,5}$ ), menores que 2,5  $\mu\text{m}$ ; e fumaça. A presença desses poluentes na atmosfera ocorre por meio de fontes de emissão ou por formação na própria atmosfera através da transformação de gases em partículas.

As principais fontes de emissão de partículas inaláveis grossas são processos mecânicos, operações de moagem e ressuspensão de poeira; enquanto as fontes de partículas inaláveis finas são processos de combustão industrial e residencial e exaustão de veículos. Já para a formação na atmosfera ocorrem reações químicas de gases como  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  e compostos orgânicos voláteis oriundos de processos de combustão (POZZA, 2009, p. 9).

Tendo em vista que as partículas finas normalmente são geradas por meio antrópico e as grossas por partículas primárias, o processo de remoção desses aerossóis da atmosfera usa técnicas de sedimentação, reações químicas e deposição seca ou úmida, devido a necessidade de levar em conta o tamanho das partículas (CAMARINHA, 2010, p. 41 - 43).

## 4.9 FONTES POLUIDORAS

As fontes básicas de poluição podem ser específicas ou múltiplas. As fontes específicas são fixas, ou seja, ocupam uma área limitada, por exemplo, as indústrias. Já as fontes múltiplas podem ser tanto fixas como móveis e geralmente são dispersas pelo território, como carros (móveis) e casas (fixas) (LISBOA<sup>b</sup>, 2007, p. 2).

A poluição atmosférica é gerada especialmente por: gases resultantes da combustão nos motores de veículos automotores, compostos por óxidos de nitrogênio, monóxido e dióxido de carbono, dióxido de enxofre e derivados de hidrocarbonetos, respondendo por 40% da poluição atmosférica das metrópoles; gases e material particulado, lançados pelas chaminés de indústrias químicas, siderúrgicas, fábricas de cimento e papel, termelétricas e refinarias de petróleo; e queimadas e incineração de resíduos domésticos e industriais, responsáveis pela emissão de fumaça (BOÇON, 1998, p. 2).

No presente trabalho o foco se dará às fontes de poluição específicas, das quais as indústrias são as mais poluidoras. Essa poluição varia de empresa para empresa, já que é dependente, entre outros, dos processos e dos tipos de matérias-primas e combustíveis utilizados na fabricação do produto (DERISIO, 2012, p. 142).

Ainda que mantidas as quantidades emitidas de poluentes a qualidade do ar pode sofrer alterações devido às aos processos atmosféricos existentes, esses responsáveis pela dissolução dos compostos emitidos. Portanto, a eficaz dispersão dos poluentes será dependente das condições meteorológicas da atmosfera nas variadas estações do ano (LISBOA; KAWANO, 2007, p. 2).

## 4.10 DISPERSÃO DE POLUENTES

### 4.10.1 Composição da atmosfera

Segundo Lisboa<sup>a</sup> (2007, p. 2) a atmosfera terrestre é uma mistura de gases, sem odor e sem cor que origina uma camada delgada ao redor da Terra, começando no nível do solo e chegando a uma altura de 70 km.

É responsável tanto pela distribuição de temperatura e de níveis de radiação à superfície, como pela cor azul do céu. Sem a sua composição atual o planeta teria ausência de água no estado líquido (PROCLIRA, 2007, p. 3).

Ainda segundo Proclira (2007, p. 3) a composição da atmosfera se dá devido a uma mistura de gases majoritários e minoritários. Os gases majoritários são o oxigênio (O<sub>2</sub>), o nitrogênio (N<sub>2</sub>), o argônio (Ar) e o vapor de água (H<sub>2</sub>O); enquanto os componentes minoritários, que se apresentam em quantias reduzidas são o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), o ozônio (O<sub>3</sub>), as partículas e os clorofluorcarbonetos (CFC's), onde pequenas alterações na concentração podem ocasionar poluição do ar.

A atmosfera é dividida em camadas, como pode ser visto na Figura 3.

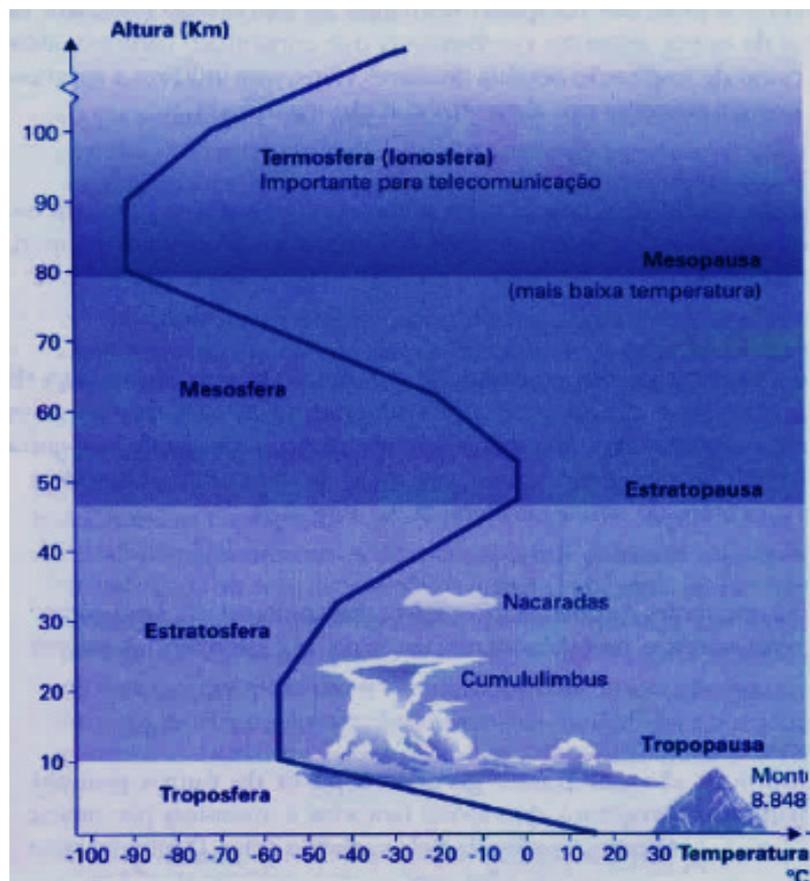


Figura 3 - Estrutura da atmosfera em relação ao perfil de temperatura com a altitude  
Fonte: Braga et al. (2005).

Entre as muitas formas de descrição da estrutura atmosférica (Figura 3), Braga et al. (2005, p. 168 -169) faz sua classificação relacionando a altitude com o perfil de variação de temperatura, esse que é resultante da estratificação do gases existentes em cada camada, da incidência da radiação solar no planeta e da dispersão dessa radiação de volta para o espaço. Onde se têm as seguintes camadas: troposfera, estratosfera, mesosfera e termosfera.

#### 4.10.2 Meteorologia

A meteorologia tem extrema importância para a qualidade atmosférica, já que a dispersão dos contaminantes atmosféricos e a sua deposição no solo são conduzidas pelos fenômenos meteorológicos que ocorrem na atmosfera (MOREIRA et al., 2008, p. 12).

De acordo com Lisboa<sup>c</sup> (2007, p. 3) os fenômenos meteorológicos realizam a dispersão dos poluentes seguindo escalas de movimento relacionadas com a dinâmica da atmosfera. São as seguintes escalas:

- Escala Sinótica – está relacionada aos movimentos do ar advindos da circulação geral da atmosfera, tendo interação com as massas de ar. Como exemplo tem-se os sistemas frontais; os anticiclônicos; e as baixas pressões na troposfera. Seus efeitos sobre a poluição podem ser favoráveis à dispersão, como as baixas pressões e as frentes, ou desfavoráveis, como as altas pressões estacionárias no inverno e as inversões térmicas.
- Mesoescala – são representadas por movimentos como as brisas marítimas e terrestres, circulação dentro de vales e os fenômenos do efeito de ilhas de calor. Seus fenômenos apresentam grande importância para o transporte e dispersão de poluentes.
- Microescala – movimentos oriundos dos efeitos aerodinâmicos das edificações das cidades, rugosidade das superfícies e a cobertura vegetal de diversos tipos de solo fazem parte dessa escala. Sendo estes movimentos responsáveis pelo transporte e difusão dos contaminantes.

Além das condições meteorológicas a dispersão na atmosfera também é dependente do modo de produção dos contaminantes na fonte, ou seja, depende da velocidade de saída, da temperatura dos gases, da vazão, entre outros (DERISIO, 2012, p. 120).

A tendência da atmosfera em propagar movimentos verticais ou resistir a eles, sendo dependente tanto da velocidade do vento, quanto da taxa de variação da temperatura na vertical recebe o nome de estabilidade (TESSAROLO, 2012, p. 38).

Derisio (2012, p. 121) ressalta que a estabilidade atmosférica ainda é dependente dos movimentos ascendentes e descendentes de volumes de ar, da turbulência atmosférica e da insolação da chuva, dentre outros. Existem três tipos de estabilidade, sendo: estabilidade neutra, quando a aceleração e temperatura do ar são iguais; instabilidade, quando a aceleração é maior que a temperatura; e estabilidade quando a aceleração é menor que a temperatura.

A partir da emissão de um poluente numa chaminé os processos de emissão, transporte e imissão são levados em conta, pois representam o ciclo de vida do poluente emitido (ZAMBRANO, 2010, p. 12).

Para o caso do transporte ocorre a difusão turbulenta dos contaminantes, um movimento caótico (no sentido horizontal e vertical) do ar gerado pela interação do campo de vento com o solo e do aquecimento do mesmo, devido ao sol ou de seu resfriamento durante a noite devido à irradiação terrestre (MOREIRA et al., 2008, p. 2 - 5).

A dispersão de contaminantes por mistura vertical está ligada ao perfil térmico da atmosfera, logo, quando a temperatura atmosférica decresce mais rápido que a adiabática a atmosfera torna-se superadiabática, assim com a instabilidade do ar os poluentes se dispersam mais. Já se a temperatura da atmosfera decresce de forma mais lenta que a adiabática, a atmosfera é subadiabática, ou seja, não possibilita a dispersão, já que o ar encontra-se estável (BRAGA et al., 2005, p. 182).

Então mesmo que se faça a transferência das grandes indústrias urbanas para meios onde seus níveis de poluição sejam aceitáveis, as condições atmosféricas locais poderão encaminhar esses poluentes de volta aos grandes centros (BOÇON, 1998, p. 3).

Uma condição que dificulta o processo de dispersão é a inversão térmica, ocorre quando a temperatura do ar aumenta com a altura, ou seja, ao invés do ar seguir seu curso normal de queda de temperatura com a altitude atmosférica, ele

esquenta em um determinado trecho e depois volta a resfriar. Por se formar uma camada de ar quente sobre uma camada de ar frio ocorre bloqueio da circulação do ar, intensificando a poluição (NEDEL, 2003, p. 5). A Figura 4 demonstra o processo de inversão térmica relacionado com a temperatura do ar.

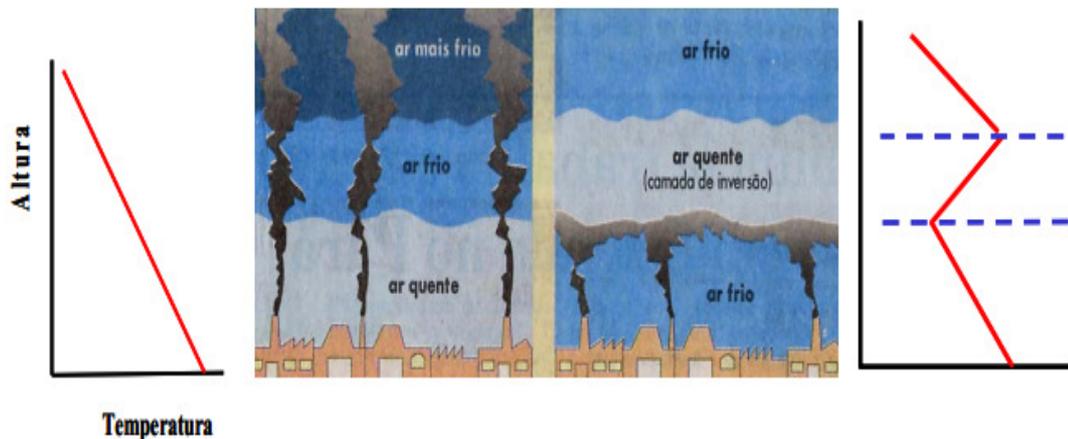


Figura 4 - Processo de inversão térmica de acordo com a temperatura do ar  
Fonte: Lisboa<sup>c</sup> (2007).

A Figura 4 mostra como esse fenômeno confina os contaminantes numa camada de ar estável altamente estratificada, dificultando a dispersão e aumentando sensivelmente a concentração dos contaminantes (BOÇON, 1998, p. 2).

#### 4.11 PLUMAS DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Denomina-se pluma a mancha visível na atmosfera que se forma enquanto os poluentes emitidos por uma fonte contínua vão se dispersando (TEIXEIRA, 1995, p. 13).

De acordo com Derisio (2012, p. 121) o perfil de velocidades do vento sofre influência do tipo de estabilidade atmosférica, e as condições de estabilidades afetam o comportamento das plumas, essas oriundas das emissões por parte de chaminés.

As Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10 mostram os perfis de plumas de poluentes atmosféricos.

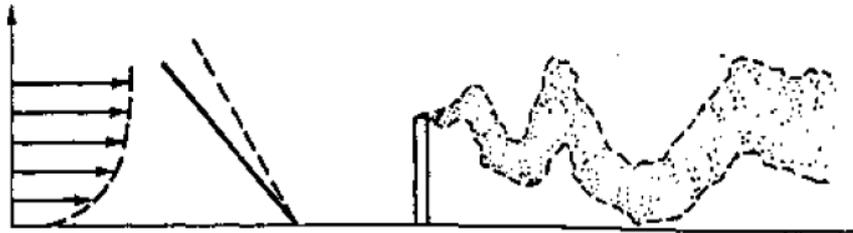


Figura 5 - Pluma do tipo looping (serpenteante)  
Fonte: Lisboa<sup>c</sup> (2007).

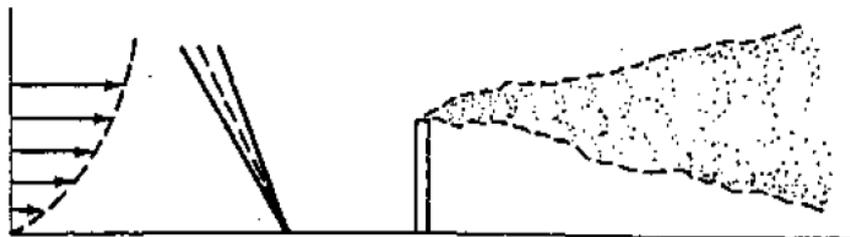


Figura 6- Pluma do tipo coning (cônico)  
Fonte: Lisboa<sup>c</sup> (2007).



Figura 7- Pluma do tipo fanning (tubular)  
Fonte: Lisboa<sup>c</sup> (2007).

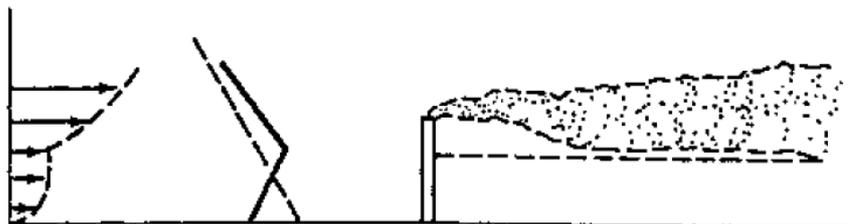


Figura 8- Pluma do tipo lofting (antifumegante)  
Fonte: Lisboa<sup>c</sup> (2007).

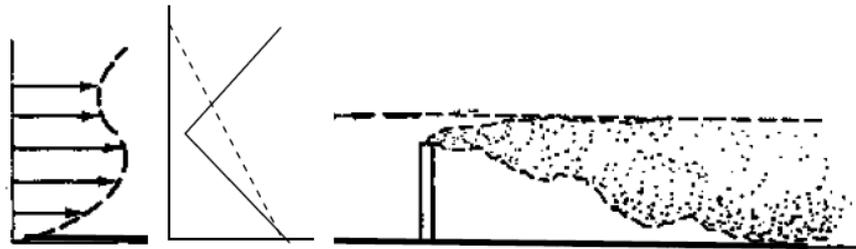


Figura 9- Pluma do tipo fumigation (fumegante)  
Fonte: Lisboa<sup>c</sup> (2007).

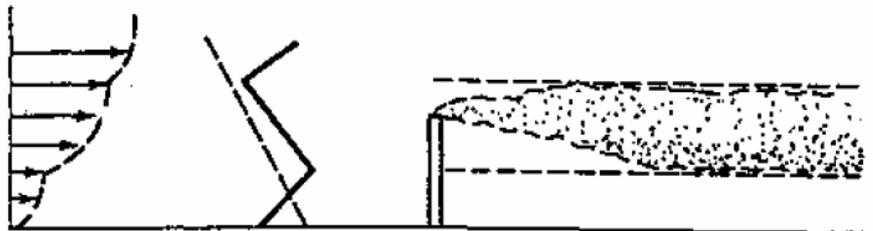


Figura 10 - Pluma do tipo trapping  
Fonte: Lisboa<sup>c</sup> (2007).

Braga et al. (2005, p. 184 - 185) ressalta que através do estudo do comportamento da pluma é possível entender como o meio atmosférico transporta e dispersa os contaminantes ali lançados. O formato da pluma durante a emissão de contaminantes de uma chaminé vai depender do clima regional e pode ser definido em relação ao perfil de temperatura da atmosfera, sendo os seguintes:

- Pluma tipo looping (Figura 5): tem ocorrência em perfil térmico superadiabático, onde a atmosfera apresenta alta turbulência. Geralmente esse tipo de pluma ocorre em dias de céu claro com poucas nuvens e muita insolação, porém a turbulência térmica causa turbilhões que desfazem a nuvem de poluição. Quanto maior a proximidade com o chão maior os níveis de poluição, isso se deve à ação turbulenta que localiza a nuvem ao nível do solo.
- Pluma coning (Figura 6): tem ocorrência em perfil subadiabático. Com formato cônico, se forma em dias nublados com ventos moderados e possui menor dispersão que a pluma em looping. Essa pluma causa aumento da concentração de poluentes próximos ao solo, porém em lugares afastados da fonte.

- Pluma fanning (Figura 7): acontece quando todos os poluentes estão compreendidos em uma camada de inversão. Nesse caso, não ocorre mistura vertical e a mistura horizontal é pouca, devido à estabilidade do ar e a falta de ventos, respectivamente. Esta pluma não causa altas concentrações em baixas latitudes, porém antecede uma condição de maior estado crítico, que é a pluma do tipo 'fumigation'.
- Pluma lofting (Figura 8): se dá a partir do lançamento de poluentes acima da camada de inversão e ocorre com o início da inversão por radiação, ao anoitecer. Enquanto a coluna é superior à camada de inversão esse tipo de pluma predomina, caso a camada de inversão ultrapasse a fonte, a pluma muda para o tipo fanning.
- Pluma fumigation (Figura 9): se dá pela quebra da inversão pela radiação solar que aquece a superfície terrestre onde ocorre mistura na região de gradiente negativo e possui duração de 30 a 60 minutos.
- Pluma trapping (Figura 10): ocorre quando a pluma fica presa entre duas camadas de inversão.

De forma resumida, a Tabela 1 relata as condições para o acontecimento dos diferentes tipos de pluma.

**Tabela 1 - Condições para diferentes tipos de plumas**

Pluma	Perfil	Céu	Vento	Período
Looping	Superadiabático	Limpo	Leve	Diurno
Coning	Subadiabático	Nublado	Forte	Diurno ou noturno
Fanning	Inversão	Limpo	Leve	Noturno
Lofting	Inversão	Limpo	-	Diurno para noturno
Fumigation	Inversão	Limpo	Leve	-
Trapping	Inversão	-	-	-

Fonte: DERISIO (2012).

Assim, o caminho original percorrido pelas plumas está relacionado à turbulência do ar ocasionada por empecilhos, visto que tanto a direção como a

velocidade do vento se dão de acordo com o meio topográfico e regional, encontrados ao redor da fonte poluidora (LISBOA<sup>c</sup>, 2007, p. 3)

#### 4.12 ALTURA EFETIVA DA PLUMA

De acordo com Tessarolo (2012, p. 37) um dos fatores determinantes do modo de dispersão do contaminante atmosférico é o tamanho da fonte, devido as diferentes escalas de tamanho do movimento do ar. As emissões ocorrem inicialmente na forma vertical por meio das chaminés, porém o movimento horizontal do vento ao redor da fonte emissora faz a pluma mover-se em sua direção, o que auxilia na diluição e dispersão dos poluentes.

A altura efetiva da chaminé se dá pela soma da altura da pluma com a altura física do duto. Sendo que a altura da pluma tem dependência da velocidade vertical do fluxo descarregado, da tendência dessa massa gasosa em manter suspensão no ar e da temperatura do gás lançado (TESSAROLO, 2012, p. 37).

Determinar a altura de elevação da pluma de acordo com as propriedades dos gases emitidos e com o estado momentâneo do ar é uma atividade dificultosa, onde um dos métodos de solução, o mais detalhado, se dá pela resolução de equações de massa, de momento e de conservação de energia, integradas. Porém, essa metodologia não é comum, devido a esse grau de dificuldade (LISBOA<sup>c</sup>, 2007, p. 27).

#### 4.13 DANOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA À SOCIEDADE

Faz alguns anos que vem sendo desenvolvidas pesquisas que relacionam morbi-mortalidade cardio-respiratória com os compostos responsáveis pela poluição atmosférica em variadas concentrações. Estes estudos junto a outros mais abrangentes se desenvolvem em muitos municípios pelo mundo a fim de estabelecer padrões de qualidade do ar (CASTRO et al., 2003, p. 136).

Sabe-se que especialmente em grandes centros a poluição do ar acarreta várias doenças, levando a um aumento no número de mortes. Porém esse problema

não se restringe somente às metrópoles, visto que poluição não é cercada por limites, o vento realiza sua dispersão para localidades nada próximas da fonte emissora (LISBOA; KAWANO, 2007, p. 2).

Segundo Castro et al., (2003, p. 139–140) os principais poluentes do ar que podem provocar agravos na saúde são: monóxido de carbono (CO); óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), material particulado (MP), e ozônio (O<sub>3</sub>).

De acordo com Derísio (2012, p. 130 – 132) os malefícios causados são: alta afinidade do CO com a hemoglobina, diminuindo o transporte de oxigênio pelo sangue; baixa solubilidade do NO<sub>2</sub>, podendo penetrar profundamente no sistema respiratório; alta solubilidade do SO<sub>2</sub>, dificultando a passagem de ar e elevando a produção de muco; dificuldade de remoção pelo sistema respiratório dos diversos tamanhos de partículas dos MPs; e o possível envelhecimento precoce junto aos problemas de pulmão ocasionados pelo O<sub>3</sub>.

Mesmo a baixas concentrações de um poluente atmosférico, a exposição constante trará malefícios à saúde do cidadão exposto, este que muitas vezes sequer percebe o dano que está sofrendo (ZAMBRANO, 2010, p. 15).

Além dos danos à saúde, a poluição do ar acarreta danos aos materiais, à economia e às propriedades da atmosfera. Para o primeiro caso destacam-se a abrasão, a deposição e a remoção, além dos ataques químicos. Já os danos à economia estão relacionados aos gastos governamentais em vista do controle da poluição. E quanto aos danos às propriedades da atmosfera cita-se a redução da visibilidade pela presença de partículas suspensas no ar (DERISIO, 2012, p. 116).

#### 4.14 PADRÃO DE QUALIDADE DO AR

Aproximadamente 10 mil litros de ar são inspirados diariamente por uma pessoa adulta, sendo que a composição desse ar não é passiva de correção. Diferente da água que passa por um tratamento prévio tornando-se um produto industrial para consumo, o ar tem que ser consumido exatamente como existe na natureza, ou seja, “in natura”. Este fato ressalta a importância das medidas de preservação da qualidade atmosférica perante a sociedade (IAP, 2014).

Os malefícios de determinados compostos químicos, especialmente quando aparecem em concentrações baixas, são perceptíveis somente ao longo dos anos, o que prejudica o trabalho de definição destes. Os danos causados à saúde humana, animal e vegetal se dão pelo efeito cumulativo da exposição aos contaminantes, ou seja, devido a altas concentrações num curto intervalo de tempo ou baixas concentrações durante um longo período (BOÇON, 1998, p. 2).

Os padrões de poluição atmosférica de uma dada região são estabelecidos pelo crescimento populacional, pelo modelo habitacional e pelo uso de tecnologias ocorrentes na mesma. Além de serem levadas em conta as condições climáticas e geográficas da região, estando estas, ligadas à dispersão das partículas (CASTRO et al., 2003, p. 138).

Padrões de Qualidade do Ar (PQAr) caracterizam por meio de lei o máximo de concentração que pode haver de determinados compostos químicos na atmosfera. Esses padrões possuem base científica sobre as consequências causadas por alguns poluentes e adotam valores de concentração que não ofereçam riscos graves a sociedade (LISBOA; KAWANO, 2007, p. 2).

Segundo o IAP (2012) os padrões nacionais de qualidade do ar foram especificados através da Portaria Normativa IBAMA Nº 348, de 14/03/90 e da Resolução CONAMA Nº 03/90. Estes padrões são confirmados através da Resolução SEMA Nº 041/02, revisada e substituída pela Resolução SEMA Nº 054/06, que em 2014 foi renovada pela SEMA Nº 016/14.

Especificados pelo Art. 3º do Conselho Nacional do Meio Ambiente 003/90, os Padrões de Qualidade do Ar são realizados para os seguintes parâmetros: partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, partículas inaláveis (PI) (também denominadas  $MP_{10}$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), monóxido de carbono (CO), ozônio ( $O_3$ ) e dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ), conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2 - Padrões primários e secundários para poluentes atmosféricos no Paraná**

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>1</sup>	Padrão secundário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>1</sup>
Partículas Totais em Suspensão	24 horas	240 <sup>3</sup>	150 <sup>3</sup>
	1 ano <sup>2</sup>	80	60
Fumaça	24 horas	150 <sup>3</sup>	100 <sup>3</sup>
	1 ano <sup>2</sup>	60	40

Partículas Inaláveis	24 horas	150 <sup>3</sup>	150 <sup>3</sup>
	1 ano <sup>2</sup>	50	50
Dióxido de Enxofre	24 horas	365 <sup>3</sup>	100 <sup>3</sup>
	1 ano <sup>2</sup>	80	40
Monóxido de Carbono	1 hora	40.000 <sup>3</sup>	40.000 <sup>3</sup>
	8 horas	10.000 <sup>3</sup>	10.000 <sup>3</sup>
Ozônio	1 hora	160 <sup>3</sup>	160 <sup>3</sup>
Dióxido de Nitrogênio	1 hora	320	190
	1 ano <sup>2</sup>	100	100

Nota:

<sup>1</sup> Ficam definidas como condições de referência a temperatura de 25°C e a pressão de 101,32 kPa.

<sup>2</sup> Média geométrica para PTS; para as demais substâncias as médias são aritméticas.

<sup>3</sup> Não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

**Fonte: IAP (2012).**

O Art. 2º do CONAMA 003/90 deixa estabelecido que padrões primários de qualidade do ar são as concentrações de poluentes que ultrapassadas poderão afetar a saúde da população; e padrões secundários de qualidade do ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Segundo a Resolução CONAMA Nº 005/89 para uma boa política de proteção da qualidade do ar no Brasil, faz-se necessário o enquadramento de suas áreas de acordo com as respectivas classes: classe I, que inclui áreas de preservação, lazer e turismo, onde a qualidade do ar deverá estar de acordo com o nível mais próximo do verificado sem a intervenção antropogênica; classe II, incluindo áreas onde o nível de deterioração seja limitado pelo padrão secundário de qualidade do ar; e classe III, com áreas de desenvolvimento, onde o nível de deterioração seja limitado pelo padrão primário de qualidade do ar.

Segundo Moreira et al (2008, p.1) os responsáveis pelas simulações de campos de concentração de poluentes a fim de relatar o cumprimento ou não dos padrões de qualidade do ar são os modelos matemáticos. Esses modelos são meteorológicos e funcionam como códigos computacionais, permitindo reconstruir a evolução espaço-temporal da variável que descreve o fluido atmosférico. Sendo necessária a descrição dos processos de transporte e a difusão de poluentes.

Ainda de acordo com Moreira et al (2008, p.3) os modelos meteorológicos podem ser modelos diagnósticos, onde consistem basicamente em algoritmos para interpolar as medidas efetuadas no domínio de cálculo; ou modelos prognósticos, que possibilitam descrever a evolução do fenômeno atmosférico de forma tridimensional, através da integração do sistema de equações diferenciais constituído da equação de conservação da massa, da quantidade de movimento, da energia cinética turbulenta, da umidade e do calor.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos pelo presente trabalho, foram buscadas referências bibliográficas a respeito da indústria cerâmica brasileira, mais especificamente sobre a cerâmica vermelha. Levantaram-se informações sobre os processos realizados pelo setor, a matéria prima utilizada, seu mercado de compras e vendas, seu crescimento ao longo dos anos e os impactos significativos de suas atividades e produtos.

Além do citado anterior, fez-se também levantamentos de campo, através de visitas realizadas nas cerâmicas, na prefeitura e no museu histórico municipal de Jataizinho. Este último ocorreu no mês de outubro de 2013, onde por meio de duas visitas, buscou-se levantar a história das cerâmicas na localidade e seu desenvolvimento ao longo dos anos, a fim de possibilitar entender o funcionamento atual das empresas.

### 5.1 LEVANTAMENTO DO SETOR DE CERÂMICA VERMELHA DO MUNICÍPIO DE JATAIZINHO E SEU ENTORNO

Foram realizadas buscas na listagem telefônica do município de Jataizinho, na documentação empresarial de alvarás da prefeitura municipal e pesquisas na internet, a fim de levantar quais são as empresas de cerâmica vermelha instaladas e atuantes na cidade e no seu arredor.

Para tornar o trabalho mais confiável, foram realizadas vistas às empresas levantadas e obtidas informações junto aos empresários ceramistas e seus funcionários sobre o número de cerâmicas conhecidas por eles nas proximidades, com o propósito de conferência do número levantado e possível descoberta de empresas não constantes no levantamento inicial.

A obtenção dos dados elementares das empresas se deu durante a primeira visita, onde foi aplicado um questionário aos representantes das empresas, a fim da obtenção de dados sobre processos, número de funcionários, localização das empresas, entre outras informações, como mostrado na Tabela 3.

**Tabela 3 - Questionário de levantamento de dados das cerâmicas de Jataizinho**


---

Nome da empresa
Telefone
Endereço
Responsável
Telefone do responsável
Definição da atividade da empresa
Período de funcionamento das atividades
Classificação
Número de funcionários
Número de fornos
Número de chaminés
Matéria - prima / quantidade
Material combustível / quantidade
Método de controle de emissão
Temperatura de saída do poluente da chaminé
Velocidade de saída
Temperatura de queima do forno
Frequência de queima
Duração da queima
Época de maior queima
Altura da chaminé

---

**Fonte: Autor (2014).**

O questionário apresentado na Tabela 3 foi desenvolvido no programa computacional Excel, e a obtenção desses dados possibilitou o conhecimento do setor industrial dominante do município, seu funcionamento e uma comparação média entre as pequenas empresas e as de médio a grande porte.

Através das informações e relatos fotográficos coletados durante a segunda visita às cerâmicas foi possível a construção de dois fluxogramas com entradas e saídas do processo de produção de tijolos, descritos no subitem 6.3.1 referente à descrição do processo produtivo. Um dos fluxogramas demonstra o processo produtivo de uma empresa do porte de uma olaria, enquanto outro descreve a produção de uma cerâmica.

## 5.2 LEVANTAMENTO DA ÁREA DE MAIOR EXTRAÇÃO DE ARGILA

Para apoiar a estruturação do presente trabalho foram levantados nas visitas os pontos de retirada da matéria prima utilizada pelas empresas, no caso a argila. A partir desse levantamento foi escolhido o ponto de maior extração e realizado o um levantamento *ex situ* sobre o local a fim de demonstrar o funcionamento da lavra e seus impactos ambientais.

As informações sobre a área de lavra da argila foram obtidas com o proprietário do local, que cedeu o Plano de Recuperação e Controle Ambiental - P.R.C.A - da área, realizado pelo IAP em Outubro de 2006.

## 5.3 CÁLCULO ESTIMADO DA ALTURA EFETIVA DA PLUMA

Buscou-se junto às empresas a quantidade e o tipo de substância emitida durante as emissões ocasionadas pelo processo de queima dos tijolos. A obtenção desses dados só foram possíveis por parte de duas empresas de porte industrial (Cerâmica 1 e Cerâmica 2) e uma empresa de porte pequeno (Cerâmica 3) que forneceram seus relatórios de emissão de poluentes.

Dentre as informações contidas nos relatórios, os valores de altura e diâmetro da chaminé, emissão de calor da queima, velocidade de saída dos poluentes e temperatura dos poluentes na saída da chaminé foram analisados para estimar a altura efetiva da pluma dessas cerâmicas.

A solução da altura de subida da pluma será abordada de maneira simplificada, onde se assume dispersão inicial em uma altura fictícia – chamada altura efetiva da chaminé - acima da fonte, ao invés de considerar o fato real de subida e dispersão (LISBOA<sup>c</sup>, 2007, p. 27).

Para esse cálculo será usado como apoio o Artigo 8º da resolução SEMA 016/14, de define os padrões de condicionamento para fontes estacionárias, dizendo que o lançamento de efluentes à atmosfera, através de dutos ou chaminés deve ser realizado a uma altura mínima de 10 metros acima do solo, conforme os critérios abaixo, desde que resulte na maior altura calculada:

a) 3 metros acima da edificação onde a fonte potencialmente poluidora será instalada;

b) Altura física da chaminé calculada de acordo com a Equação 1:

$$A_f = A_t - E \quad (1)$$

Onde:

$A_f$ : Altura física da chaminé calculada para todos os poluentes limitados por esta Resolução para a fonte emissora a ser instalada (m);

$A_t$ : Altura teórica da chaminé (m) dada pela Equação 2:

$$A_t = 3,5 \cdot (T \cdot f_p)^{0,52} \quad (2)$$

Onde:

T: taxa de emissão prevista para os poluentes limitados (kg/h);

$f_p$ : fator de periculosidade do poluente, de acordo com o anexo VII da presente resolução;

Já a elevação da pluma é calculada de acordo com a Equação 3:

$$E = \frac{v_c \cdot d_c}{v} \cdot \left( 1,5 + \left( 0,00268 \cdot P \cdot \frac{\Delta t \cdot d_c}{t_c} \right) \right) \quad (3)$$

Onde:

E: elevação da pluma (m),

$v_c$ : velocidade prevista dos gases na extremidade superior da chaminé (m/s);

$d_c$ : diâmetro previsto da extremidade superior da chaminé (m);

$v$ : velocidade média do vento na extremidade superior da chaminé (m/s) calculada com pela Equação (4).

$$v = v_{10} \cdot \left(\frac{A_t}{10}\right)^{0,28} \quad (4)$$

$v_{10}$ : velocidade média do vento numa altura até 10 metros fornecida pelo sistema meteorológico (m/s);

$P$ : pressão atmosférica média (mbar);

$\Delta t$ : diferença entre a temperatura prevista dos gases na chaminé (Kelvin) e a temperatura média ambiente (Kelvin);

$t_c$ : temperatura prevista dos gases na chaminé (Kelvin).

c) 5 metros acima da altura da residência mais alta num raio de 300 metros ou num raio de 30 vezes a altura da chaminé, calculada a partir do maior valor encontrado de acordo com os itens a e b, caso este raio seja maior;

A Figura 11 demonstra a Altura física ( $h_g$ ) e a altura teórica ( $h_{ef}$ ) da chaminé relacionadas à elevação da pluma ( $\Delta h$ ).

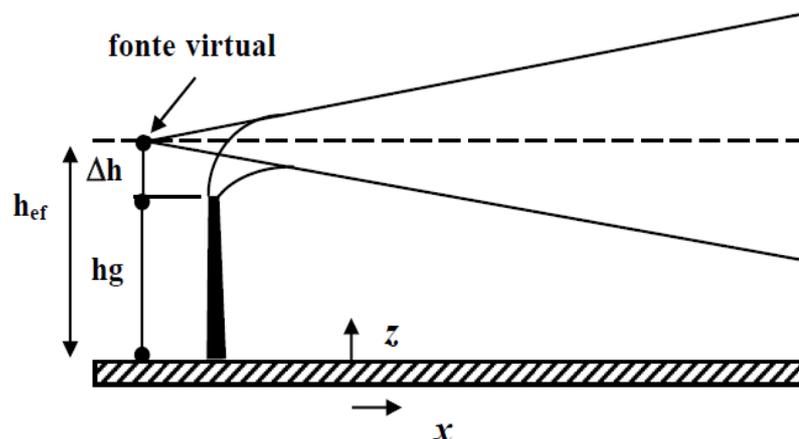


Figura 11 - Altura efetiva da pluma  
Fonte: Lisboa<sup>c</sup> (2007).

## 5.4 LEVANTAMENTO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS E AVALIAÇÃO DOS SEUS POSSÍVEIS IMPACTOS LOCAIS

### 5.4.1 Estimativas das emissões atmosféricas das empresas cerâmicas

Foram levantados por meio de análises bibliográficas os fatores de emissão dos compostos relatados no Relatório de Emissões das empresas - monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e óxidos de enxofre - e do composto coletado a campo – material particulado, para processos de queima de madeira em caldeiras a fim de estimar as emissões atmosféricas ocorridas no município de Jataizinho devido aos processos produtivos dos tijolos pelas indústrias do setor cerâmico vermelho.

Para o caso do monóxido de carbono não foi encontrado na literatura seus fatores de emissão relacionados à queima de madeira, logo foi efetuada a média aritmética entre os três valores de emissões anuais correspondentes as três cerâmicas fornecedoras do relatório.

Além dos dados já citados, levantou-se também o tipo e o consumo anual do material combustível usado durante os processos de queima dos tijolos.

A partir desses dados foram calculadas as estimativas anuais de emissões para cada poluente, conforme a Equação 5:

$$Emissões\ estimadas = consumo \cdot fator\ de\ emissão\ do\ poluente \quad (5)$$

A partir das estimativas de emissões pode-se avaliar o nível de atenção a ser dada à saúde da população vizinha às empresas, pois, como relata Polidoro et al (2010, p. 8) os impactos das indústrias de beira de rodovia podem ser mais intensos em áreas de núcleos urbanos ao redor da cidade, devido a falta de zoneamento urbano. Fato esse que visa atenção à construção de condomínios próximos às áreas industriais.

### 5.4.2 Amostragem de material particulado

A meteorologia esta diretamente ligada à quantidade de contaminantes na atmosfera. Condições como alta porcentagem de calmaria, ventos fracos e inversões térmicas a baixa altitude estimulam aumento nos níveis de poluição (CETESB, 2014).

A água atua de forma fundamental na retirada de gases e partículas suspensas no ar, fazendo com que a disposição das chuvas também se torne uma condição de influência no nível de poluição atmosférica (KCC – GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA LTDA, 2009, p. 20).

Segundo Camarinha (2010, p. 49) as condições citadas acima ocorrem com frequência no inverno. No entanto, durante o período de amostragem deve-se dar atenção às particularidades do tempo, como por exemplo, a ocorrência de inversões térmicas que geram altos índices de poluição nas manhãs seguintes, e as chuvas que removem partículas suspensas, diminuindo a concentração no ar.

Devido essas influências na estação de inverno a amostragem do material particulado se deu no mês de junho, pois trata-se de uma época propicia a riscos contra a saúde da população e do meio ambiente. O início da coleta ocorreu após 1 semana sem chuvas, a fim de certificar que a atmosfera não estaria totalmente limpa em razão das precipitações constantes, o que poderia camuflar a amostragem.

A amostragem foi realizada com filtros de dois tamanhos –  $MP_{2,5}$  e  $MP_{2,5-10}$ , pois de acordo com POZZA (2009, p. 41) para avaliar possíveis danos à saúde causados por aerossóis é necessário saber além da concentração o tamanho das partículas, já que somente as partículas chamadas de inaláveis penetram as vias respiratórias.

O local da coleta foi a Chácara Saretto, localizada aproximadamente 500 metros da Rodovia BR 369 e 250 metros do Rio Tibagi, com latitude  $23^{\circ}15'56,45''$  S e longitude  $50^{\circ}58'36,01''$  O. A escolha do local se deu por sua proximidade com as empresas, lugar com boa circulação de ventos. Pela Figura 12 é possível visualizar a montagem dos equipamentos.



**Figura 12 - Montagem dos equipamentos no local de amostragem  
Fonte: Autor (2014).**

O instrumento utilizado para a amostragem é denominado Coletor de Material Particulado. Trata-se de uma ligação entre equipamentos, no caso um amostrador de particulado fino e grosso – AFG, que coleta o MP por impactação inercial; uma tubulação de admissão; uma bomba de vácuo, com corrente de ar de 25 L/min.; e um totalizador de volume (LOPES, 2003, p. 19).

Estes equipamentos são conectados por meio de mangueiras de PVC, ficando os dois primeiros aparados no telhado da casa, numa altura de aproximadamente 2,5 metros, e os dois últimos no chão, protegidos de eventuais intempéries. As Figuras 13 e 14 demonstram os respectivos equipamentos.



**Figura 13 - Amostrador de particulado fino e grosso e tubulação de admissão**  
Fonte: Autor (2014).



**Figura 14 - Bomba a vácuo e totalizador de volume**  
Fonte: Autor (2014).

Segundo Lopes (2003, p. 19) a bomba promove a sucção do ar que passa pelo amostrador de particulado fino e grosso (Figura 15) e segue pela tubulação de admissão até passar pelo totalizador de volume que contabiliza quantos litros de ar foram deslocados da atmosfera para o chão.



**Figura 15 - Amostrador de particulado fino e grosso**  
Fonte: Autor (2014).

Dentro do amostrador são instalados dois filtros. Os filtros ímpares, correspondentes a filtros grossos de aparência leitosa, realizaram a coleta de partículas inaláveis grossas -  $MP_{2,5-10}$  e são colocados na parte superior do amostrador, enquanto os filtros pares, de aparência opaca, foram responsáveis pela coleta de partículas inaláveis finas -  $MP_{2,5}$ , sendo instalados na parte inferior do amostrador. Os filtros são mostrados nas Figuras 16 e 17, respectivamente.



**Figura 16 - Filtro coletor de material particulado inalável grosso**  
Fonte: Autor (2014).



**Figura 17 - Filtro coletor de material particulado inalável fino**  
**Fonte: Autor (2014).**

Os filtros utilizados, cujo diâmetro é de 47 mm são de policarbonato da marca Millipore. Para a coleta de partículas inaláveis grossas foram usados filtros com poros de 8  $\mu\text{m}$  de diâmetro, enquanto que para a coleta de partículas inaláveis finas, os filtros possuíam poros de 0,4  $\mu\text{m}$  de diâmetro (LOPES, 2003, p. 19).

A amostragem ocorreu num período de 19 a 26 de junho, oito dias, com troca dos filtros a cada 24 horas, sempre no fim da manhã. Os filtros foram mantidos em sílica antes e depois da amostragem para evitar excesso de umidade dentro do recipiente de PVC hermeticamente fechado e protegido da luz solar, com temperatura aproximada de 22°C.

Para a determinação da massa do material particulado atmosférico foi utilizada a metodologia gravimétrica e para a pesagem dos filtros, que ocorreu em triplicata, foi utilizada balança modelo AX26 da marca Mettler Toledo, onde a pesagem máxima é de 22 gramas e precisão de 1  $\mu\text{g}$ . Sendo que a balança se encontra em sala de ambiente controlado, refrigerada (temperatura de 20°C e umidade relativa do ar de 30 a 40% ( $\pm 5\%$ )) e pertence ao Laboratório LACA da Universidade Estadual de Londrina - UEL.

Ocorreram duas pesagens nos filtros, uma anterior a coleta e outra posterior, com objetivo de levantar a massa dos mesmos, com e sem o material coletado. O aparelho forneceu os volumes iniciais e finais de cada amostragem, a partir da subtração destes calcularam-se os volumes coletados diariamente de material particulado.

Com os pesos iniciais e finais em triplicata de cada filtro foi possível obter a massa média de cada um. Então através dos dados de volume e massa foram levantadas as concentrações das partículas inaláveis grossas –  $MP_{2,5-10}$ , das partículas inaláveis finas -  $MP_{2,5}$ , e da soma das partículas inaláveis grossas e finas –  $MP_{10}$ , dos 16 filtros coletados.

Normalmente as amostragens de materiais particulados buscam obter a concentração mássica, o tamanho e a composição elementar das partículas. Porém, neste projeto não foi realizado a composição elementar das partículas. Para o alcance de uma boa amostragem atenção foi dada ao modo de disposição dos contaminantes, a segurança e o abrigo dos equipamentos contra condições extremas de mau tempo e a acessibilidade à energia elétrica (POZZA 2009, p. 17).

A fim de investigar possível contribuição de outras localidades na concentração do material particulado coletado foram analisadas as trajetórias das massas de ar que chegaram ao município de Jataizinho no período da coleta e os focos de incêndio ocorridos ao longo desse percurso até a chegada. As trajetórias percorridas pelas massas de ar após passarem pela cidade também foram avaliadas, em busca de conhecer as regiões que podem ter seus níveis de poluição reforçados por conta das emissões de Jataizinho.

Para o levantamento das trajetórias foi utilizado o modelo HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory). Este realiza cálculo de trajetórias simples de massas de ar, complexos de dispersão e simulações de deposição. O desenvolvimento do modelo se deu por NOAA e o escritório de Meteorologia da Austrália (DRAXLER et al., 2013).

Atualmente possui novas funcionalidades como advecção, renovadas equações de estabilidade e dispersão e a opção de inclusão de módulos de transformações químicas (DRAXLER et al., 2013). Sua execução aconteceu por meio de um sistema pronto em seu site da internet onde foi possível a obtenção das imagens das trajetórias de ar que chegaram e saíram do ponto de amostragem.

Já as figuras relativas aos focos de incêndio foram obtidas pelo CPTEC/INPE (2014) através do satélite MODIS Rapid Response Team – NASA GSFC. E a montagem das figuras foi realizada no programa computacional ARCGIS que ofereceu suporte para a inserção dos focos de incêndio ocorridos ao longo do trajeto de chegada das massas de ar.

## 5.5 LEVANTAMENTO DO MERCADO DE LONDRINA E REGIÃO

Foi realizado um levantamento, via telefone, nos depósitos de materiais de construção dos municípios paranaenses de Londrina, Ibiporã e Cambé, a fim de caracterizar a cidade e a respectiva cerâmica produtora dos tijolos vendidos nesses depósitos. Essa pesquisa não foi realizada em Jataizinho devido o baixo número de depósitos instalados no município, além da proximidade destes com as cerâmicas estudadas.

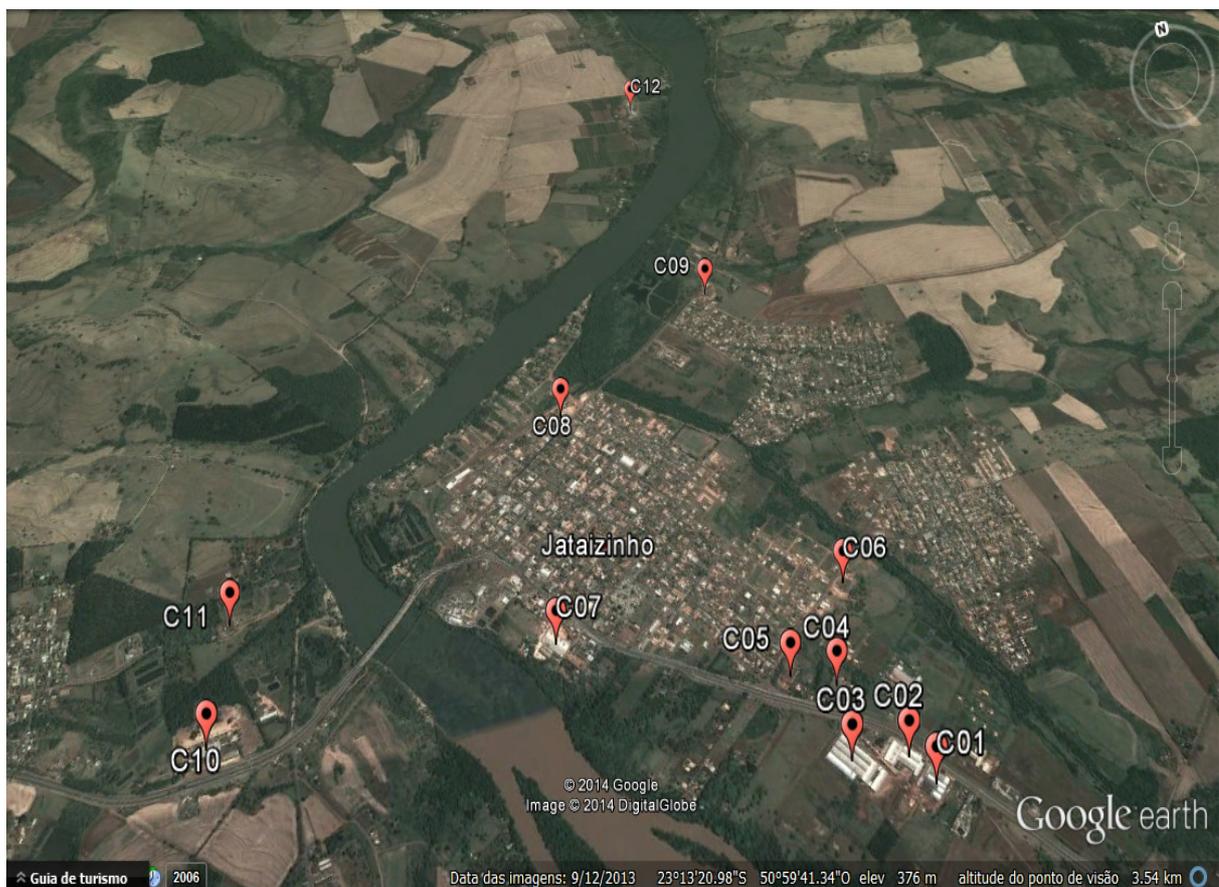
A obtenção dos números de telefone das lojas de materiais de construção se deu a partir da listagem telefônica de Londrina e via internet. E as ligações foram feitas na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus Londrina*

## 6. RESULTADOS

### 6.1 LEVANTAMENTO DO SETOR DE CERÂMICA VERMELHA DO MUNICÍPIO DE JATAIZINHO E SEU ENTORNO

#### 6.1.1 Localização das empresas

As empresas estudadas no presente trabalho se localizam no município de Jataizinho e arredor - norte pioneiro do estado do Paraná, região sul do Brasil. Conforme pode ser visualizado na Figura 18.



**Figura 18 – Pontos de localização das cerâmicas vermelhas no município de Jataizinho e arredor**

**Fonte: Autor (2014).**

Para fornecer maior clareza sobre os pontos, a Tabela 4 demonstra a localização das indústrias em termos de coordenadas geográficas.

**Tabela 4 – Localização das cerâmicas em coordenadas geográficas**

<b>Cerâmicas</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
C01	23° 16'4,45" S	50° 58'10,95" O
C02	23° 16'1,20" S	50° 58'12,74" O
C03	23° 15'59,88" S	50° 58'19,47" O
C04	23°15'51,88" S	50° 58'17,62" O
C05	23°15'49,56" S	50° 58'22,86" O
C06	23°15'40,38" S	50° 58'11,18" O
C07	23° 15'38,91" S	50° 58'50,65" O
C08	23° 15'7,87" S	50° 58'42,20" O
C09	23° 14'51,97" S	50° 58'13,16" O
C10	23° 15'39,81" S	50° 59'34,45" O
C11	23° 15'26,08" S	50° 59'31,49" O
C12	23° 14'6,91" S	50° 58'12,35" O

**Fonte: Google Earth (2014).**

Através da Figura 18 pode-se perceber que a grande maioria das cerâmicas – setor industrial dominante no município - estão implantadas aos arredores da BR 369 - Rodovia Melo Peixoto, facilitando o processo de carga e descarga de compradores e vendedores, pelo fácil acesso à rodovia.

Pode-se ainda perceber que 11 empresas estão localizadas nas proximidades do Rio Tibagi. Fato que remete à época de implantação dessas indústrias, onde era permitido o processo de extração de argila no rio, minimizando os custos de transporte.

### 6.1.2 Análise do levantamento de dados a campo

A partir do questionário de levantamento de dados que foi realizado em cada empresa visitada pode-se avaliar como é geralmente o funcionamento das empresas de médio a grande porte e das de pequeno porte.

Das empresas mostradas na Figura 20, 6 são cerâmicas de médio a grande porte e 6 representam pequenas empresas. Sendo C01, C02, C03, C07, C08 e C10 cerâmicas de médio a grande porte, e C04, C05, C06, C09, C11 e C12 olarias e cerâmicas de pequeno porte.

A Tabela 5 apresenta a comparação média entre as empresas de médio a grande porte e as empresas de pequeno porte.

**Tabela 5 - Caracterização média do setor cerâmico de Jataizinho**

<b>Dados</b>	<b>Grande porte</b>	<b>Pequeno porte</b>
Número de funcionários	35,8	8,3
Quantidade de fornos	5,3	2
Tipo de fornos	Abóboda	Caipira
Número de chaminés	3,6	0,5
Período de operação dos fornos (dia/mês)	28,5	9,6
Matéria-prima/quantidade (toneladas/mês)	Argila – 2058,3	Argila – 167,2
Material combustível/quantidade (m <sup>3</sup> /mês)	Cavaco / 1000	Lenha / 104
Tipo de secagem	Estufa	Natural
Controle de emissão	Não	Não
Frequência de queima	Diária	Semanal

**Fonte: Autor (2014).**

Analisando a Tabela 5 pode-se perceber a grande diferença dos valores das empresas grandes e das pequenas. As empresas médias a grandes apresentam maior modernização em relação às pequenas. Fato esse que representa um aumento significativo da produção, assim oferecendo mais vagas de emprego e

gerando mais lucro à seus fornecedores, como os proprietários das lavras de extração de argila e os vendedores de material combustível, no caso a madeira.

Os empresários e funcionários desse setor industrial, exceto para os serviços terceirizados, são moradores do próprio município de Jataizinho. Normalmente são empresas de herança que passam de pai para filhos ao longo das décadas.

Se por um lado a modernização acarreta mais impactos ambientais pela extração de argila e derrubada da madeira, por outro ela gera menores emissões de poluentes, pois busca otimização do processo com equipamentos mais eficientes e regrados para atender as normas ambientais, como por exemplo, o uso do forno móvel. Presente em duas das empresas, esse tipo de forno comparado com outros encontrados, realiza a queima em menor tempo, usa menos material combustível, produz mais, gera baixa quantidade de cinzas, economiza mão de obra e emite menores concentrações de contaminantes.

Já no caso das empresas pequenas que trabalham com forno caipira, a emissão se dá a céu aberto, já que esse tipo de forno não possui ligação com chaminés. Fato que explica a média de 0,5 chaminés das empresas pequenas, pois, pelo seu atraso na modernização a maioria ainda faz uso dos fornos caipiras. São poucos os fornos abóbodas encontrados nessas cerâmicas/olarias.

Outro fator que interfere na baixa produção das empresas pequenas é a falta de estufas de secagem, o que atrasa o processo de produção como um todo, já que o produto vai depender das condições do tempo para efetuar sua secagem, podendo demorar vários dias. Isso explica o fato das empresas pequenas realizarem suas queimas de forma semanal.

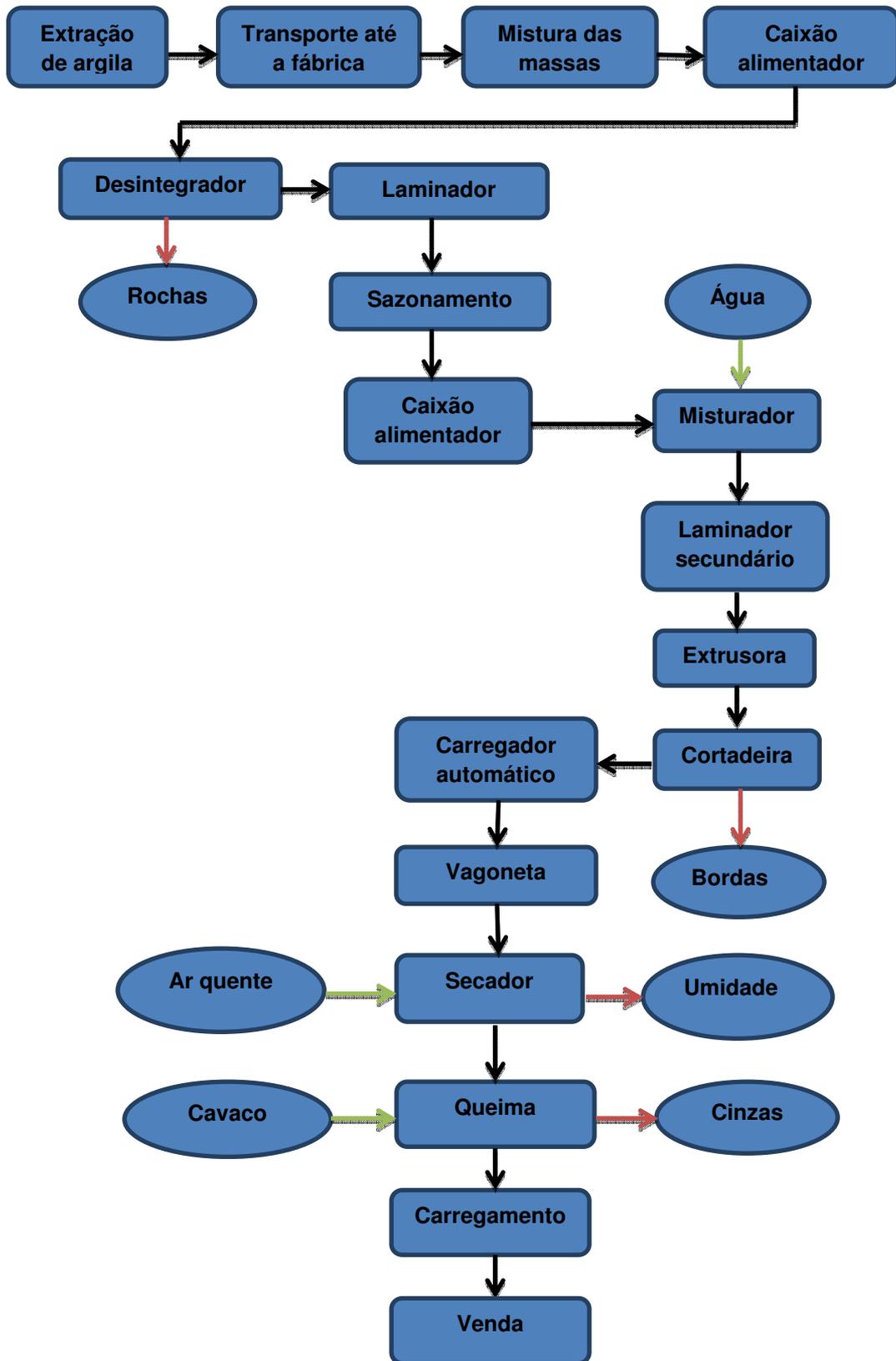
Foi visível durante as visitas o desejo dos grandes empresários pelo crescimento de suas empresas, porém, os mesmos tendem a atender mais prontamente apenas as normas ambientais que derivam fiscalizações. Isso se comprova pela falta de controle de emissão de poluentes por parte das empresas.

O uso geral da madeira como material combustível para os fornos se deve pela fácil obtenção desse recurso e pelo preço acessível. Já a argila é prioridade para essas empresas, pois se apresenta como um minério de alta resistência e durabilidade, sendo nítida a diferença na quantidade de uso mensal dessa matéria prima entre as empresas de médio a grande porte – 2058,3 toneladas, e as pequenas - 167,2 toneladas.

### 6.1.3 Descrição do processo produtivo

#### 6.1.3.1 Processo produtivo de cerâmica de médio a grande porte

As cerâmicas que operam no município de Jataizinho produzem apenas tijolos, em seus mais variados tipos, como tijolos de 6 furos, bloco cerâmico de 9 furos, bloco cerâmico furado, tijolo baianinho, entre outros. O processo de fabricação dos diferentes tipos de tijolos é o mesmo, só altera o molde para cada tipo específico. O Fluxograma 1 descreve as entradas e saídas do processo produtivo do tijolo realizado por empresas de médio a grande porte.



Fluxograma 1 - Processo produtivo de cerâmica de médio a grande porte  
 Fonte: Autor (2014).

Como visto no Fluxograma 1, o processo produtivo do tijolo realizado pelas empresas de médio e grande porte se inicia com a extração de argila. No caso das

empresas estudadas a fonte da argila pertence a proprietários secundários, o que implica acréscimo no custo da matéria-prima devido o transporte até a fábrica. Esse transporte tem que ser realizado por veículos em boas condições, a fim de evitar perdas do minério durante o trajeto.

Ao chegar à indústria o processo se inicia pela preparação da matéria prima que é despejada pelo caminhão formando montes no chão (Figura 19). Geralmente faz-se compra de dois tipos de argilas, onde posteriormente objetiva-se a mistura das duas em busca de criar um produto com maior resistência.



**Figura 19 – Montes de argila vermelha e branca**  
**Fonte: Autor (2014).**

A mistura é composta por 90% de argila vermelha e 10% de argila branca. Essa quantidade de argila vermelha se deve a maior plasticidade oferecida por sua granulometria e composição de alumínio.

A massa obtida pela mistura passa pelo caixão alimentador (Figura 20). A função desse equipamento é dosar uma quantia da mistura e encaminhá-la para a correia, além de quebrar os torrões maiores de argila.



**Figura 20 – Abastecimento de matéria-prima no caixão alimentador**  
Fonte: Autor (2014).

Seguindo o processo, a massa entra no desintegrador (Figura 21), onde se realizará a quebra mais apurada dos torrões, estes que apresentam aproximadamente 1 cm de espessura.



**Figura 21 – Desintegrador**  
Fonte: Autor (2014).

O desintegrador também faz a remoção das pedras retidas na massa devido o processo de extração da argila. Com a redução das impurezas, a massa vai para o laminador (Figura 22), este que deixa a argila com espessura de aproximadamente 3 milímetros, fazendo a quebra total dos torrões restantes e retirando as pedras.



**Figura 22 – Laminador**  
**Fonte: Autor (2014).**

Após o laminador, a massa passa pelo processo de sazonalização (Figura 23), onde descansa de três a cinco dias dependendo do volume de produção. É nessa etapa que ocorre a homogeneidade da massa, melhorando sua qualidade e obtendo uma umidade padrão. Em outras palavras, os torrões maiores que possuem elevada umidade se unem aos pequenos grãos de baixa umidade a fim de se igualarem.



**Figura 23 – Monte formado para posterior sazonalização**  
**Fonte: Autor (2014).**

O processo de sazonalidade nada mais é que o descanso da massa. Esse descanso ocorre geralmente dentro de um barracão na própria instalação da empresa, para protegê-la do contato direto com chuva, porém, o ideal é a massa ser preservada no escuro, evitando a evaporação de água. Nesta etapa têm-se umidade de 20 a 25%.

A partir dessa etapa, se inicia propriamente a produção, com outro rodízio de maquinários:

A massa já homogeneizada entra no caixão alimentador (Figura 24) seguindo até o misturador (Figura 25), onde é feita a adição de água se necessário. Então a massa úmida segue pela esteira passando por um removedor de metais (Figura 26) até chegar ao laminador secundário este com espessura menor, próximo a 1 mm, para finalizar a laminação de todo material.



**Figura 24 - Caixão alimentador**  
**Fonte: Autor (2014).**



**Figura 25 – Misturador com adição de água**  
**Fonte: Autor (2014).**



**Figura 26 – Removedor de metais**  
**Fonte: Autor (2014).**

Dando continuidade ao processo a massa é encaminhada à extrusora (Figura 27), máquina a vácuo com função de extrair ar da massa e formar o bloco. A formação do bloco se dá por meio da passagem da argila por orifícios e a retirada de ar objetiva evitar a formação de bolhas, que causam trincas, tirando a resistência do bloco.



**Figura 27 – Formação do bloco pela extrusora**  
**Fonte: Autor (2014).**

O bloco já formado passa pela cortadeira (Figura 28), responsável por cortá-lo no tamanho desejado. Nessa etapa da cortadeira há sobras de bordas do bloco devido ao corte padrão, porém essas sobras são regressadas ao laminador secundário para sua reutilização no processo produtivo (Figura 29).



**Figura 28 – Processo de corte do produto**  
**Fonte: Autor (2014).**



**Figura 29 – Regressão das sobras**  
**Fonte: Autor (2014).**

Após o corte, o tijolo já no formato correto segue para o carregador (automatismo de carga) (Figura 30), onde esse próprio equipamento faz a montagem dos blocos e o carregamento nas prateleiras, chamadas vagonetas (Figura 31), de forma automática.



**Figura 30 – Automatismo de carga**  
**Fonte: Autor (2014).**



**Figura 31 – Vagonetas carregadas**  
**Fonte: Autor (2014).**

Com o auxílio de funcionários, as vagonetas seguem até a estufa de secagem forçada, também denominada de secador. Nesse processo faz-se o aproveitamento da temperatura gerada nos fornos de queima. Para garantir esse aproveitamento exaustores sugam o ar dos fornos transportando-o por meio subterrâneo até o secador, onde abastece os ventiladores móveis – alimentados por energia elétrica - responsáveis por secarem os tijolos, como mostrado na Figura 32.



**Figura 32 - Ventiladores móveis**  
**Fonte: Autor (2014).**

A secagem ocorre entre 60 e 75 °C, onde um operador faz o controle dessa temperatura. Os tijolos entram na secadora com umidade de 80% e saem com

umidade de 5 a 10%. Essa umidade liberada durante a secagem dos tijolos verdes é retirada por ventiladores de teto que a jogam para fora do processo, obedecendo a curva de secagem e garantindo a saída de tijolos secos.

A secagem é o mais importante dos processos, pois é nela que será estabelecida a qualidade dos tijolos. Caso as peças não se apresentem devidamente secas – popularmente denominadas como tijolo verde -, ocasionará trincas durante a queima, levando à perdas na produção.

Os tijolos já secos são transportados manualmente por meio de carrinhos até os fornos, para posterior queima.

No caso de queima em forno móvel as empresas geralmente usam madeira como insumo energético, mais especificamente cavaco de eucalipto ou pinus. Para a realização da queima os tijolos são empilhados até formarem um monte, este sendo fechado pelo forno móvel que se desloca automaticamente, como mostra a Figura 33.



**Figura 33 – Processo de queima dos tijolos por forno móvel**  
**Fonte: Autor (2014).**

No início do processo os tijolos permanecem de 6 a 8 horas na temperatura de 300°C para a retirada da umidade restante do processo anterior. No fim da queima os tijolos superiores do monte encontram-se a 1000°C enquanto os inferiores saem com 800°C. A temperatura maior na parte superior se deve à

proximidade e tempo de contato com o fogo, já que este começa em cima e tende a descer até a base do monte, onde a temperatura é transferida por radiação.

O forno do tipo móvel possui 3 metros de altura e leva em torno de 24 a 28 horas para queimar 110 mil peças de tijolos fazendo uso de 80 m<sup>3</sup> de cavaco. Seu custo de compra gira em torno de 500 mil reais.

Para a queima em forno abóboda (Figura 34) assim como para forno móvel se usa cavaco de eucalipto (Figura 35) como insumo energético. Porém esse forno não se locomove, então os tijolos secos são posicionados um sobre o outro da base até o topo (Figura 36), preenchendo o formato interior do forno que tem sua porta tampada com massa obtida da mistura entre argila e água. Esse forno leva de 48 a 50 horas para queimar 40 mil peças de tijolos com 50 m<sup>3</sup> de cavaco.



**Figura 34 – Estrutura do forno abóboda**  
Fonte: Autor (2014).



**Figura 35 – Monte de cavaco**  
Fonte: Autor (2014).



**Figura 36 – Preenchimento do forno abóboda**  
**Fonte: Autor (2014).**

Para o trabalho dos dois fornos são necessários 4 funcionários para o preenchimento do forno e 4 funcionários para fazer a retirada dos tijolos prontos. Em questão de eficiência o forno móvel é a melhor opção devido á quantidade de material combustível utilizado em relação às peças produzidas, já que o forno abóboda gasta praticamente 50% a mais de cavaco.

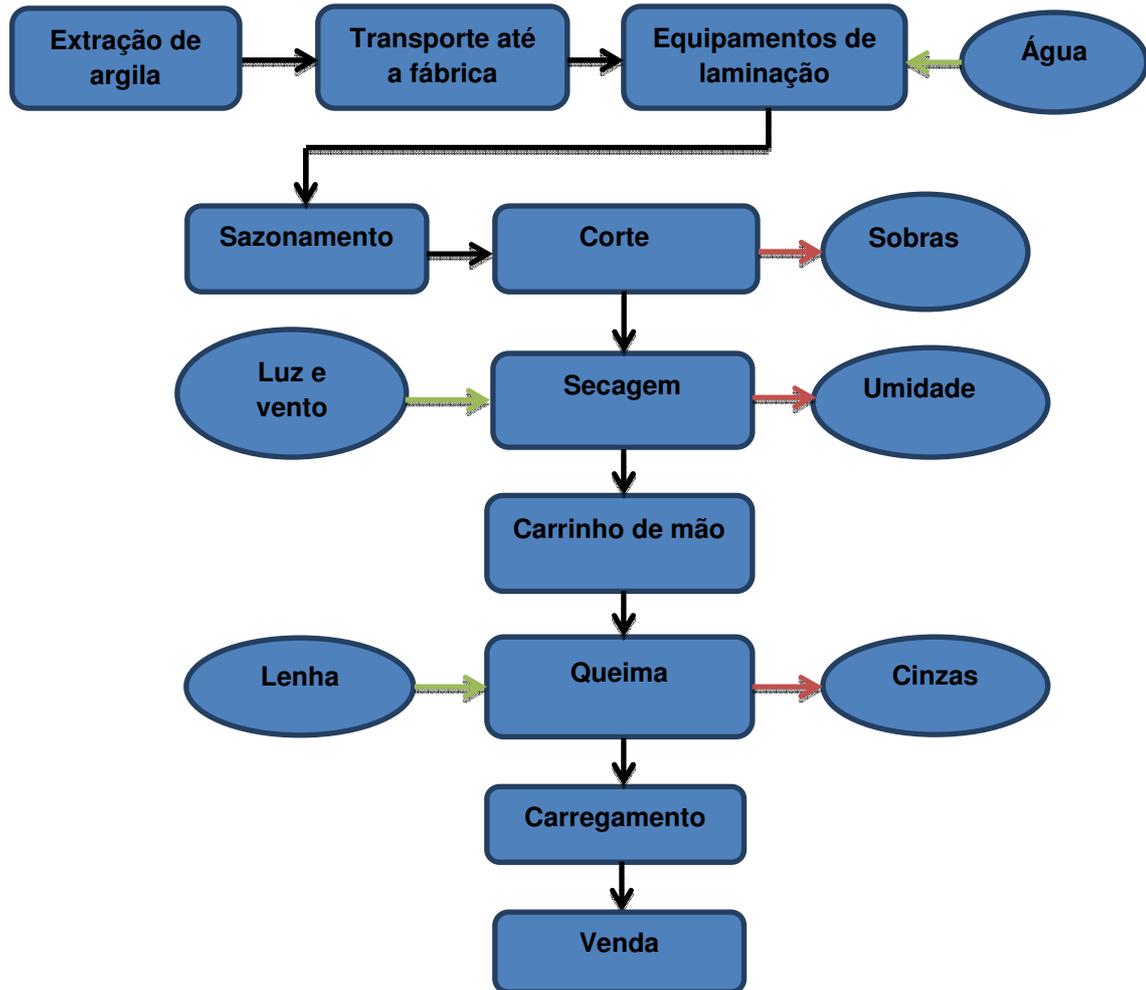
Depois da queima o produto segue para montagem em pallets, onde no pátio da empresa são embrulhados (Figura 37), rotulados e carregados para posterior entrega em construções civil, depósitos de construção, entre outros locais de venda. O custo da compra desse produto em depósitos se encontra em torno de 320 a 340 reais o milheiro – mil tijolos.



**Figura 37 – Produto embalado e rotulado**  
**Fonte: Autor (2014).**

#### 6.1.3.2 Processo produtivo de cerâmica de pequeno porte/olaria

Uma das cerâmicas de pequeno porte e olarias do município de Jataizinho produzem tijolos para acabamento, poucas produzem tijolos de 6 furos, e a maioria fabrica tijolos comuns. Independente do tipo de tijolo o processo produtivo é o mesmo, alterando apenas o molde de fabricação. O Fluxograma 2 apresenta as entradas e saídas do processo de fabricação de tijolos realizado por essas empresas.



**Fluxograma 2 - Processo produtivo de cerâmica de pequeno porte**  
 Fonte: Autor (2014).

As cerâmicas de pequeno porte ou olarias apresentam métodos antigos de produção. Como é possível visualizar através do Fluxograma 2 o início do processo de fabricação dos tijolos se dá na lavra, pela extração da matéria prima. Ao chegar à empresa oleira a argila é estocada dentro do próprio barracão, ficando exposta a luz solar até seu total uso. O baixo volume de compra influencia a disposição inadequada do minério dentro da empresa, como mostrado na Figura 38.



**Figura 38 - Disposição da argila para uso na produção de tijolos**

Para as empresas estudadas, a área de lavra da argila não pertence ao proprietário da cerâmica, este que evita a compra de minério de lugares distantes, visando minimizar custos de transporte.

Essas empresas usam lenha, geralmente eucalipto, como material combustível, porém essa lenha fica exposta à luz solar e à intempéries, como chuva, vento e orvalho, como mostra a Figura 39. A utilização desse material se dá em pequenas quantidades, pois como a produção é relativamente baixa não ocorre queima diariamente.



**Figura 39 - Exposição da lenha a intempéries**  
Fonte: Autor (2014).

A estrutura física dessas empresas costuma ser rudimentar (Figura 40), não apresentando modernidade nem nos equipamentos nem na forma de produção. Duas das empresas estudadas não fazem venda dos seus produtos, apenas fabricam alternadamente para abastecer um depósito de construção localizado no município.



**Figura 40 - Estrutura das cerâmicas de pequeno porte**  
Fonte: Autor (2014).

Os diferentes tipos de argila que chegam até a cerâmica são misturados a fim de obter maior resistência no produto final. Essa massa originada pela mistura é encaminhada até equipamentos remotos que através da adição de água realizam laminação no material e desintegração das pedras encontradas. A Figura 41 mostra o maquinário utilizado.



**Figura 41 - Maquinário utilizado**  
Fonte: Autor (2014).

Após laminação e descanso o trabalho segue de forma manual, onde os funcionários modelam a massa por meio da força braçal, e com o auxílio de formas alcançam os formatos desejados. A experiência do funcionário influenciará no tempo de duração do serviço, ou seja, no número de peças feitas por ele. As Figuras 42 e 43 demonstram esse processo de fabricação manual.



**Figura 42 - Modelagem de peças por trabalho braçal**  
Fonte: Autor (2014).



**Figura 43 - Obtenção do formato desejado através de formas prontas**  
Fonte: Autor (2014).

As cerâmicas de porte pequeno e as olarias tem maior fabricação de tijolos comuns e tijolos de 6 furos, como visto na Figura 44. E as peças recém formadas são colocadas em carreiras no próprio chão da empresa onde passarão pelo processo de secagem.



**Figura 44 - Tijolo 6 furos e tijolo comum**  
**Fonte: Autor (2014).**

A secagem dos tijolos se dá de forma natural (Figura 45), ou seja, por meio da ação do vento. É um processo lento, com duração de 25 dias no verão e 30 dias no inverno, devido o aumento da umidade na segunda estação. As peças ficam expostas em montes organizados dentro da empresa até estarem prontamente secas para posterior queima. Pela delonga do processo não é possível aumento de produção momentâneo, caso necessário.



**Figura 45 - Secagem das peças**  
**Fonte: Autor (2014).**

Após a secagem, os tijolos seguem por meio de carrinhos de mão até os fornos, onde ocorrerá o processo de queima. Esse processo costuma ser vagaroso, pois ocorre em fornos caipira ou abóboda (Figura 46).

Nos fornos do tipo caipira a temperatura é de aproximadamente 1200°C, queimando os tijolos de baixo para cima num período de 27 horas. A emissão dos poluentes gerados durante a queima ocorre na parte superior do forno, pois estes não são acompanhados por chaminés. Já os fornos do tipo abóboda são preenchidos da base ao teto com tijolos sobrepostos de maneiras diferentes, onde o calor atinge uma temperatura de 800°C na sua base do forno e 1200°C na parte superior, como mostrado na Figura 47. As partículas emitidas pela queima saem pelas chaminés (Figura 48).



**Figura 46 - Forno abóboda**  
Fonte: Autor (2014).



**Figura 47 - Montagem do forno para queima**  
**Fonte: Autor (2014).**



**Figura 48 - Emissões de poluentes por chaminés**  
**Fonte: Autor (2014).**

Os tijolos já prontos ficam empilhados na empresa até a venda, que é rápida, pois na maioria das vezes são produzidos atendendo a pedidos.

## 6.2 LEVANTAMENTO DA ÁREA DE EXTRAÇÃO DE ARGILA

A área em questão é responsável pelo fornecimento de matéria prima para grande parte das empresas estudadas, portanto será aqui relatada.

Localizada na latitude de 23°57'12,78 e longitude de 50°32'41,29 no Km 251 da Rodovia PR – 090 do município de Curiúva, Estado do Paraná, a área de lavra se estende por uma área de 9,6 hectares. Com topografia do terreno e entorno aparentando declividade suave moderada possui altitude de 900 metros, próximo ao divisor de águas e 700 metros aos arredores da lavra.

A formação do solo local se deu durante as eras primitiva e primária, sendo denominado como argissolo. Já o relevo possui topografia ondulada.

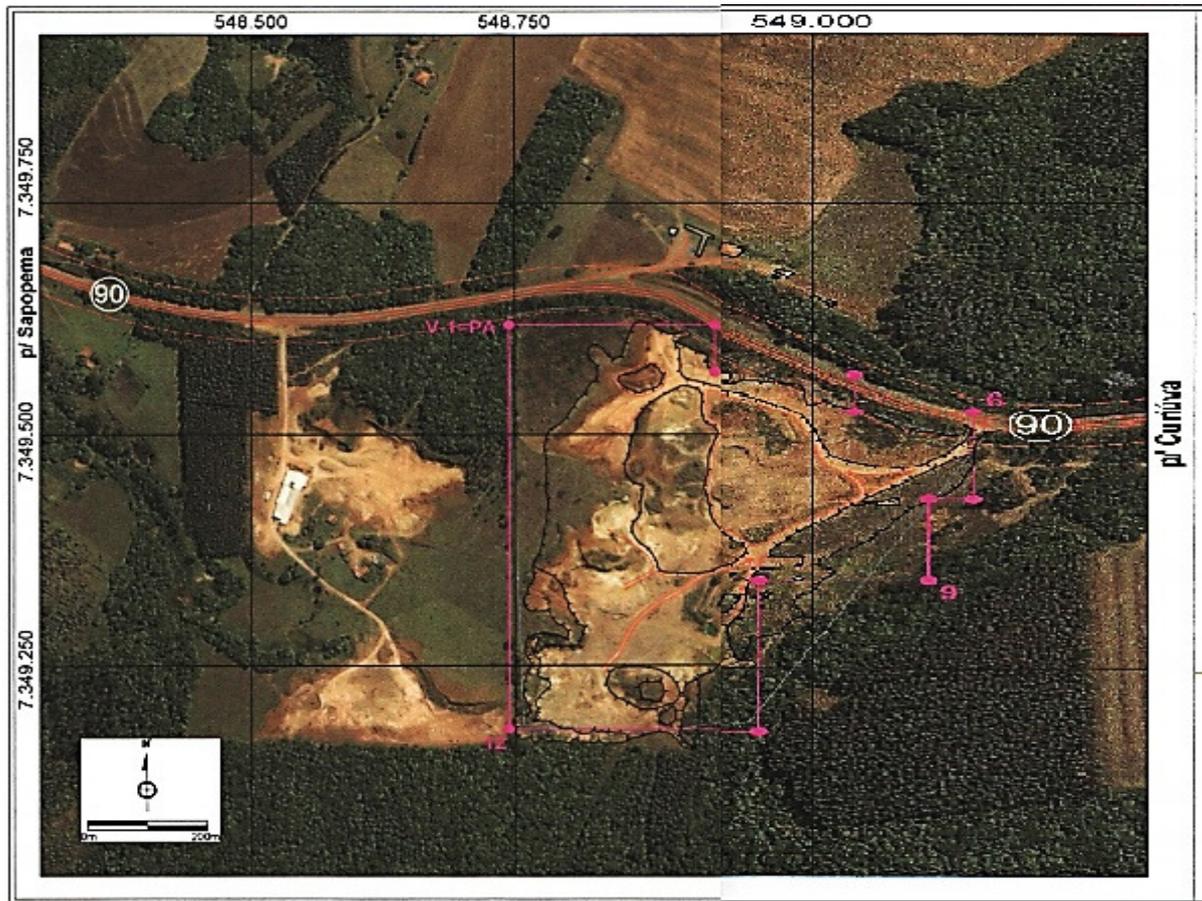
A litologia do grupo guata, com formação Rio Bonito, é aparente na área, onde se encontram argilas claras, amarelas e rosadas de média plasticidade, além de sedimentos arenosos; também têm-se essa litologia para a formação Palermo, sendo encontrados siltitos acimentados e amarelados na superfície.

A Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi domina a hidrografia local. A leste da área relatada passa um córrego que desemboca em outro córrego maior, seguindo até o Ribeirão Barra Grande que abastece o Rio Tibagi, distante 20 km do local, em linha reta. Para a atividade da lavra são 4 blocos projetados, sendo o bloco 1 distante 100 metros do primeiro córrego citado acima, o bloco 2 distante 60 metros, e os blocos 3 e 4 com distância de 50 metros.

As rochas sedimentares da bacia do Paraná influenciam no crescimento da vegetação regional, que é formada por campos limpos, capões e matas de galeria ao longo dos rios.

Em níveis produtivos a argila disposta nessa lavra, cuja coloração é avermelhada, pode alcançar uma produção de 4000 toneladas por mês. Na área de extração estima-se que há 1.152.000 toneladas de argila, esta sendo encontrada até uma profundidade maior de 6 metros. Porém levando em conta perdas de mineral por processos geológicos, solo fértil, impurezas presentes nas argilas, e perdas durante a lavra, conclui-se utilização de 90% da lavra, cerca de 1.036.800 toneladas.

A área de extração (Figura 49) possui vida útil da em torno de 21,6 anos. O fato da área apresentar extratos horizontalizados, bem definidos e com baixa cobertura permite que a retirada do minério aconteça a céu aberto pelo método de “lavra em bancadas”. Pela homogeneidade da argila descarta-se lavra seletiva.



**Figura 49 - Área de lavra**  
**Fonte: IAP (2006).**

O decapeamento do solo ocorre com a transferência de uma camada de solo fértil para um lugar em desuso da área. Essa camada retorna ao local de origem após esse ter passado pelo processo de extração, na intenção de recuperar a área.

Para o desenvolvimento da atividade de extração faz-se uso de maquinários como pá carregadeira e trator de esteiras. Enquanto que o transporte da matéria prima até o município de Jataizinho ocorre por carretas carga seca ou caminhões basculantes.

A fim de proteger o córrego contra o carreamento de sedimentos do solo, as frentes de lavra (Figura 50) possuem valas e bacias de decantação.



**Figura 50 - Frente de lavra**  
**Fonte: IAP (2006).**

Quanto aos impactos ambientais pela mineração a céu aberto, pode-se citar:

- Compactação do solo pela passagem dos maquinários: ocorre através do fluxo de maquinários pesados durante a extração e carregamento da argila. Pode acarretar quedas no preço do imóvel, degradação da área e inibição do desenvolvimento natural de plantas;
- Degradação da camada fértil do solo: devido os deslocamentos dessa camada para outras camadas vai ocorrendo perda de nutrientes;
- Modificação do relevo natural: se dá pelos processos de extração, sendo intensificado quando uma camada estéril sobrepõe uma camada de solo fértil;
- Alteração da drenagem comum: pela destinação incorreta dos resíduos sólidos originados nos processos de extração, podendo acarretar mudanças na direção e na velocidade do leito do córrego;
- Emissão de poeiras, gases e ruídos: prejudiciais à saúde nas épocas de seca, essas emissões se dão pela combustão incompleta dos veículos e pela mobilização do solo;
- Riscos de erosão pelo desmatamento: a falta de cobertura vegetal aumenta a força de impacto das gotas de chuva com o solo;
- Contaminação do solo pelo combustível do maquinário: acontece quando não há manutenção constante das máquinas; e
- Inclinação incorreta de taludes: gera falta de segurança aos trabalhadores.

Quanto à saúde pública não há pontos negativos, já que o trabalho de extração de lavra é salubre.

### 6.3 ALTURA EFETIVA DA PLUMA

Pela avaliação dos relatórios de emissão de poluentes foram levantados os seguintes dados, mostrados na Tabela 6.

**Tabela 6- Levantamento de dados das três cerâmicas fornecedoras do relatório**

	<b>Cerâmica 1</b>	<b>Cerâmica 2</b>	<b>Cerâmica 7</b>
<b>Altura da chaminé (m)</b>	22	11	18
<b>Diâmetro da chaminé (m)</b>	1,80	1	2
<b>Temperatura de queima do forno (°C)</b>	Dado indisponível	800	850
<b>Velocidade média dos gases = Velocidade de saída (m/s)</b>	0,07	6,40	0,16
<b>Temperatura de saída do poluente da chaminé (°C)</b>	68	186	62

Fonte: Autor (2014).

A partir dos dados expostos na Tabela 6 foi realizado o cálculo da altura efetiva das plumas geradas pelas emissões dos processos de queima das cerâmicas 1, 2 e 7. As equações utilizadas para o cálculo estão explicitadas no item 5.3 do título Materiais e Métodos, sendo apresentados na Tabela 7 os principais resultados obtidos.

**Tabela 7 - Altura efetiva das plumas geradas pelas Cerâmicas 1, 2 e 7**

	<b>T (kg/h)</b>	<b>P (mbar)</b>	<b>d<sub>c</sub> (m)</b>	<b>v = v<sub>c</sub> (m/s)</b>	<b>t<sub>c</sub> (k)</b>	<b>Δt<sub>c</sub> (k)</b>	<b>E (m)</b>	<b>A<sub>t</sub> (m)</b>	<b>A<sub>f</sub> = A<sub>t</sub> - E</b>
<b>Cerâmica 1</b>	0,32	1010	1,8	0,07	341	41	3,75	22	25,75
<b>Cerâmica 2</b>	0,66	1010	1	6,4	459	159	2,43	11	13,43
<b>Cerâmica 7</b>	0,091	1010	2	0,16	335	35	4,13	18	22,13

Fonte: Autor (2014).

Comparando as alturas efetivas das plumas apresentadas pela Tabela 7, os valores 3,75 m, 2,43 m, e 4,13 m, respectivamente das Cerâmicas 1, 2 e 7, estão de acordo com um dos padrões estabelecidos pelo Artigo 8º da resolução SEMA 016/14, pois considerando as alturas teóricas de suas chaminés – 22 m, 11 m, e 18 m, respectivamente, apresentam lançamento de efluentes à atmosfera sendo superior a 10 metros a acima do solo.

Já a exigência do padrão de 3 metros acima da edificação onde a fonte potencialmente poluidora está instalada é descumprida por algumas empresas, já que estas possuem mais de uma chaminé com formatos e tamanhos diferenciados. Porém, atualmente as empresas estão passando por processos de modernização e adequamento das normas ambientais, com trocas de fornos e derrubada ou modificação da estrutura das chaminés.

Por limitações práticas não foi possível verificar com medições a altura dos dutos em relação à altura das residências num raio de 300 metros. De forma visual algumas das empresas descumprem esse padrão.

## 6.4 LEVANTAMENTO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS E AVALIAÇÃO DOS SEUS POSSÍVEIS IMPACTOS LOCAIS

### 6.4.1 Estimativa das emissões atmosféricas das empresas cerâmicas

Através da literatura obtiveram-se os fatores de emissão dos compostos de óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre e material particulado emitidos durante queima de lenha e cavaco em caldeiras. Estes fatores são apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8 - Fatores de emissão por tipo de material combustível**

	NO <sub>x</sub> (ton./m <sup>3</sup> )	SO <sub>x</sub> (ton./m <sup>3</sup> )	MP (ton./m <sup>3</sup> )
Lenha	0,000428	0,000021	0,00251
Cavaco	0,000428	0,000021	0,0134

Fonte: CETESB (2009).

A partir do levantamento a campo foi possível obter o tipo e o consumo anual dos materiais combustíveis. Estes resultados são mostrados na Tabela 9.

**Tabela 9 - Consumo anual de material combustível pelas empresas estudadas**

Empresa	Material combustível	Consumo (m <sup>3</sup> /ano)
C1	Cavaco	3600
C2	Cavaco	14400
C3	Cavaco	14400
C4	Lenha	1440
C5	Lenha	576
C6	Lenha	1152
C7	Cavaco	12000
C8	Cavaco	9600
C9	Lenha	1440
C10	Cavaco	18000
C11	Lenha	480
C12	Lenha	2400

Fonte: Autor (2014).

As emissões atmosféricas dos poluentes emitidos pelo setor ceramista do município são apresentadas na Tabela 10. Estas estimativas se dão através da soma das emissões de cada indústria, obtidas a partir da Equação 5, onde foram relacionados os fatores de emissão dos compostos e o consumo anual de madeira - cavaco para as médias e grandes empresas e lenha para as pequenas empresas.

**Tabela 10 - Estimativas de emissões atmosféricas para poluentes do setor cerâmico de Jataizinho**

<b>Estimativas de emissões atmosféricas</b>	
<b>NO<sub>x</sub> (ton./ano)</b>	34,020864
<b>SO<sub>x</sub> (ton./ano)</b>	1,669248
<b>MP (ton./ano)</b>	983,59488
<b>CO (ton./ano)</b>	0,98

Fonte: Autor (2014).

Os valores estimados de emissão de monóxido de carbono são pouco significativos se comparado às emissões veiculares de automóveis, caminhões e ônibus, e motocicletas do município no ano de 2010, sendo respectivamente 28,5762 toneladas por ano, 3,9788 toneladas por ano e 25,2756 toneladas por ano.

Enquanto as estimativas de óxidos de nitrogênio se mostraram mais significativas quando comparadas às emissões por automóveis – 1,473 toneladas por ano, por caminhões e ônibus – 0,8232 toneladas por ano, e por motocicletas – 2,478 toneladas por ano, para o ano de 2010, no município de estudo.

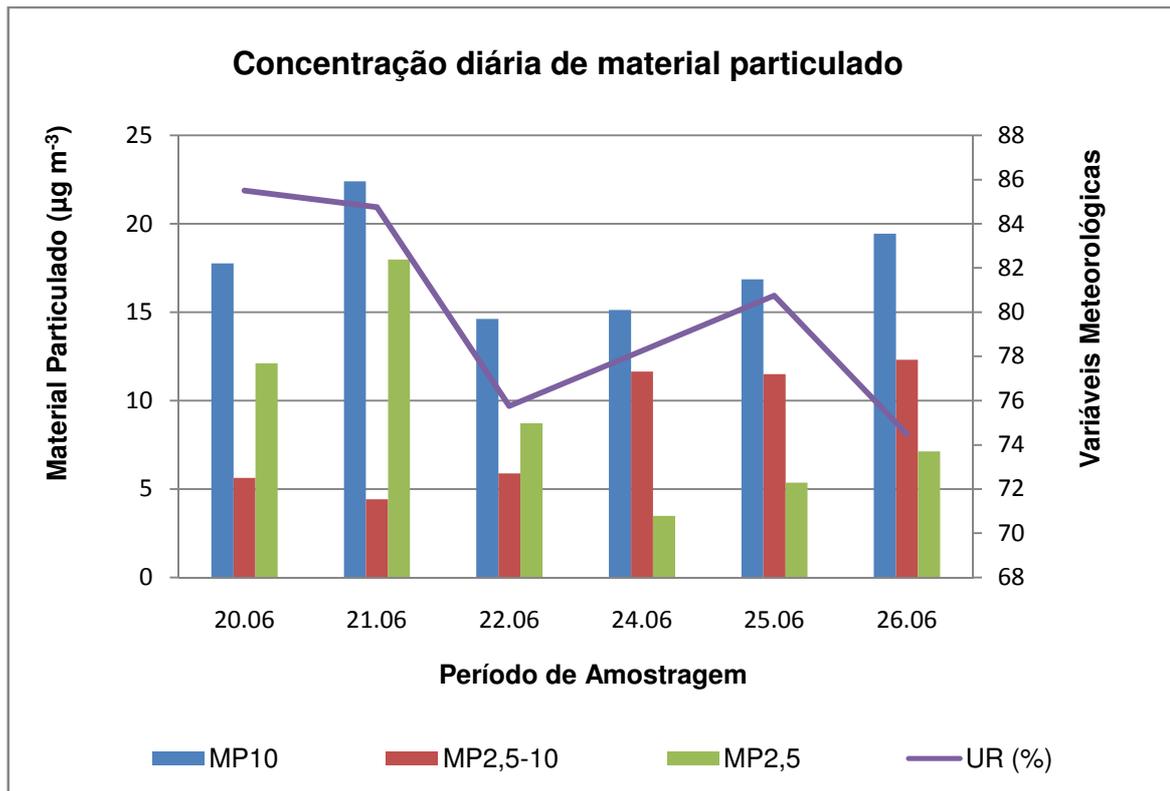
#### 6.4.2 Amostragem de material particulado

O ponto da coleta foi a chácara Saretto. Escolhido por oferecer segurança e proteção contra intempéries aos equipamentos, o local tem proximidade com as empresas cerâmicas, com a Rodovia BR – 369, com o meio urbano e com o Rio Tibagi, como pode ser visualizado na Figura 51.



**Figura 51 - Localização do ponto de coleta do material**  
**Fonte: Google Earth (2014).**

A Figura 52 mostra as concentrações de material particulado –  $MP_{10}$ ,  $MP_{2,5-10}$  e  $MP_{2,5}$  relacionadas com a umidade relativa de cada dia de coleta. Onde a ausência dos valores dos dias 19.06 e 23.06 se deve à perda de massa e a falta de pesagem em triplicata (instabilidade da balança) dos filtros 1 e 9, respectivamente.

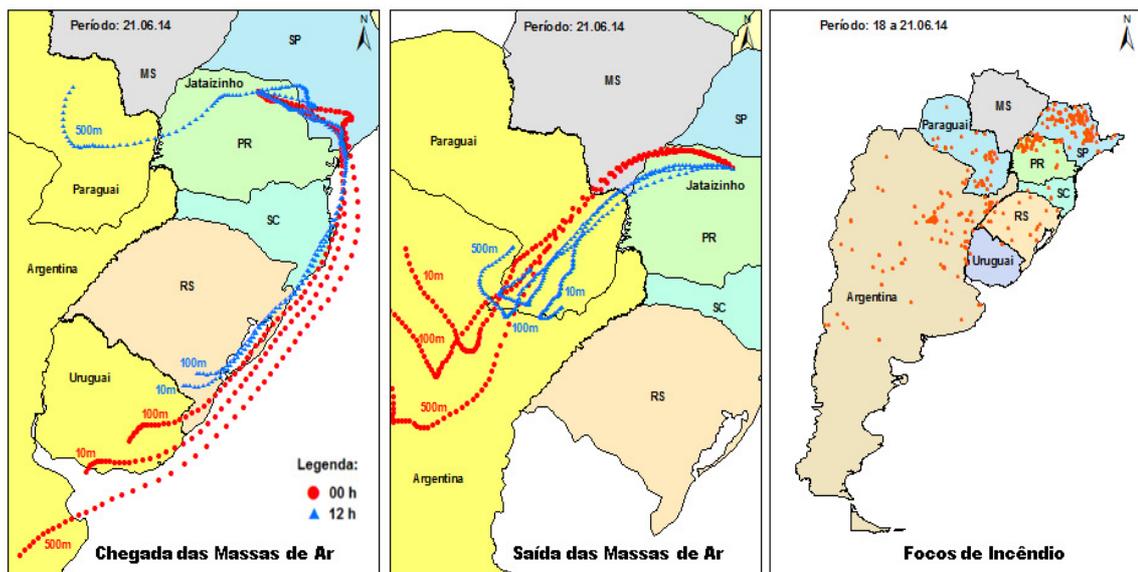


**Figura 52 - Gráfico de relação entre concentração de material particulado e umidade relativa**  
 Fonte: Autor (2014).

Pode-se visualizar na Figura 52 uma variação considerável nas concentrações coletadas de material particulado inalável. A umidade de 85,5% se deve a ocorrência de chuva na noite anterior do início da amostragem e sua tendência de queda pode ser explicada pela ausência de precipitação no período da coleta, o que eleva a concentração de partículas suspensas no ar, já que as gotas de água auxiliam na remoção do material particulado.

O dia 20.06 apresentou praticamente o dobro de concentração de partículas finas em relação às partículas grossas, respectivamente 12,1209 µg/m<sup>3</sup> e 5,6359 µg/m<sup>3</sup>. O fato de ter ocorrido precipitação dois dias antes pode ter influência nesses dados, já que ocorre maior emissão de partículas inaláveis finas devido aos processos industriais e de combustão dos veículos automotores.

O dia 21.06 representa a coleta de maiores concentrações de MP<sub>2,5</sub> - 17,9793 µg/m<sup>3</sup> e MP<sub>10</sub> - 22,3937 µg/m<sup>3</sup>. Possivelmente isso se deve a grande ocorrência de focos de incêndio apresentados pela CPTEC/INPE (2014), Figura 53, tendo São Paulo, Paraná e Paraguai os maiores índices de queimadas, e Santa Catarina os menores.



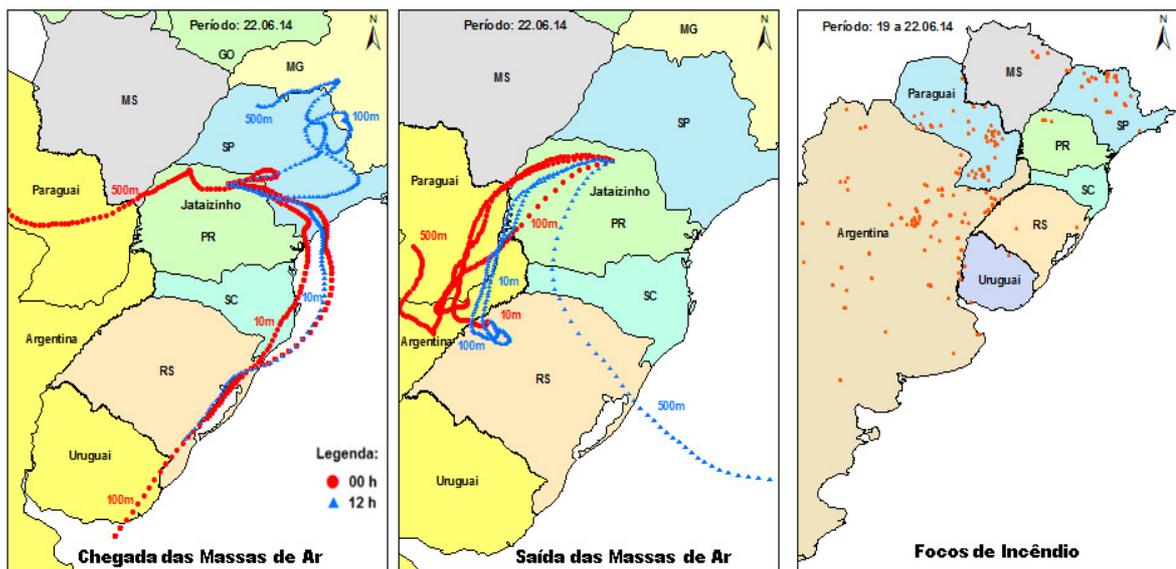
**Figura 53 – Trajetórias período de 18 a 21.06.2014**  
**Fonte: NOAA – Hysplit (2014).**

Outro fato de possível explicação para o pico de concentração de material particulado –  $MP_{2,5}$  no dia 21.06 foi a ocorrência de inversão térmica, já que esta é um fator meteorológico que dificulta o processo de dispersão dos poluentes no meio atmosférico.

Analisando a saída das massas de ar (Figura 53) percebe-se que o material particulado emitido por Jataizinho poderá contribuir nos índices de poluição de países como Paraguai e Argentina.

Já o dia 22.06 apresentou o menor pico de  $MP_{10}$  –  $14,6124 \mu\text{g}/\text{m}^3$  com decréscimo da concentração de  $MP_{2,5}$  e aumento na concentração de  $MP_{2,5-10}$ . Neste dia também foi relatado uma queda brusca na porcentagem de umidade relativa, chegando a 75,75%.

De acordo com o CPTEC/INPE (2014), Figura 54, não houve grandes quantidades de focos de incêndio ao longo da trajetória de chegada das massas de ar comparado com o dia 21.06. Possivelmente esse fato contribuiu para o resultado obtido. As massas de ar que saem de Jataizinho transportam parte do material particulado encontrado na cidade, que mesmo em pequenas concentrações podem acarretar aumento nos níveis de poluição do Paraguai e da Argentina.



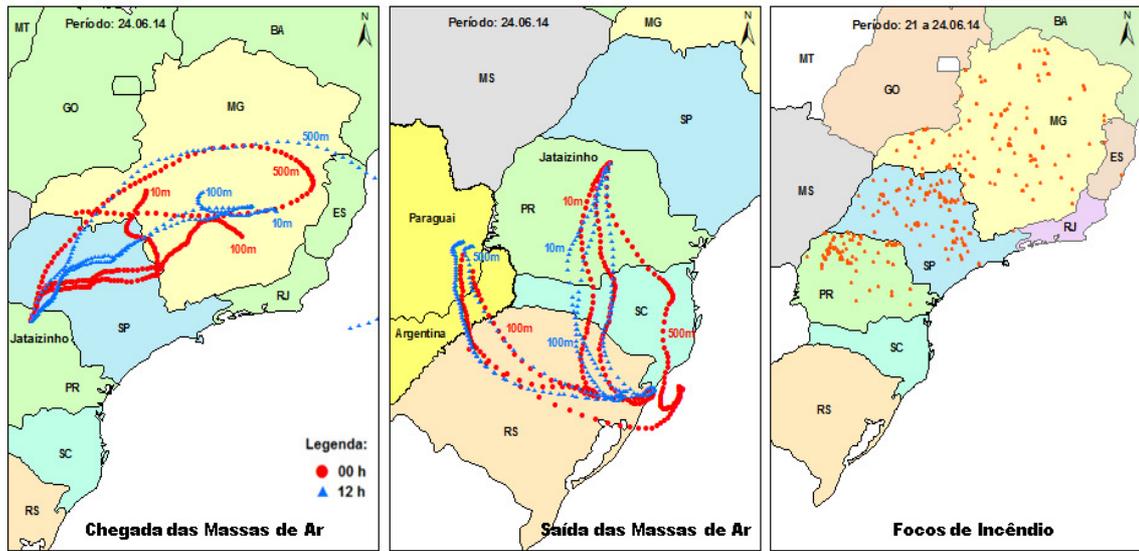
**Figura 54 – Trajetórias período de 19 a 22.06.2014**  
**Fonte: NOAA – Hysplit (2014).**

No período de 25 a 26.06 houve aumento nas concentrações coletadas de  $MP_{10}$  e  $MP_{2,5}$  e tendência de aumento para as partículas  $MP_{2,5-10}$  com valores próximos.

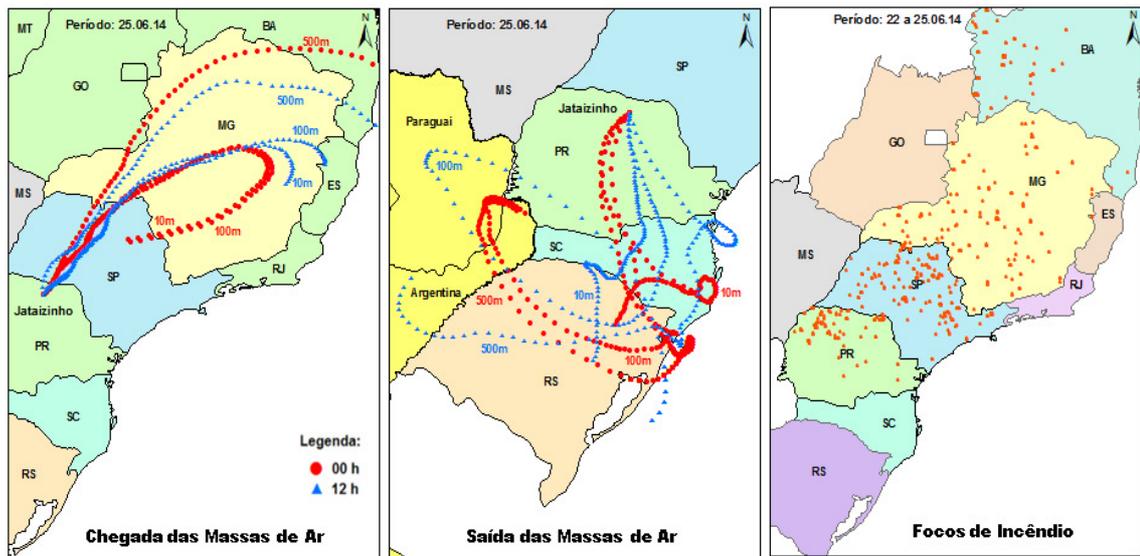
Os níveis com tendência crescente de concentração do  $MP_{2,5-10}$  podem ter sentido influência da decrescente umidade relativa desses dois últimos dias de coleta, permitindo um número maior de partículas grossas suspensas no ar.

O aumento na concentração de  $MP_{2,5}$  pode ter contribuição das partículas inaláveis finas, oriundas dos focos de incêndio, que foram deslocadas pelas massas de ar até o município de Jataizinho, local da amostragem.

CPTEC/INPE (2014) mostra nas Figuras 55, 56 e 57 o crescimento no número de focos de incêndio desse período em relação aos primeiros dias da coleta. Os Estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais foram os mais atingidos.



**Figura 55 – Trajetórias período de 21 a 24.06.2014**  
**Fonte: NOAA – Hysplit (2014).**



**Figura 56 – Trajetórias período de 22 a 25.06.2014**  
**Fonte: NOAA – Hysplit (2014).**

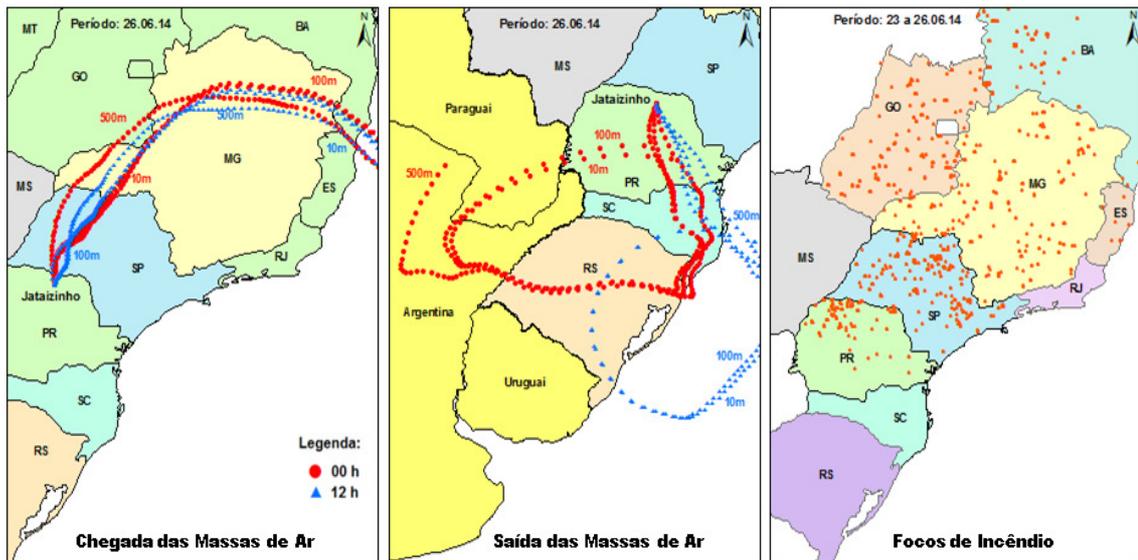


Figura 57 – Trajetórias período de 23 a 26.06.2014  
Fonte: NOAA – Hysplit (2014).

Ainda de acordo com o CPTEC/INPE (2014) o período de 23 a 26 junho de 2014 apresentou os maiores números de focos de incêndio, cujos estados dominantes foram Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Goiás.

Os Estados que receberam maior contribuição do material particulado fino por meio das saídas de massa de ar da cidade de Jataizinho foram para as regiões centro-sul e sudeste do Paraná e para os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Relacionando os valores de volume coletado com a massa média, foram alcançadas as concentrações médias de material particulado  $MP_{10}$ ,  $MP_{2,5-10}$  e  $MP_{2,5}$  da cidade de Jataizinho, apresentadas na Tabela 9.

Tabela 11 - Concentração do material particulado coletado

	Média ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Desvio Padrão
$MP_{10}$	17,10	$\pm 4,06$
$MP_{2,5-10}$	8,57	$\pm 3,61$
$MP_{2,5}$	8,54	$\pm 4,61$

Fonte: Autor (2014).

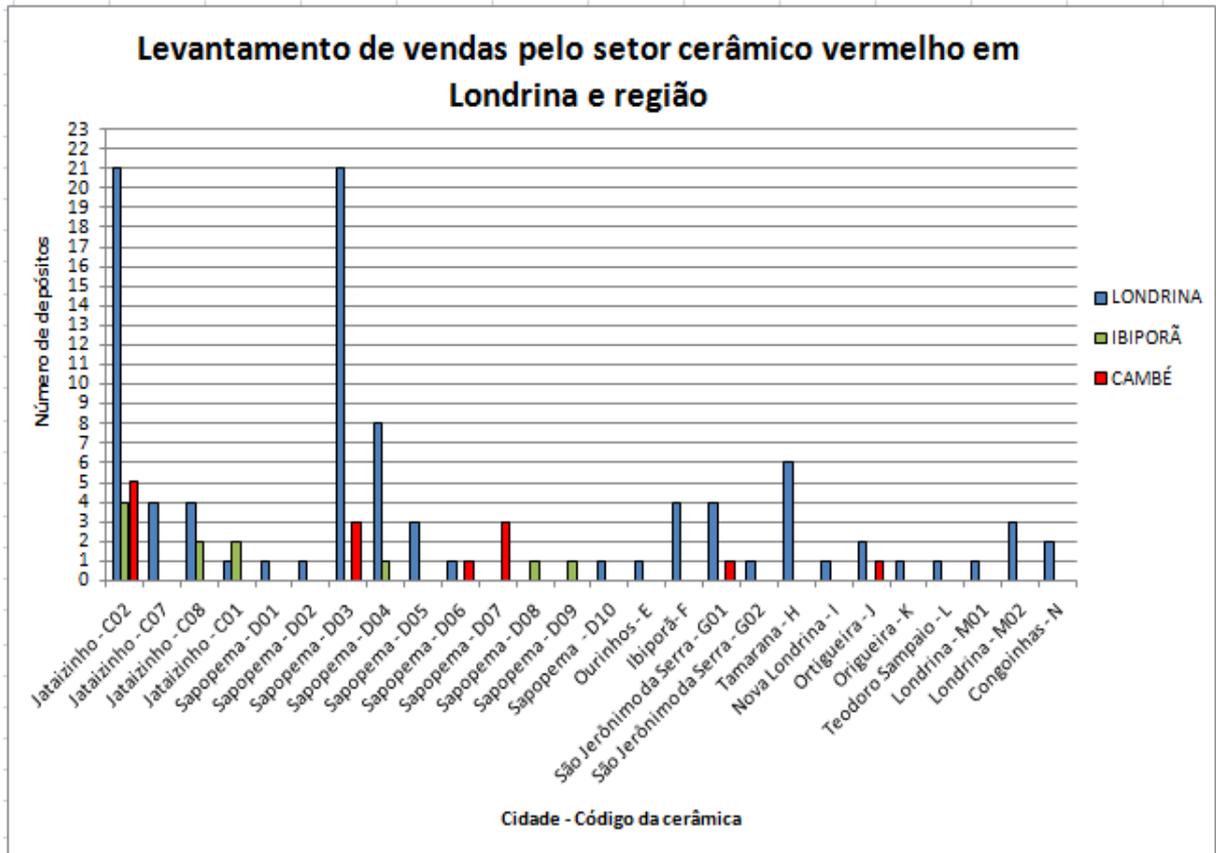
Assim, a concentração de  $17,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  não viola os padrões primário e secundário de partículas inaláveis –  $\text{MP}_{10}$  dos Padrões de Qualidade do Ar (PQAr) para o Estado do Paraná que é de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para um período de 24 horas. Indicando que o município de Jataizinho não exhibe índices preocupantes de poluição atmosférica por parte do material particulado.

## 6.5 LEVANTAMENTO DE MERCADO DE LONDRINA E REGIÃO

O levantamento se deu nos dias 03, 11 e 15 do mês de Abril do ano de 2014, sendo levantados 82 depósitos no município de Londrina, 10 na cidade de Ibiporã e 16 em Cambé.

Para o município de Londrina onde foram levantados 82 depósitos de materiais de construção foram obtidas 69 respostas, já que para 13 lojas não foi possível o contato via telefone ou não passaram a informação desejada. Já para as cidades de Ibiporã e Cambé foram obtidas 7 e 12 respostas, respectivamente. Os dados faltantes das duas cidades se devem à não obtenção do contato com os depósitos ou ao não fornecimento das informações desejadas, assim como no município de Londrina.

Alguns dos depósitos levantados compram tijolos de mais de uma empresa. A Figura 58 mostra o levantamento de vendas pelo setor cerâmico vermelho em Londrina e região.



**Figura 58 - Gráfico com Levantamento de vendas pelo setor cerâmico vermelho em Londrina e região**

Fonte: Autor (2014).

A partir das informações obtidas têm-se como dominantes do abastecimento de tijolos para o mercado da construção civil londrinense a empresa C02 de Jataizinho e D03 de Sapopema, ambas atendendo 21 depósitos.

O fato da Cerâmica C02 e D03 serem as responsáveis pela maior venda para os depósitos se deve a qualidade pela modernização e a produção em larga escala para pronta entrega, respectivamente das empresas.

Enquanto que para as cidades de Ibiporã e Cambé a cerâmica dominante foi a C02 do município de Jataizinho, atendendo 4 e 5 depósitos, respectivamente. A explicação do domínio de mercado por essa empresa já foi citada acima, além do menor custo de transporte pela distância com essa cerâmica.

Na Figura 59 também é possível visualizar o maior número de empresas cerâmicas - 10 empresas - representantes do município de Sapopema para vendas em Londrina e região, sendo 5 a mais que o município de Jataizinho que é representado por 4 empresas. Isso se deve às empresas de pequeno porte que produzem para atender o mercado local da cidade, além de uma dessas empresas

ser fabricante de produtos artesanais, atendendo lojas de tijolos para churrasqueiras e acabamentos, ao invés de depósitos de construção.

Ainda pode-se perceber que apenas duas cerâmicas representam a cidade de Londrina.

## 7. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível avaliar todo o ciclo de produção das empresas do setor de cerâmica vermelha no município de Jataizinho – PR. Tanto a origem da matéria prima, bem como o destino do produto final, os tijolos, puderam ser avaliados espacialmente. Em relação às instalações observou-se que, embora haja irregularidades, as empresas passam por processo de modernização com mudanças estruturais para adequação às normas ambientais. Observou-se também que, embora se trate de um município pequeno, sua contribuição para as emissões de poluentes atmosféricos é expressiva e deve ser considerada nos inventários de emissões industriais em uso e em desenvolvimento no país.

Para o  $\text{NO}_x$ , um precursor da formação de ozônio nos centros urbanos, por exemplo, as estimativas indicam que são produzidas cerca de mil toneladas ao ano do poluente, o que equivale a emissão de uma frota veicular do porte de Londrina. Portanto, não considerar o setor de cerâmica vermelha na elaboração dos inventários ora em progresso no país, pode conduzir a avaliações tendenciosas sobre a real contribuição do Brasil no aumento de gases na atmosfera.

Por outro lado, em relação à concentração de material particulado, realizou-se a primeira campanha de medidas independentes de material particulado em área residencial na vizinhança das cerâmicas e os resultados indicam concentrações dentro dos Padrões de Qualidade do Ar para o Estado do Paraná. Embora esteja junto ao vale de um importante rio, observa-se que a cidade de Jataizinho apresenta bom nível de circulação de ventos, o que facilita a dispersão dos poluentes do setor de cerâmica, mas também pode ser influenciada pela contribuição de poluentes com origem em regiões distantes, como demonstrado através das trajetórias de parcela de ar.

Do ponto de vista de mercado observa-se que praticamente toda a produção é consumida regionalmente, bem como o consumo regional também abastecido essencialmente pelo setor. Trata-se de uma importante contribuição deste trabalho de pesquisa e que pode balizar uma avaliação do cenário nacional para a emissão de gases, tomando como base uma lógica reversa que, partindo do mercado consumidor, possa produzir estimativas razoáveis de contribuição do setor de cerâmicas.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Cerâmica - ABC. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br/site/index.php?area=4>>. Acesso em: 04. jan. 2014.

Associação Nacional da Indústria Cerâmica - ANICER. **Diagnóstico da indústria de cerâmica vermelha no estado do Rio de Janeiro**.p. 9 – 27. Disponível em: <<http://www.anicer.com.br/>>. Acesso em: 04. jan. 2014.

Associação Nacional da Indústria Cerâmica - ANICER. Disponível em <<http://www.anicer.com.br/index.asp?pg=institucional.asp&secao=3&categoria=60&seMenu=4>>. Acesso em: 02. jan. 2014.

BOÇON, F. T. **Modelagem matemática do escoamento e da dispersão de poluentes na micro escala atmosférica**, p. 2 - 3, Florianópolis, 1998.

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João G. L.; MIERZWA, José C.; BARROS, Mario T. L. de; SPENCER, Milton; PORTO, Monica; NUCCI, Nelson; JULIANO, Neusa; EIGER, Sérgio. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRANCO, Samuel M.; MURGEL, Eduardo. **Poluição do ar**. 2. ed. Reform. São Paulo: Moderna, 2004.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia. IPEF – instituto de pesquisas e estudos florestais. **Revista Circular Técnica**, n. 52, p. 2-4, 1979. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr052.pdf>>. Acesso em: 10. jan. 2014.

BUENO, Flavia F. **Qualidade do ar e interações por doenças respiratórias em crianças, no município de Divinópolis, MG, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Educação, Cultura e Organizações Sociais) - Curso de Mestrado da Fundação Educacional de Divinópolis, Universidade Estadual de Minas Gerais, Divinópolis, abril, 2008. Disponível em: <<http://www.funedi.edu.br/files/mestrado/Dissertacoes/TURMA3/DissertacaoFlaviaFBueno.pdf>>. Acesso em: 24. jan. 2014.

BUSTAMANTE, Gladstone M.; BRESSIANI, José C. A indústria cerâmica brasileira. **Revista cerâmica industrial**, São Paulo, v.5, n.3, Mai/Jun.2000. Disponível

em:<[http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v05n03/v5n3\\_5.pdf](http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v05n03/v5n3_5.pdf)>. Acesso em: 22. set. 2013.

CAMARINHA, Gilberto C. **Determinação Quantitativa de Fontes de Material Particulado Inalável na Atmosfera da Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://tpqb.eq.ufrj.br/download/material-particulado-inalavel-na-atmosfera-do-rj.pdf>>. Acesso em: 10. jul. 2014.

CASTRO, Hermano. A. et al. Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 6, n. 2, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbepid/v6n2/07.pdf>>. Acesso em: 19. dez. 2013.

CELLI, Carlos E.; TEIXEIRA, Douglas; BACHIEGA, Eduardo; MACHADO, Ana P. G.; BRUNO, Ricardo L.; CARVALHO, Wanda M. de; AGUIAR, Mônica L.; COURRY, José R. Concentração de material particulado suspenso na atmosfera em São Carlos – SP. **Revista Nota Técnica**, Vol. 8 – n. 1, p. 6-12, 2003. Disponível em: <<http://abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v8n12/v8n12n01.pdf>>. Acesso em: 08. Jul. 2014.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Padrões de qualidade do ar. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/Informa%C3%A7%C3%B5es-B%C3%A1sicas/22->>>. Acesso em: 13. jan. 2014.

\_\_\_\_\_. **Inventário de emissões das fontes estacionárias do Estado de São Paulo**. Manual de Preenchimento. p. 16. Novembro, 2009.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Poluentes. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/Informa??es-B?sicas/21-Poluentes#mp>>. Acesso em: 08. jul. 2014.

Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução número 003/1990 - **Dispõe sobre a ampliação do número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle no Brasil**. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acesso em: 21. dez. 2014.

\_\_\_\_\_. Resolução número 05/89 - **Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR**. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res89/res0589.html>>. Acesso em: 20. jan. 2014.

COSTA, Lilian C. et al. Aplicação do sistema de projeção de poluição industrial (modelo IPPS) na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (Rio de Janeiro, Brasil): estudo de caso. **Revista Cadernos Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.19, n. 1, 2011. Disponível em: <<http://www6.ensp.fiocruz.br/repositorio/sites/default/files/arquivos/Aplica%C3%A7%C3%A3o%20do%20IPPS.pdf>>. Acesso em: 22. dez. 2013.

CPTEC/INPE. **Focos de Queimadas**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acesso em: 20. Jul. 2014.  
NOAA - HYSPLIT

DERISIO, José C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4. ed. São Paulo: Editora de Textos, 2012.

Draxler, R.R. and Rolph, G.D., 2013. **HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website** (<http://www.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>). NOAA Air Resources Laboratory, College Park, MD.

Empresa Concessionária de Rodovias do Norte S/A – ECONORTE. Triunfo, 2010. Disponível em: <[http://www.econorte.com.br/trecho\\_administrado.asp](http://www.econorte.com.br/trecho_administrado.asp)>. Acesso em: 07. Jul. 2014.

ETENE - Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. Informe Setorial Cerâmica Vermelha. Banco do Nordeste do Brasil S/A. Outubro, 2010. Disponível em: <[http://www.banconordeste.gov.br/content/aplicacao/etene/etene/docs/ano4\\_n21\\_informe\\_setorial\\_ceramica\\_vermelha.pdf](http://www.banconordeste.gov.br/content/aplicacao/etene/etene/docs/ano4_n21_informe_setorial_ceramica_vermelha.pdf)>. Acesso em: 22. jun. 2014.

Federação dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção e do Mobiliário do Estado do Paraná – FETRACONSPAR. **Museu histórico de Jataizinho**. 2012. Disponível em <[http://fetraconspar.org.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=17878:museu-de-jataizinho-guarda-ceramicas-historicas&catid=168:parana&Itemid=100](http://fetraconspar.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=17878:museu-de-jataizinho-guarda-ceramicas-historicas&catid=168:parana&Itemid=100)> Acesso 24. Outubro. 2013.

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler– FEPAM. Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqar.asp>>. Acesso em: 05. jan. 2014.

Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM. Monitoramento da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte no Ano Base de 2011. **Relatório Técnico**, Jan. 2013. Disponível em: <[http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2013/relatorio\\_de\\_qualidade\\_do-ar\\_2011\\_final.pdf](http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2013/relatorio_de_qualidade_do-ar_2011_final.pdf)>. Acesso em: 12. jan. 2014.

\_\_\_\_\_. **Plano de Ação para Adequação Ambiental e Energética das Indústrias de Cerâmica Vermelha no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Jun. 2012. Disponível em: <[http://www.feam.br/images/stories/producao\\_sustentavel/plano\\_acao\\_ceramica\\_vermelha.pdf](http://www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/plano_acao_ceramica_vermelha.pdf)>. Acesso em: 20. jun. 2014.

GRIGOLETTI, Giane de C.; SATTLER, Miguel A. Estratégias ambientais para indústrias de cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, Jul./Set. 2003. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3492/1893>>. Acesso em: 02. jan. 2014.

HOLANDA, Romildo M. de; SILVA, Barbosa B. da. Cerâmica Vermelha – Desperdício na Construção Versus Recurso Natural Não Renovável: Estudo de Caso nos Municípios de Paudalho/PE e Recife/PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 04, fev. 2011. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/152/215>>. Acesso em: 02. jan. 2014.

Instituto ambiental do Paraná – IAP. 2014. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=131>>. Acesso em: 20. jan. 2014.

\_\_\_\_\_. Plano de Recuperação e Controle Ambiental. Curitiba. Outubro, 2006.

\_\_\_\_\_. Relatório Anual da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Curitiba. 2012. Disponível em: <[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Monitoramento/Relatorio\\_Qualidade\\_do\\_Ar\\_Anuar\\_IAP\\_2012.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Monitoramento/Relatorio_Qualidade_do_Ar_Anuar_IAP_2012.pdf)>. Acesso em: 20. jan. 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2013. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=411270>>. Acesso em: 03. jan. 2014.

Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES. 2013. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/Montapdf.php?Municipio=86210>>. Acesso em: 16. nov. 2013.

JATAIZINHO: Agenda Local. Londrina: Local Publicações, 2013. Guia telefônico.

JUNIOR, Marsis C. et al. A Indústria de Cerâmica Vermelha e o Suprimento Mineral no Brasil:Desafios para o Aprimoramento da Competitividade. **Cerâmica Industrial**, v. 17, n. 1, Jan./Fev. 2012. Disponível em: <<http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v17n1/v17n1a05.pdf>>. Acesso em:22. dez. 2013.

KAWAGUTI, Wagner. M. **Estudo do comportamento térmico de fornos intermitentes tipo “paulistinha” utilizados na indústria de cerâmica vermelha.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, novembro,2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/101786/225828.pdf?sequencia=1>>. Acesso em: 22. dez. 2013.

KCC – GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA LTDA. **Estudo da dispersão atmosférica de poluentes, utilizando o modelo ISCST3 (Industrial Source Complex) para a usina termoeétrica de Agudos do Sul (município de Agudos do Sul - PR).** Curitiba, out. 2009. Pag. 20. Disponível em: <[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/EIA\\_RIMA/USINA\\_TERMOELETRICA\\_KCC/Estudo\\_de\\_Dispersao\\_Atmosferica\\_KCC\\_22102009.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/EIA_RIMA/USINA_TERMOELETRICA_KCC/Estudo_de_Dispersao_Atmosferica_KCC_22102009.pdf)>. Acesso em: 10. Jul. 2014.

LISBOA, Henrique de M; KAWANO, Mauricy. **Controle da poluição atmosférica.** Canadá, Montreal, Dez. 2007.

<sup>a</sup>LISBOA, Henrique de M. **Controle da poluição atmosférica.** Introdução.Canadá, Montreal,Dez. 2007.

<sup>b</sup> LISBOA, Henrique de M. **Controle da poluição atmosférica.** Fontes de poluição atmosférica. Canadá, Montreal, Dez. 2007.

<sup>c</sup> LISBOA, Henrique de M.**Controle da poluição atmosférica.** Meteorologia e dispersão atmosférica.Canadá, Montreal,Dez. 2007.

LOPES, Fabio. **Caracterização química do material particulado suspenso na atmosfera empregando a fluorescência de raios X dispersiva em energia (EDXRF)**. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, ago. 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64132/tde-03072007-181203/pt-br.php>>. Acesso em: 20. jun. 2014.

MASSEI, R. Técnicas, tecnologias e impacto ambiental. A cerâmica vermelha no estado do Paraná. **Anais do XXVI Simpósio Nacional de História – ANPUH**. São Paulo, p. 8, 2011. Disponível em: <[http://www.snh2011.anpuh.org/resources/anais/14/1308160462\\_ARQUIVO\\_ANPUH\\_SimpósioNacional\\_2011\\_Texto.pdf](http://www.snh2011.anpuh.org/resources/anais/14/1308160462_ARQUIVO_ANPUH_SimpósioNacional_2011_Texto.pdf)>. Acesso em: 03. set. 2013.

Ministério de minas e energia – MME. **Relatório técnico 32 – Perfil da argila**, p. 23, setembro 2009. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano\\_duo\\_decenal/a\\_mineracao\\_br\\_asileira/P23\\_RT32\\_Perfil\\_da\\_Argila.pdf](http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_br_asileira/P23_RT32_Perfil_da_Argila.pdf)>. Acesso em: 20. jun. 2014.

MOREIRA, Davidson M. et al. Meteorologia e poluição atmosférica. **Revista Ambiente e Sociedade**, Campinas, vol. 11, n. 1, Jan./Jun. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v11n1/01.pdf>>. Acesso em: 09. jan. 2014.

Museu de Jataizinho. Caderno Norte Pioneiro - **Jornal Folha de Londrina**, Londrina, p.1, 2012.

NEDEL, Anderson S. **Aplicação de um modelo de dispersão atmosférico na região de Candiota - RS e sua relação com as condições meteorológicas**. Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5572/000516935.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 13. jan. 2014.

POLIDORO, Maurício; BARROS, Mirian V. F.; LOLLO, José A. de; MARCHETTI, Márcio C. **Análise multitemporal da evolução da mancha urbana no entorno da br-369 dos municípios paranaenses**. Porto Alegre, Jul. 2010. Disponível em: <[http://www.uel.br/projetos/atlasrml/publicacoes/anais/eng\(1666\).pdf](http://www.uel.br/projetos/atlasrml/publicacoes/anais/eng(1666).pdf)>. Acesso em: 29. jun. 2014.

Política Nacional do Meio Ambiente. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 – **Dispõe sobre questões ambientais.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: 15. nov. 2013.

POZZA, Simone A. **Características temporais da concentração de material particulado na atmosfera da cidade de São Carlos – SP.** (Tese de doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009. Disponível em: <[http://www.btd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=2257](http://www.btd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2257)>. Acesso em: 08. jul. 2014.

PROCLIRA – Clima e Ambiente. Atmosfera/Módulo 2. Out. 2007. Disponível em: <<http://www.proclira.uevora.pt/modulos/modulo2.pdf>>. Acesso em: 13. jan. 2014.

REIS, José C. dos. **Olarias: espaço de subsunção formal ou real?** Curitiba: Aos Quatro Ventos, 2002.

Rodovias e estradas do Paraná. 2010. Disponível em: <<http://www.sopassagemdeonibus.com/rodovias-estradas/estado-parana.htm>>. acesso em: 20. jan. 2014.

SANTOS, Gabriel. M. dos. **Estudo do comportamento térmico de um forno túnel aplicado à indústria de cerâmica vermelha.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 2, 2001. Disponível em: <[http://srv.emc.ufsc.br/labtermo/siteLabCET/publicaV/diss\\_cerV/D1\\_Dissertacao%20Gabriel%20Mann%20dos%20Santos.pdf](http://srv.emc.ufsc.br/labtermo/siteLabCET/publicaV/diss_cerV/D1_Dissertacao%20Gabriel%20Mann%20dos%20Santos.pdf)>. Acesso 29. Nov. 2013.

SANTOS, Helder Manuel da C. et al. Identificação e análise dos principais impactos ambientais provocados por olarias no município de Tabatinga – Amazonas. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 29, Mar. 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15789/8926>>. Acesso em: 23. dez. 2013.

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA. Resolução número 054/2006 – **Dispõe sobre emissões atmosféricas.** Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publica/media/res05423191.pdf>> Acesso 03. Agosto. 2013.

\_\_\_\_\_. Resolução número 016/2014 – **Dispõe sobre emissões atmosféricas.** Disponível em:

<[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao\\_ambiental/Legislacao\\_estadual/RESOLUCOES/RES\\_SEMA\\_016\\_2014.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/RES_SEMA_016_2014.pdf)> Acesso: 25. Julho. 2014.

Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM. **Anuário Estatístico: Setor de Transformação de Não Metálicos**. p. 31, 2009. Disponível em:

<[http://www.macropolitica.com.br/docs/Anuario\\_Estatistico\\_do\\_Setor\\_de\\_Transformacao\\_de\\_nao\\_metalicos\\_2009.pdf](http://www.macropolitica.com.br/docs/Anuario_Estatistico_do_Setor_de_Transformacao_de_nao_metalicos_2009.pdf)>. Acesso em: 22. jun. 2014.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE. 2013. Disponível em <<http://www.sebrae.com.br/setor/ceramica-vermelha>>. Acesso em: 13. dez. 2013.

\_\_\_\_\_. Estudos de mercado - Cerâmica Vermelha para construção: telhas, tijolos e tubos. p. 11 - 34, 2008. Disponível em: <[http://bis.sebrae.com.br/GestorRepositorio/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/C5B4284E12896289832574C1004E55DA/\\$File/NT00038DAA.pdf](http://bis.sebrae.com.br/GestorRepositorio/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/C5B4284E12896289832574C1004E55DA/$File/NT00038DAA.pdf)>. Acesso em: 11. dez. 2013.

Serviço Geológico do Paraná - MINEROPAR. Minerais do Paraná S. A. **O setor da cerâmica vermelha no Paraná**. Curitiba: IPARDES, p. 5 – 17, 1997. Disponível em: <[http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/relatorios\\_concluidos/02\\_relatorios\\_concluidos.pdf](http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/relatorios_concluidos/02_relatorios_concluidos.pdf)>. Acesso em: 13. nov. 2013.

\_\_\_\_\_. **Reavaliação das atividades do pro-cerâmica**. Curitiba – Paraná, p. 46 - 47, 2013. Disponível em: <[http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/Pro-Ceramica/Reavaliacao\\_das\\_Atividades\\_do\\_Pro\\_Ceramica.pdf](http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/Pro-Ceramica/Reavaliacao_das_Atividades_do_Pro_Ceramica.pdf)> Acesso em: 15. nov. 2013.

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI Dendezeiros. Cadastro da cerâmica vermelha. Bahia, nov. 2002.

SILVA, Robert G. et al. Identificação de riscos do posto de trabalho do forneiro em uma indústria cerâmica de imperatriz / MA. **Revista INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção**, v. 2, n. 2, Fev. 2010. Disponível em: <[http://www.ingepro.com.br/Publ\\_2010/Fev/194-548-1-PB.pdf](http://www.ingepro.com.br/Publ_2010/Fev/194-548-1-PB.pdf)>. Acesso em: 23. out. 2013.

SOUSA, E. M. R.; SALES, G.; DUANY, K.; QUEIROZ, M. F. E. **Diagnóstico dos problemas ambientais ocasionados pela extração de argila, na olaria sul no**

**município de conceição do Araguaia-PA**, p.1, 2013. Disponível em: <[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:WDTqJu79DDUJ:meioambientepocos.com.br/portal/anais/arquivos2013/236\\_DIAGN%25C3%2593STICO%2520DOS%2520PROBLEMAS%2520AMBIENTAIS%2520OCASIONADOS%2520PELA%2520EXTRA%25C3%2587%25C3%2583O%2520DE%2520ARGILA.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:WDTqJu79DDUJ:meioambientepocos.com.br/portal/anais/arquivos2013/236_DIAGN%25C3%2593STICO%2520DOS%2520PROBLEMAS%2520AMBIENTAIS%2520OCASIONADOS%2520PELA%2520EXTRA%25C3%2587%25C3%2583O%2520DE%2520ARGILA.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)>. Acesso em: 17. set. 2013.

STIER, Kumagae K. Jataizinho: as olarias e cerâmicas na ocupação do espaço. Revista Geografia das Indústrias, p. 29 – 30. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/viewFile/9790/8580>>. Acesso em: 13. out. 2013.

TEIXEIRA, Miguel Ângelo. C. Modelos integrais de plumas de dispersão atmosférica de gases quentes. **Relatório de Estágio Profissionalizante**. Julho, 1995. Disponível em: <<http://webpages.fc.ul.pt/~mateixeira/estagio.pdf>>. Acesso em: 13. jan. 2014.

TESSAROLO, Luciana de F. Análise da qualidade do ar em três locais no estado de São Paulo com características distintas de desenvolvimento econômico. Dissertação (Mestrado em meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Maio, 2012. Disponível em: <<http://mtc-m19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2012/05.08.14.06/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 19. jan. 2014.

VERAS, Ricardo P. et al. Impactos ambientais provocados pela queima de lenha nas cerâmicas do município de Parelhas/RN. **Revista Litteris**, n. 12, set. 2013. Disponível em: <[http://revistaliter.dominiotemporario.com/doc/RL\\_12\\_Impactos\\_ambientais\\_\\_ricardo\\_veras.pdf](http://revistaliter.dominiotemporario.com/doc/RL_12_Impactos_ambientais__ricardo_veras.pdf)>. Acesso em: 06. jan. 2014.

ZAMBRANO, G. J. D. **Modelagem matemática da dispersão atmosférica de material particulado em uma cerâmica estrutural**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior em Engenharia Ambiental. Universidade Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000044/0000448B.pdf>>. Acesso em: 06. jan.2014.