



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE TECNOLOGIA E GESTÃO AMBIENTAL
MESTRADO EM TECNOLOGIA E GESTÃO AMBIENTAL

NEIDE MARIA DA COSTA MOURA

**ESTUDO DE MONITORAMENTO DA EMISSÃO DE PARTICULADO POR
INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA NO DISTRITO DE FLORES -
MUNICÍPIO DE RUSSAS, CE**

Fortaleza (CE)
2014

NEIDE MARIA DA COSTA MOURA

**ESTUDO DE MONITORAMENTO DA EMISSÃO DE PARTICULADO POR
INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA NO DISTRITO DE FLORES -
MUNICÍPIO DE RUSSAS, CE**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará como requisito para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Adeildo Cabral da Silva.

Coorientação: Prof. Dr. Maria Elisa Zanella

Fortaleza (CE)
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M929e Moura, Neide Maria da Costa.
Estudo de monitoramento da emissão de particulado por indústrias de cerâmica vermelha no distrito de Flores - Município de Russas, CE / Neide Maria da Costa Moura. - 2014.
76 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Tecnologia em Gestão Ambiental, Campus Fortaleza, 2014.
Orientação: Prof. Dr. Adeildo Cabral da Silva.
Coorientação: Profa. Dra. Maria Elisa Zanella.
1. Material particulado. 2. Indústria cerâmica. 3. Biomassa. 4. Combustão. I. Título.

ESTUDO DE MONITORAMENTO DA EMISSÃO DE PARTICULADO POR
INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA NO DISTRITO DE FLORES - MUNICÍPIO
DE RUSSAS, CE

Dissertação submetida à Coordenação do
Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e
Gestão Ambiental do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
como requisito para obtenção do grau de
Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Adeildo Cabral da Silva

Coorientação: Prof. Dr. Maria Elisa Zanella.

Aprovada em ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. Adeildo Cabral da Silva (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

Prof. Dr. Rinaldo dos Santos Araújo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

Prof. Dr. Gilmar Lopes Ribeiro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para a realização desse trabalho de pesquisa. Alguns pararam para me escutar e estender as mãos quando algo me inquietava e ocupava minha mente com angústia, medo e vontade de desistir. Outros, mesmo com palavras desencorajadoras me impulsionaram para o alto, causando-me o desejo de mostrar capaz diante das adversidades.

Apreendi tantas coisas com tantas pessoas que só me restou agradecer a todos que, de alguma forma, me ajudaram nessa conquista e me ofereceram a oportunidade de seguir sempre em frente. Restou-me somente expressar meu reconhecimento e minha gratidão a aqueles que, de forma direta e indireta, me ajudaram na execução deste trabalho.

A Deus pela orientação da alma e pelo sucesso alcançado.

Aos Professores Dr. Adeildo Cabral da Silva, orientador e amigo; Dra. Maria Elisa Zanella, coorientadora; Ao IFCE, Campus Fortaleza e Campus Limoeiro do Norte por disponibilizar os laboratórios; Aos profissionais do Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental – LERCA.

Aos colegas de mestrado, Phyllipe, Tailena, Nayana, Reuben e Gizeuda. Obrigada pelo apoio e amizade, como também aos bolsistas do LERCA, Raul e Cristovão, que foram me ajudar com os equipamentos e que também participaram dessa jornada e muito me ajudaram a realizar esse sonho.

A minha família que colaborou diretamente com este trabalho;

Não poderia esquecer o administrador e gerente da indústria de cerâmicas, que me abriram as portas para realizar minhas pesquisas. O caminho que percorri foi longo e bastante tortuoso, mas sem o apoio e ajuda das pessoas e instituições citadas, eu não teria a oportunidade de avaliar os impactos ambientais causados pela indústria ceramista no distrito de Flores, município de Russas.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Demonstrativo de episódios representativos.....	43
Quadro 2 – Medidas estabelecidas pela OMS para níveis de Material Particulado na amostragem.....	53
Quadro 3 – Concentração de MP2,5 da área externa do episódio 3.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Demonstrativo das áreas que compõem uma cerâmica.....	19
Figura 2- Processo de queima da cerâmica.....	22
Figura 3 – Processo de secagem de cerâmicas no pátio da indústria.....	22
Figura 4 - Gráfico da curva hipotética de queima de cerâmica vermelha.....	23
Figura 5 - Fotografia da cidade de Russas.....	36
Figura 6 – Mapa com a localização do município de Russas.....	36
Figura 7 - Foto do forno tipo hoffmann.....	37
Figura 8 - Chaminés das cerâmicas de Flores.....	38
Figura 9 - Localização das cerâmicas no distrito de Flores em Russas Ceará...	39
Figura 10 - GPS da Marca GARMIN.....	40
Figura 11- Estação Meteorológica Automática do IFCE - Fortaleza (LERCA).....	41
Figura 12 - Estação Meteorológica do IFCE - Limoeiro do Norte (UEPE).....	41
Figura 13 - Met One 831: medidor de partículas MP ₁ ; MP _{2,5} ; MP ₄ e MP ₁₀	42
Figura 14 - Mini Vol TAS: Medidor de Partículas MP _{2,5}	44
Figura 15 - Membranas de Filtração em PTFE, utilizadas na coleta de MP _{2,5} na área externa das micas de Flores/Russas.....	45
Figura 16 - Balança de precisão utilizada na pesagem das membranas de filtração em PTFE.....	46
Figura 17- Câmara de dessecação usada para remover a umidade dos filtros de coleta do material particulado.....	47
Figura 18 - Localização das cerâmicas do distrito de Flores em Russas, Ceará como referencia a empresa usada no processo de MP.....	48
Figura 19 - Pontos de coleta de áreas internas.....	49
Figura 20 - Gráfico do 1º dia do episódio.....	54
Figura 21 – Imagem das chaminés na fase de pré-aquecimento dos fornos.....	56
Figura 22 – Imagem da chaminé considerando a direção Leste dos ventos.....	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Concentração de $MP_{2,5}$ do episódio 4.....	66
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela I – Dados meteorológicos do 1º Episódio de 23 a 30 de abril de 2014..	56
Tabela II - Dados meteorológicos do 2º Episódio de 19 a 23 de maio de 2014.	56
Tabela III - Dados meteorológicos do 3º Episódio de 26 a 30 de julho de 2014	62
Tabela IV - Dados meteorológicos do 4º Episódio de 21 a 25 de julho de 2014	65

LISTA DE SIGLAS

ANVISA	Agencia Nacional de Vigilância Sanitária
APL	Arranjo Produtivo Local
CH₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO₂	Dióxido de Carbono
EPA	Enviromental Protection Agency
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	Global Position System
IFCE	Instituto Federal do Ceara
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estatística Econômica do Ceara
LERCA	Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental
LTQ	Laboratório de Tecnologia Química
MP₁₀	Material Particulado de 10 µm
MP_{2,5}	Material Particulado de 2,5 µm
Ni	Níquel
NO	Monóxido de Carbono
NO₂	Dióxido de Nitrogênio
NO_x	Oxido de Nitrogênio
OMM	Organização Metrológica Mundial
OMS	Organização Mundial de Saúde
O₃	Ozônio
PRONAR	Programa Nacional de Controle de Poluição do Ar
PTS	Projeto Técnico Simplificado
SENAI	Serviço Nacional da Industria
SO₂	Enxofre
TAS	Tatical Air Sample
UE	União Européia
UEPE	Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão
V	Vanádio
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
WHO	World Health Organazation

RESUMO

A poluição atmosférica vem sendo estudada há alguns anos buscando determinar a qualidade do ar atmosférico com o objetivo de estabelecer os índices de poluição e de suas consequências para a saúde humana. O presente estudo visa analisar a emissão de materiais particulados de indústrias de cerâmica vermelha no distrito de Flores, município de Russas - CE, estabelecendo uma atividade econômica centrada na elevada produção de matérias primas destinada, principalmente à construção civil, alterando significativamente o impacto das indústrias de cerâmica na região. A elaboração desse trabalho de pesquisa tem como objetivo avaliar a dinâmica da atividade ceramista existente na região e suas fontes de emissão de material particulado com relação aos problemas socioambiental, especialmente para a saúde humana. Neste estudo, a caracterização física do Material Particulado atmosférico (MP) foi realizada por influência do impacto das plumas de emissões das fábricas de cerâmica. A metodologia utilizada foi o monitoramento por meio do tempo real dos níveis de Material Particulado menor que $10\mu\text{m}$ e amostragem Material Particulado menor que $2,5\mu\text{m}$ sendo em áreas internas e externas das indústrias de cerâmicas e de residências próximas. Para medir os níveis externos e internos de material particulado foi utilizando o equipamento Met One 831 medidor de partículas e Mini Vol TAS, cujos resultados nas áreas internas foram de $\text{MP}_{10\mu\text{m}}$ e $\text{MP}_{2,5\mu\text{m}}$ durante a maior do dia onde a atividade ceramista é mais intensa, apresentando valores abaixo do que o permitido pela Resolução 09/03 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA e da Organização Mundial de Saúde respectivamente. No entanto, os índices coletados nas áreas externas ficaram bem abaixo dos valores aceitos pela OMS. A metodologia utilizada neste trabalho foi dividido em dois núcleos. O primeiro através de pesquisa bibliográfica em livros, artigos, e trabalhos de pesquisa com o objetivo de oferecer maiores informações sobre emissão, controle monitoramento de material particulado das indústrias ceramistas, completado por opinião de autores e especialistas no assunto. O segundo núcleo desenvolve a pesquisa de campo, técnicas, métodos e equipamentos utilizados para medir a emissão de Materiais Particulados $10\mu\text{m}$ e $2,5\mu\text{m}$ no município de Flores. Os resultados da pesquisa serão descritos em capítulo à parte denominado Análise dos Resultados com o propósito de oferecer maiores conhecimentos sobre a emissão desses poluentes na atmosfera.

Palavras-chave: Material particulado; Indústria cerâmica; Biomassa; Combustão.

ABSTRACT

The atmospheric pollution has been studied there are some years looking for to determine the quality of the atmospheric air with the objective of establishing the pollution indexes and of your consequences for the human health. The present study seeks to analyze the emission of materials particulados of industries of red ceramic in the district of Flowers, municipal district of Russians - CE, establishing an economical activity centered in the high production of matters cousins destined, mainly to the building site, altering the impact of the ceramic industries significantly in the área. The elaboration of that research work has as objective evaluates the dynamics of the activity existent ceramist in the área and your sources of emission of material particulado with relationship to the problems socioambiental, especially for the human health. In this study, the physical characterization of the Material atmospheric Particulado (MP) it was accomplished by influence of the impact of the feathers of emissions of the ceramic factories. The used methodology was the monitoramento through the real time of the levels of Material smaller Particulado than $10\mu\text{m}$ and Material sampling smaller Particulado than $2,5\mu\text{m}$ being in internal and external áreas of the industries of ceramic and of close residences. To measure the external and internal levels of material particulado it went using the equipment Met One 831 meter of particles and Mini Vol TAS, whose results in the internal áreas were of $\text{MP}10\mu\text{m}$ and $\text{MP}2,5\mu\text{m}$ during the largest of the day where the activity ceramist is more intense, presenting values below the one that allowed him for the Resolution 09/03 of the National Agency of Sanitary Surveillance - ANVISA and of the World Organization of Health respectively. However, the indexes collected in the external áreas they were well below the values accepted by OMS. The methodology used in this work it was divided in two nuclei. The first through bibliographical research in books, goods, and research works with the objective of offering larger information on emission, control monitorament of the industries ceramists' material particulate, completed by authors' opinion and specialists in the subject. The second nucleus develops the field research, techniques, methods and equipments used to measure the emission of Materials Particulados $10\mu\text{m}$ and $2,5\mu\text{m}$ in the municipal district of Flowers. The results of the research will be described in chapter to the part denominated Analysis of the Results with the purpose of offering larger knowledge on the emission of those pollutant ones in the atmosphere.

Keywords: Particulado materials; Ceramic industry; Biomass; Combustion.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Cerâmicas.....	17
2.2 Sistema de produção de cerâmicas	18
2.3 Poluição atmosférica.....	24
2.4 Material Particulado: impactos no meio ambiente e na saúde humana	24
2.4.1 Material Particulado.....	29
2.4.2 Poluição atmosférica e clima.....	30
2.4.3 Legislação Brasileira e a poluição atmosférica.....	30
2.4.4 Emissão de poluentes do ar por fontes fixas.....	32
2.5 Regulamentação do Estado do Ceará.....	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
3.1 Área de estudo.....	35
3.2 Coleta de amostras.....	39
3.3 Ponto de coleta em área externa.....	47
3.4 Ponto de coleta em área interna.....	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
4.1 Monitoramento do MP no 1º Episódio de amostragem (25 a 30/04/2014)....	53
4.2 Monitoramento do MP no 1º Episódio de amostragem (19 a 23/05/2014)....	59
4.3 Monitoramento do MP no 1º Episódio de amostragem (26 a 30/06/2014).....	62
4.4 Monitoramento do MP no 1º Episódio de amostragem (21 a 25/07/2014).....	65
5 CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

1 INTRODUÇÃO

Os parâmetros referentes à poluição atmosférica estão sendo estudados a alguns anos, bem como a qualidade do ar exterior. No entanto, para o ar interior é recente o esforço para obter o conhecimento das consequências à saúde humana. A Organização Mundial de Saúde - OMS considera que a poluição do ar interior é um dos principais problemas ambientais relacionada à saúde pública, [...] estima-se que cerca de metade da população mundial, esteja afetada com a má qualidade do ar interior, principalmente em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento (OMS, 2004).

O presente estudo visa avaliar os impactos da indústria de cerâmica vermelha na qualidade do ar no distrito de Flores. A atividade da indústria de cerâmica vermelha vem se expandindo como mais uma opção socioeconômica para o município de Russas, especialmente no distrito de Flores, onde traz novas possibilidades e oportunidades para alguns segmentos populacionais.

Nesse sentido, como decorrência de sua dinâmica muitas indústrias de cerâmica se instalam na região com o propósito de produzir, comercializar e gerar empregos e renda à população local, sem levar em consideração os potenciais impactos ambientais e problemas de saúde que a indústria ceramista provoca. Assim o nicho atualmente mencionado, torna-se uma problemática a ser questionada e discutida, e que vem a ser objeto da presente pesquisa.

Num Congresso realizado pelo Serviço Nacional da Indústria - SENAI sobre “Política de Eficiência Energética para o Setor Ceramista do Estado do Ceará”, atualmente existem no município de Russas inúmeras empresas de cerâmicas produzindo telhas e tijolos. Essas cerâmicas encontram-se distribuídas na zona urbana e rural, incluindo o distrito de Flores (SENAI, 2014).

A atividade ceramista tem se dado por meio de um processo produtivo bastante complexo e que envolve algumas fases, como: a extração da matéria-prima (a argila e o barro vermelho), a mistura, a moldagem, a secagem, a queima, bem como o destino final dos produtos cerâmicos.

Esse processo tem predominância, ainda, por procedimentos arcaicos, em que se destacam o consumo de lenha no processo de queima dos produtos.

Portanto, trata-se de um processo de produção que atualmente não tem conseguido reduzir os impactos ao meio ambiente, incluindo a poluição atmosférica e a saúde humana.

Neste contexto este trabalho investiga principalmente a fase do processo que diz respeito a queima, pois é nessa fase onde são emitidos material particulado na atmosfera nas áreas internas no entorno das cerâmicas. Durante a queima, as fornalhas ficam fechadas, diminuindo a oxigenação. Com isso a combustão não fica completa, ocorrendo à produção de fumaça preta.

Os ceramistas veem a fumaça preta como um indicador de prejuízos, pois há perda da temperatura e choque térmico das cerâmicas. Por esse motivo os forneiros fazem uma pratica conhecida como “calda”, que consiste na alimentação total das fornalhas, ate sua máxima capacidade volumétrica. Quando ocorre a calda, a lenha queima sem liberar todo o calor, e parte dela vai embora pela chaminé em forma de fuligem ou partículas de carvão. Esse fato ocorre nos fornos das cerâmicas de Russas, provocando problemas a saúde e grande insatisfação da vizinhança das indústrias cerâmicas.

Ainda há uma resistência dos ceramistas de Russas em aceitar que a queima ocorre com a temperatura constante. Ainda existe um mito que as telhas cerâmicas só podem ser queimadas por caldas. O controle da queima evita a produção de fuligem como também o desperdício e o consumo excessivo de lenha.

A atividade ceramista em Russas está intrinsecamente associadas à problemas de ordem socioambiental, sendo, portanto, a principal motivação de se optar por essa linha de investigação, muito embora existam outras razões que também aumentam o interesse pelo estudo. Uma dessas razões que chamou a atenção para a escolha de Russas como área de estudo, foi em virtude de ser um município de pequeno porte, onde a indústria de cerâmica vermelha tem se expandido significativamente, constituindo-se numa das atividades econômicas mais importantes, principalmente, por apresentar um número significativo de indústrias, em relação aos demais municípios do Estado do Ceará.

No município de Russas existem cerca de 120 empresas, esse fato possibilitará a observação, a interpretação e a análise da problemática a ser investigada, que decorre desse processo produtivo bem como, os seus resultados

no território do município de Russas, levando em conta condições climáticas da região que tem influência direta na dispersão ou não dos poluentes atmosféricos. (SENAI, 2014).

Este trabalho se propõe a estudar as concentrações de Material Particulado MP_{10} e $MP_{2.5}$ no ar interior, como também em residências localizadas no entorno da cerâmica e $MP_{2.5}$ no ar exterior (pátio da Cerâmica, buscando Identificar a incidência dos materiais particulados emitidos pelas chaminés das cerâmicas, estabelecendo a relação entre elementos climáticos (clima, vento, umidade relativa e temperatura) na distribuição temporal do material particulado. Com os resultados será possível conhecer os níveis em que moradores estão expostos diariamente a esses poluentes, bem como os horários mais críticos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Revolução Industrial ocorrida na segunda metade do século XVIII desencadeou uma série de problemas de saúde por toda a Inglaterra e, posteriormente, por toda a Europa. A partir de então, o desenvolvimento industrial aliado às novas tecnologias e a utilização desenfreada de fontes energéticas renováveis e não renováveis, tem colocado na atmosfera terrestre partículas de poluentes, denominado de material particulado.

O crescimento econômico ilimitado tem gerado desequilíbrios, com consequências para a saúde física, psicológica humana além de perturbações dos processos ecológicos que degradam o ambiente e afetam a qualidade de vida (VILELA; MENDES, 2000).

O aumento populacional e o desenvolvimento tecnológico ocorrido nas últimas décadas do século XX tem favorecido o surgimento de diversos tipos de indústrias que lançam gases tóxicos diretamente na atmosfera; efluentes sólidos e líquidos produzidos nos grandes centros urbanos são lançados em lagos, rios e oceanos; desmatamentos, queimadas e outros problemas relacionados a poluentes são alguns dos desafios enfrentados pela sociedade contemporânea. Essa situação vem despertando a atenção em razão da estreita relação entre o homem e o meio ambiente, especialmente pelos resultados danosos à saúde humana, tais como doenças respiratórias, contaminação de alimentos, de mananciais e poluição atmosférica.

Existem dois tipos de fontes de poluição atmosférica: os naturais, como as erupções vulcânicas e as queimadas que ocorrem em determinados biomas e que tem como principais poluentes óxidos de enxofre e óxidos de carbono (RAVEN *et al.* 1993; DOMINGOS *et al.* 2002). Fontes poluentes antrópicas que podem ser divididas em móveis e estacionárias. As fontes móveis são as frotas veículos que emitem diversos poluentes, tais como Óxidos de Nitrogênio (NO_x) e Monóxido de Carbono (CO) (MAYER, 1999). As fontes estacionárias são formadas pelas indústrias que emitem os mais variados tipos de poluentes, dependendo da atividade que ela desenvolve.

É importante ressaltar que entre as principais consequências globais da contaminação da atmosfera estão o aumento da chuva ácida e as mudanças climáticas que vem ocorrendo em todo o planeta, com o aumento da temperatura e precipitações irregulares. Do ponto de vista da escala local são nas cidades que se têm os maiores problemas associados à qualidade do ar.

Assim as principais fontes de poluentes atmosféricos sejam os combustíveis líquidos, não são os contaminantes primários lançados diretamente na atmosfera por veículos automotores, mas os contaminantes secundários, que resultam no “*smog*” fotoquímico como ozônio e peroxiacetil nitratos – PAN (ANDREWS; BRIMBLECOMB; JICKELLS, 1996).

Ainda segundo os autores mencionados anteriormente:

Em elevadas temperaturas, como durante o processo de combustão, o oxigênio do ar pode reagir com o nitrogênio molecular, formando o monóxido de nitrogênio (NO). A oxidação do NO dá-se pela reação de hidrocarbonetos voláteis (etileno, butano etc.), formando o dióxido de nitrogênio (NO₂). Este gás, por sua vez, na presença da radiação ultravioleta com comprimento de onda menor que 310 microns, é dissociado em NO e oxigênio molecular, tornando possível a formação de ozônio (O₃), contaminante secundário (ANDREWS; BRIMBLECOMB; JICKELLS, 1996).

As concentrações de Monóxido de Nitrogênio (NO), Dióxido de Nitrogênio (NO₂), e Ozônio (O₃), variam durante o dia em situação de “*smog*” fotoquímico, de tal maneira que o O₃ começa a ter sua concentração aumentada no início da manhã, como maior volume ao meio dia, estendendo-se até o início da noite. Já o NO mantém concentrações pouco variáveis no decorrer do dia e o NO₂ apresenta maiores concentrações pelo período da manhã (OLCESE; TOSELLI, 2002).

Em cidades onde existem uma frota automotiva é comum a ocorrência de névoa marrom decorrente de altas concentrações de Óxido de Nitrogênio (NO_x) e de Material Particulado (MP₁₀), com partículas de diâmetro inferior a 10 micrometros na atmosfera. Quando ocorre grande concentração de névoa, a formação de ozônio secundário diminui drasticamente ocasionada pela incidência da luz solar (OLCESE; TOSELLI, 2002).

2.1 Cerâmicas

Os materiais cerâmicos são utilizados desde 4.000 a.C. pelo homem destacando-se pela sua durabilidade, além da abundância da matéria prima utilizada. Não se pode precisar a época e o local exato de origem do primeiro tijolo. Possivelmente foram os romanos os primeiros a utilizarem na forma que conhecemos hoje, conhecidas através das ruínas desta civilização que dominava o processo de queima da argila (SANTOS, 2002).

A cerâmica foi criada há cerca de 15.000 anos, devido a necessidade de abrigo para se proteger do frio e dos animais selvagens, surge então a ideia do homem em empilhar pedras. No entanto, quando a pedra natural não tinha em abundância, foi que o homem passou a substituí-la pelo tijolo seco ao sol.

O registro mais antigo do tijolo foi encontrado nas escavações arqueológicas em Jericó no Oriente Médio. A unidade de alvenaria era uma peça grande em forma de pão, seca ao sol, pesando em torno de 15 Kg. Nestas unidades de barro, feitas à mão, encontram-se marcados os dedos do homem neolítico que as elaborou.

Através das investigações realizadas nos últimos 40 anos sabe-se que a alvenaria tem se racionalizado. Em 1954, na Suíça (Zurique) foi construído o primeiro edifício com muros de alvenaria desenhados racionalmente. Com 20 andárea, os muros de alvenarias com espessura que favorecem prioritariamente o isolamento térmico.

Fábricas de cerâmicas têm uma importante contribuição de emissão de particulados para a atmosfera, que pode ter grande impacto sobre a qualidade do ar ambiente devido às suas emissões intensivas (QUEROL *et al.*, 2001; SANFELIU *et al.*, 2002, MINGUILLÓN *et al.*, 2009).

Nas emissões de gases produzidos nas fábricas de cerâmica, as partículas são emitidas pelos inúmeros processos de fabricação do produto final, que tem início na extração da matéria prima, que é a argila, que submetida à queima através da lenha, desencadeia uma série de processos como aerossóis que são derivados queima de combustível.

De acordo com Galan et al., (2002), existem dois tipos principais de fábricas de cerâmicas, sendo eles:

As de produção industrial e as fábricas artesanais. As de produção industrial produzem vários tipos de cerâmica estrutural (tijolos), como também vários tipos de telhas em fornos do tipo Hoffmann que utilizam lenha como combustível. As fábricas artesanais usam a forma tradicional para pequena produção de cerâmica, geralmente para uso pessoal. Nessas fábricas, a lenha também é empregada como a principal fonte de combustão no forno. No entanto, outras fontes de combustão podem ser empregadas, como o uso de bagaço, podas e etc.

Em um estudo realizado próximo a uma das mais importantes áreas de produção de tijolos de cerâmica na Espanha, Galán et al., (2002), foram identificados altos índices de Níquel (Ni) e Vanádio (V) devido ao uso de óleo combustível como uma fonte de energia (SWAINE, 1980; OMS, 2000).

2.2 Sistemas de produção da cerâmica

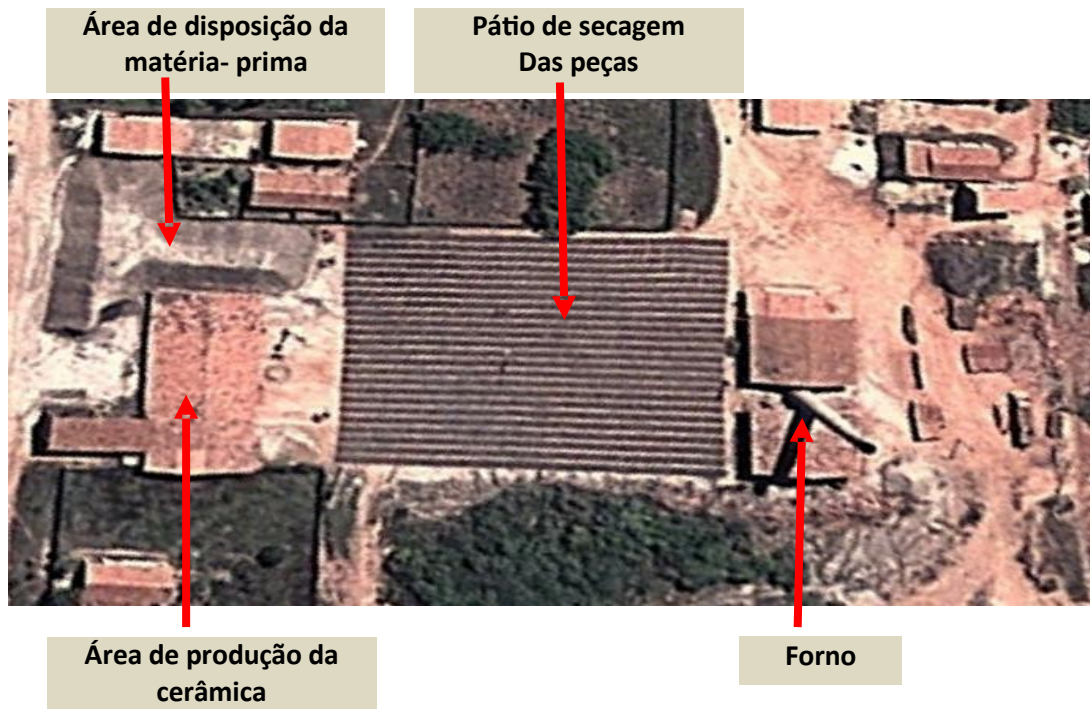
Neste tópico será feita uma descrição do processo de produção nas cerâmicas de Flores (Figura 1). Onde são citadas as fases de extração da matéria-prima, dosagem e mistura dos componentes, conformação, secagem e queima dos materiais fabricados. A figura a seguir nos dá uma visão da área de uma cerâmica.

A indústria de cerâmica depende totalmente da matéria prima que na maioria das vezes é extraída de minas localizadas às próximas às indústrias de cerâmicas.

Segundo Lima (2010):

Os materiais são explorados de depósitos aluviais em terraços fluviais e caracterizados textualmente com base na sua distribuição granulométrica, tendo comportamento deposicional heterogêneo, na forma de camadas e lentes horizontalizadas ou subhorizontalizadas, sendo composta de argila com comportamento plástico diferenciado e pode conter algumas impurezas como carbonatos, óxidos e matéria orgânica, que causam defeitos de caráter pontual, nas peças produzidas.

Figura 1- Demonstrativo das áreas que compõem uma cerâmica



Fonte : google (2014).

Ainda são poucos os estudos que relatam sobre as propriedades da argila usada na produção de cerâmica vermelha.

No processo de extração da matéria prima, são retirados grandes faixas de solo com profundidade de aproximadamente 5m. A escolha da mina ou jazida se dá por sondagens e ensaios preliminar.

Lima (2010) afirma que a falta de controle e planejamento na extração, causam o mau aproveitamento da mina, sendo necessária a abertura de novas minas. A falta de gestão das minas provoca a degradação do solo, danos ao patrimônio mineral e ao meio ambiente, ressaltando que para a abertura da mina é preciso desmatar a área.

A extração da matéria prima é a primeira fase da produção de uma cerâmica, e se dá pela remoção de solo através de máquinas do tipo escavadeira e enchedeira e colocada em caminhões tipo caçamba sendo posteriormente levado e estocada no pátio da indústria, geralmente a céu aberto, para que se inicie a fase de

sazonamento, que é a ação de deixar a matéria extraída, sofra a ação do tempo, para melhorar suas propriedades.

As vantagens do sazonamento é que: umidificará os torrões compactados, decomposição da matéria orgânica, remoção da eflorescência pela lavagem de componentes químicos no processo. O sazonamento é responsável pela melhoria da qualidade da massa, reduzindo o consumo de energia elétrica, reduz perdas, elimina raízes e aumenta a qualidade do produto (APL, 2005).

A fase que sucede a extração e o sazonamento é a preparação da massa, que é onde ocorre a formação da massa cerâmica e sua adequação à fase de conformação (FANCICANI, 2002).

Essa fase de conformação, segundo Lima (2010), ocorre através de diversos processos tais como:

A dosagem é onde ocorrem ajustes necessários para compor as propriedades desejadas e pode ser feita através de dosagem por volume ou dosagem sanduíche. Dosagem de volume é feita com pás carregadeiras que misturam o material magro com o material gordo (material mais plástico com granulometria mais fina), já a dosagem por sanduíche o material é colocado em camadas horizontais uma sobre a outra, a pá carregadeira retira uma camada de baixo para cima fazendo a retirada e a mistura com um só movimento. A massa requer tempo para se uniformizar. O destorronamento, a laminação e a mistura são feitos dias antes da conformação, onde fica por no mínimo três dias em galões para descanso. A conformação começa a partir dessa preparação previa, é na conformação que a massa toma a forma do produto desejado, no caso das cerâmicas em estudo telha ou tijolo.

Ainda de acordo com o autor acima mencionado, a fase de secagem é o passo seguinte no processo de produção das cerâmicas que se destinam a retirada de água utilizada na fase de conformação e prepara o produto pra fase de queima (Figura 2). As peças são colocadas sobre grades de madeira e estocadas em galpões para secagem natural ou colocadas no pátio diretamente ao sol, esse processo pode durar de 2 a 8 dias. Após a secagem, as peças são levadas manualmente para os fornos e empilhadas para dar início a fase de queima. A queima é a etapa que vai garantir a estabilidade das peças, muitos defeitos só vão ser visualizados depois da queima, sendo que sua maioria foram provocados em fases anteriores (LIMA, 2010).

A queima da matéria prima ocorre através de cinco fases distintas, sendo elas: Pré-aquecimento (esquente ou fogo fraco), caldeamento (fogo forte), patamar, abafamento e resfriamento. Nessa etapa a temperatura chega até 600°C., onde ocorrem diversas transformações produzidas pela queima, como por exemplo, a formação de gases, dilatação do material provocado pela saída da umidade residual. Nessa fase também provoca a abertura total do registro para as chaminés, para que o calor não chegue às estufas. Outro processo é o caldeamento, cuja temperatura chega a atingir 900°C. Isto ocorre provocado pelo fechamento do registro de saída dos gases para a chaminé. A terceira etapa é denominada patamar de queima, onde a temperatura é mantida entre 900°C a 950°C. Nessa fase ocorre a sinterização da cerâmica que define sua resistência. O patamar que deve ser mantido entre 08 e 12 horas. Posteriormente, ocorre o processo de abafamento todos os registros, onde as fornalhas e o cinzeiro são fechados. Isto serve para manter o máximo de calor dentro do forno e evitar o resfriamento brusco podendo causar trinchas e rachaduras no material produzido. Essa etapa dura entre 10 a 20 horas. A última fase da queima é o resfriamento que deve ser feito lentamente, principalmente entre 600°C e 250°C. Os ventiladores só devem ser ligados, quando a temperatura no forno estiver em 150°C (Figuras 2 e 3) (APL, 2005).

A característica da biomassa (disposição, tamanho, distribuição, mistura, composição química) afeta a duração de cada fase da combustão. Os produtos emitidos durante a combustão de biomassa dependem da proporção da primeira fase/segunda fase (WARD *et al.*, 1992; CRUTZEN; CARMICHAEL, 1993).

Figura 2- Processo de queima da cerâmica- Fornos



Fonte: Moura (2014)

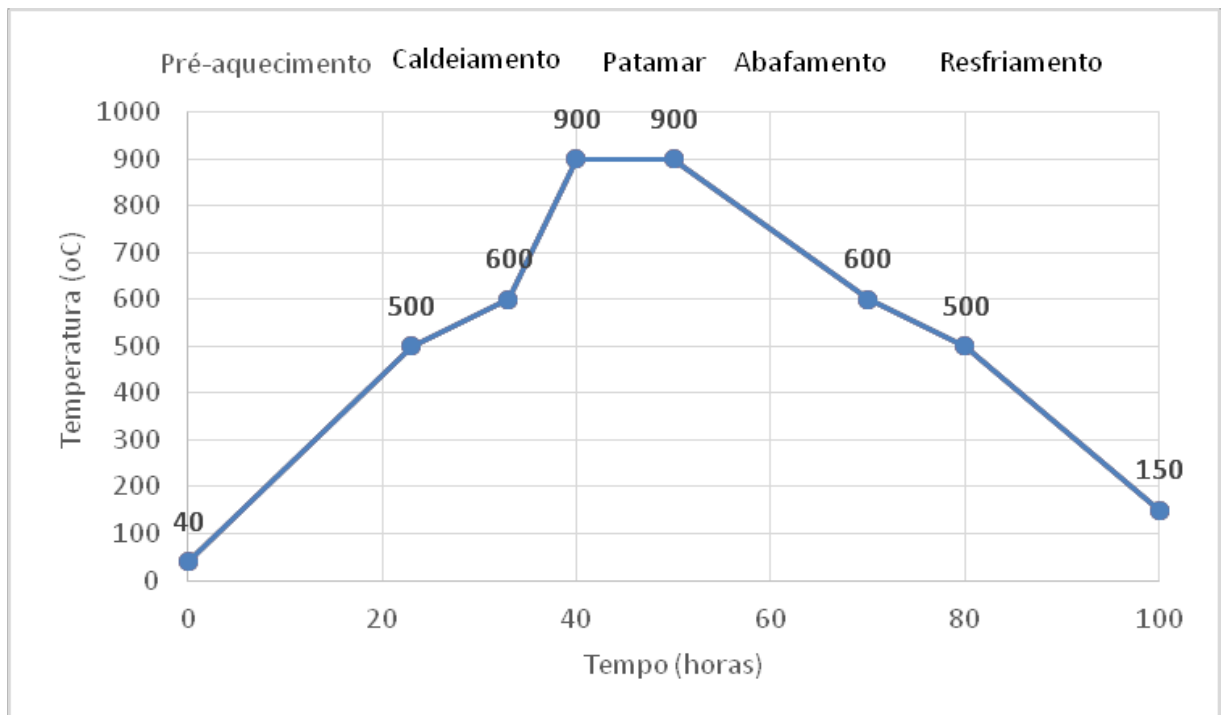
Figura 3 – Processo de secagem de cerâmicas no pátio da indústria



Fonte: Moura (2014)

As etapas de queima devem seguir uma curva de queima determinada de acordo com o material a ser queimado. Essa curva é um gráfico que representa as temperaturas de queima no tempo em que ocorrem, como representado na Figura 4.

Figura 4 - Gráfico da curva hipotética de queima de cerâmica vermelha



Fonte: APL (2005)

2.3 Poluição atmosférica

Afirma-se que o ar está poluído, quando existem grandes concentrações de poluentes e de substâncias químicas na atmosfera, sendo estes suficientes para causar danos ao meio ambiente, ao homem e aos seres vivos de modo geral. Estes danos também decorrem de outras fontes, tais como o calor e o som (BRAGA *et. al*, 2005).

Não obstante, é importante compreender que o excesso de substâncias químicas na atmosfera vai depender também das condições climáticas, da topografia, da densidade demográfica, como também do tipo e da quantidade de indústrias poluentes existentes em uma determinada região.

Os poluentes são classificados em: primários e secundários, segundo Braga *et al.* (2005):

Os primários são aqueles lançados diretamente no ar. São exemplos de poluentes primários o dióxido de enxofre (SO₂), os óxidos de nitrogênio (NO_x), o monóxido de carbono (CO) e alguns particulados, como a poeira. Os secundários formam-se na atmosfera por meio de reações que ocorrem em razão da presença de certas substâncias químicas e de determinadas condições físicas, como, por exemplo, o SO₃ (formado pelo SO e O₂ no ar) reage com o vapor de água para produzir o ácido sulfídrico que precipita originando a chuva ácida.

Dentre todos estes poluentes é importante ressaltar que o principal problema de emissão de gases nocivos na atmosfera tem como principal origem o setor ceramista, onde são produzidos materiais particulados que são ricos em metais pesados e demais elementos nocivos à natureza e à vida humana. O setor de atomização é o principal gerador de poluentes na atividade ceramista no processo de via úmida. Os compostos gasosos liberados durante a secagem e a queima são derivados principalmente dos compostos presentes nas matérias-primas.

2.4 Material Particulado: impactos no meio ambiente e na saúde humana

Conceituando impacto ambiental, Medeiros (2005), o define como [...] qualquer alteração nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, no qual também são incluídas as relações socioeconômicas.

O Art. I da Resolução. 001/1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, define impacto ambiental como [...] alterações provenientes das atividades humanas ao meio ambiente causados por qualquer forma de matéria ou energia que afetam direta ou indiretamente.

Art. I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

Art. II – as atividades sociais e econômicas;

Art. III – a biota;

Art. IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

Art. V – a qualidade dos recursos ambientais.

Alguns desses impactos podem ser remediados ou não, a curto, médio ou longo prazo, seja ele de causa natural ou antrópica, devendo-se levar em

consideração o tempo e a intensidade que causam interferência ao meio ambiente (NASCIMENTO, 2008).

Brito (1999) *apud* Nascimento (2007) afirmam que o impacto ambiental pode ser classificado quanto à natureza, à propriedade, ao prazo de manifestação, ao grau de certeza, à temporalidade, ao grau de reversibilidade, aos resultados, à área de influência, ao fator ambiental afetado, à escala de gravidade, à magnitude, ao tipo de meio.

Silva (2009) define impacto ambiental como:

Ação predatória do meio ambiente que se manifesta de maneiras, consciente ou inconsciente, quer destruindo os elementos que o compõem, quer contaminando-o com substâncias que lhe alterem a qualidade. Esse choque da ação sobre o meio ambiente, que pode abalar sua estrutura, sua qualidade, mais ou menos profundamente, é que se chama impacto.

Os impactos de origem antrópica vêm degradando o meio ambiente de forma mais agressiva a cada ano, lembrando que algumas indústrias que agredem com maior intensidade que outras. Neste contexto se insere a indústria de cerâmica, pelo fato da mesma ser uma atividade altamente degradante em todas as etapas do seu processo produtivo.

Nesta situação faz-se necessária, a realização de uma avaliação de impactos ambientais de forma a não considerar os elementos isoladamente, devem ser analisadas as relações de maneira geral, pois toda atividade produtiva acaba gerando impactos.

A qualidade do ar de uma região está diretamente relacionada com os níveis de poluição atmosférica, os quais estão ligados a um conjunto de fontes emissoras que podem ser estacionárias, como as indústrias, queima de lixo e emissões naturais e móveis as quais podemos citar veículos automotores, aviões, trens e outros. A intensidade do lançamento dessas emissões, seu transporte e dispersão na atmosfera, determinam a qualidade do ar atmosférico em uma determinada região.

Os efeitos da poluição atmosférica sobre o meio ambiente e a saúde humana podem se manifestar globalmente ou somente em escala local sendo que, neste caso, entre os principais poluentes atmosféricos, o material particulado se caracteriza como o maior elemento de poluição do ar em um centro urbano.

A primeira forma mais notória de poluição é a deposição de partículas sobre os materiais e a vegetação, como a poeira e fumaça. Os níveis de visibilidade na atmosfera são diretamente influenciados pelas partículas em suspensão, podendo, dessa forma, afetar o clima, absorvendo as radiações solárea fazendo com que essas diminuam sua incidência sobre a superfície da terra (MELO, 1997).

O estudo enfoca uma das diferentes fontes de emissão de particulados na atmosfera. Raven *et al*, (1995) aponta como sendo três as principais fontes primárias de poluição do ar por material particulado, os processos industriais, queima de combustível e o transporte. O processo industrial, desde a fase de extração do minério até a obtenção do produto final, origina uma grande quantidade de particulados no ar.

A queima de biomassa é outra fonte de emissão de particulados na atmosfera, e se processa em três estágios: ignição, combustão com chama, combustão com ausência de chama. A ignição é o processo inicial no qual se tem pequena chama. No segundo estágio a combustão é mais eficiente e há emissão de Dióxido de Carbono (CO_2), Água (H_2O), (N_2), Óxido de Nitrogênio (NO_x) e Enxofre (SO_2). No terceiro estágio, processo de baixa temperatura e ausência de chama, há emissão de grandes quantidades de compostos oxidados como, por exemplo, Monóxido de Carbono (CO), Metano (CH_4), e outros hidrocarbonetos.

Nos grandes centros urbanos os motores a diesel, a gasolina ou combustíveis mistos, são os grandes responsáveis pela emissão de partículas na atmosfera, e podem ser classificados em dois tipos: os que não causam danos à saúde (O , CO , H e N) e os que apresentam perigos à saúde, alguns desses compostos têm sua emissão regulamentada (monóxido de carbono - CO , hidrocarbonetos - HC , óxidos de nitrogênio - NO_x , óxidos de enxofre - SO_x e material particulado - MP) e os que não estão sob regulamentação (aldeídos, amônia, benzeno, cianetos, tolueno e hidrocarbonetos aromáticos polinucleárea - HPA) (NEEFT *et al.*, 1996).

Dentre os elementos atmosféricos o Material Particulado (MP) é o poluente mais consistentemente associado a efeitos adversos à saúde humana (ABBEY, 1999). Um grande esforço tem sido feito para reduzir a utilização de combustíveis derivados de petróleo, dentre as recentes alternativas propostas, estão o biodiesel e

etanol, além de misturas contendo biodiesel/diesel e álcool/diesel, para reduzir a utilização de petróleo e diminuir as emissões de poluentes..

Os problemas resultantes da poluição atmosférica na saúde humana são pesquisados em todo o mundo, especialmente no âmbito da saúde pública, ambiental e toxicológica, os quais apontam os efeitos principais que se manifestam através de doenças crônicas que prejudicam a vida das pessoas, causando o aumento dos índices de mortalidade.

De acordo com Duchade (1992), existem três tipos de reação do sistema imunológico humano a poluentes, sendo eles:

- a) efeitos agudos em pessoas sadias em episódios de *smog* ou do aumento do material particulado na atmosfera;
- b) exacerbação de doenças preexistentes de origem imunológica em pessoas que são vulneráveis, com doenças cardiovasculares e respiratórias;
- c) fenômeno de hipersensibilidade de origem imunológica ou hiperatividade brônquica, por causarem problemas irreversíveis.

Apesar de serem conhecidos os efeitos adversos à saúde humana, torna-se difícil e onerosa a comprovação da conexão entre determinados poluentes e a doença. Isto pode ser comprovada quando ocorrem o aumento de poluentes na atmosfera e a busca da população local por atendimento hospitalar (WAPPELHORST *et al.* 2000).

Diversos estudos relacionados aos efeitos da poluição na saúde mostram que a exposição ao particulado mais fino pode causar maior risco de mortes prematuras e problemas respiratórios, pois esta fração pode atingir as vias respiratórias inferiores, onde os mecanismos de expulsão destes poluentes são ineficientes. Já, o particulado grosso é preocupante uma vez que sua tendência é se acumular nas vias respiratórias superiores, agravando problemas tais como a asma (SEINFELD, 1986; LIN, 1997).

Pesquisas usando animais mostram um aumento significativo no número de tumores nos pulmões dos ratos utilizados nos estudos, após exposição por inalação ao níquel durante cerca de dois anos (OTTOLENGHI *et al.*, 1974).

A intensa exposição por inalação de carbonila de níquel também causou danos ao pulmão, irritação da mucosa e asma em trabalhadores expostos a compostos de níquel inorgânicos (World Health Organization - WHO, 2000).

Estudos epidemiológicos e experimentais apontam que a exposição à poluição atmosférica diminui o desenvolvimento pré e perinatal e mostraram associação significativa entre mortalidade intrauterina e concentrações de poluição atmosférica na cidade de São Paulo (PEREIRA *et al*, 1998). Em uma pesquisa que deu continuidade desse trabalho, verificou-se que, quando a poluição atingia níveis mais elevados, havia aumento importante do nível de carboxihemoglobina no cordão umbilical dos recém-nascidos.

Além dos efeitos observados em humanos, observou-se também que a poluição atmosférica quando atinge áreas silvestres, provoca alterações ao desenvolvimento embrionário de animais (HUI, 2002).

Os padrões de qualidade do ar definem legalmente o limite máximo para a concentração de um determinado poluente na atmosfera, que garanta a proteção da saúde e o bem-estar das pessoas (CONAMA, 1990).

A legislação nacional estabelece critérios de qualidade do ar considerando apenas a concentração e a granulométrica do material particulado sem, considerar a sua composição química. Mas muitos países já estão identificando os aerossóis presentes na atmosfera, identificando seus constituintes, bem como suas concentrações e relacionando com os casos de doenças registradas e as fontes de emissão local. Várias pesquisas relacionam o tamanho, a área de superfície, assim como a composição química como fatores importantes na determinação dos efeitos à saúde quando associados ao material particulado (KRULL, 1991; GOSE, 2005).

Em estudo para avaliar quem é suscetível aos efeitos dos particulados sobre a saúde foi identificado um grupo diversificado de características que podem levar ao aumento do risco na saúde relacionados a MP, incluindo estágio de vida (crianças e idosos), pré-existência de doenças cardiovascular ou respiratórias, influencias genéticas e fatores socioeconômico. Além disso, foi verificada que susceptibilidade que engloba todas as populações com potencial de risco, tem seus efeitos adversos a saúde aumentada, quando exposto a um poluente do ar (SACKS *et al*, 2011).

2.4.1 Material Particulado (MP)

O material particulado é uma mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar, cuja composição e tamanho vai depender das fontes de emissão e das transformações químicas que ocorrem na atmosfera. O tamanho das partículas é expresso em relação ao seu tamanho aerodinâmico, e é definido como diâmetro de uma esfera densa que tem a mesma sedimentação que a partícula em questão (DOCKERY, POPE, 1994).

O diâmetro do material particulado pode variar entre $0,002\ \mu\text{m}$ e $100\ \mu\text{m}$, sendo que uma partícula com diâmetro superior a $100\ \mu\text{m}$ não permanece por tempo em suspensão e tende a se precipitar rapidamente.

Baseando-se nesse exemplo, as partículas de material particulado podem ser provenientes de fontes naturais, antropogênicas ou formadas na atmosfera por reações entre os compostos já existentes. Elas podem ser classificadas como primárias e secundárias, respectivamente e variam em tamanho, morfologia, composição química e propriedades físicas (BAIRD, 2002; MUNN *et al.*, 1997).

Do ponto de vista físico químico e para a saúde humana, as partículas que afetam mais são as que possuem menores diâmetros, inferior $0,002\ \mu\text{m}$ e $10\ \mu\text{m}$ (MP_{10}), que após a inalação são depositadas na árvore traqueobrônquica e as menores que $2,5\ \mu\text{m}$ ($\text{MP}_{2,5}$) tendem a se depositar nos brônquios terminais (BASCOM, *et al.*, 1996).

A *Environmental Protection Agency* (EPA), órgão do governo americano que controla a emissão de partículas atmosféricas recomenda o controle de partículas menores ou iguais a $10\ \mu\text{m}$ (MP_{10}), as chamadas partículas inaláveis, baseando-se no fato de que estas partículas podem atingir as vias respiratórias inferiores em sua composição química (BASCOM, *et al.*, 1996).

Existem estudos correlatos dentre os quais o Instituto Atlas que pesquisa e avalia as concentrações de metais pesados no MP de fábricas de cerâmicas do sul da Espanha, com o objetivo de informar ao governo índices aceitáveis de poluição atmosférica causadas por essa atividade na região (QUEROL, 2010).

2.4.2 Poluição atmosférica e clima

Fenômenos como a inversão térmica, os ventos, as chuvas, a temperatura e a estabilidade térmica são condicionantes meteorológicos que exercem efeito sobre o comportamento da poluição atmosférica, agindo de forma direta na qualidade do ar de uma determinada região (ALMEIDA, 1999; PINHEIRO; MONTEIRO, 1992).

Os ventos podem ser um excelente dispersor de poluentes, mas se no seu trajeto encontrar uma cidade, o que vamos ter é uma transferência do problema. Outro fenômeno que ajuda na dispersão dos poluentes são as chuvas, elas lavam a atmosfera, decantando não só os particulados, mas também ajudam na dissolução de gases.

A instabilidade do ar também ajuda na dispersão dos poluentes uma vez que estes poluentes dispersos na natureza de forma instável provocam um aumento nos níveis de poluição, o qual está relacionado com variações da temperatura, com a altitude e, principalmente se esta variação é maior que 0,8°C para cada 100m. No caso de superação desse índice afirma-se que o ar é instável. Numa região instável, os poluentes serão suspensos e elevados a níveis onde os ventos se encontram mais fortes e constantes, dissipando assim a poluição. Embora não seja um fator meteorológico, a topografia local também exerce influência sobre a poluição atmosférica. Regiões de fundo de vale são grandes aprisionadoras de poluentes, principalmente quando ocorre a inversão térmica (RESENDE, 2007).

Inversão térmica caracteriza-se pela sobreposição de uma camada de ar quente a uma camada de ar frio. Este é um fenômeno natural que ocorre durante o ano todo, contudo na estação fria, ele se manifesta próximo à superfície do solo, impedindo a formação de correntes aéreas de convecção, fazendo com que os poluentes fiquem estagnados próximos ao solo, elevando sua concentração a níveis críticos.

2.4.3 Legislação brasileira e a poluição atmosférica

Com o objetivo de controle de poluentes que causam danos à saúde humana e ao meio ambiente, normas e leis que foram criadas com o objetivo de

controlar e estabelecer critérios de qualidade do ar considerando apenas a concentração e a granulométrica do material particulado sem, considerar a sua composição química.

A legislação federal brasileira que regulamenta a qualidade do meio ambiente, relacionado com a poluição do ar, das águas e do solo, teve início com o Decreto - Lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais, sendo complementado pela Lei nº 6.803, de 02 de julho de 1980, que dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, estabelecendo regras para a localização de áreas industriais e as limitações de uso em seu entorno, mas não tratam especificamente dos limites de emissão (PEREIRA JR, 2007).

A Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 que dispõe A Política Nacional do Meio Ambiente foi a resposta às resoluções, indicações e pressões decorrentes da Conferência das Nações Unidas sobre o Homem e o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo em 1972. Esta Lei define poluição como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente afetam a saúde, a economia, as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente e emitam matéria ou energia que não esteja de acordo com os padrões ambientais estabelecidos no artigo Art. 3º, inciso III, da referida Lei. A Lei nº 6.938/1981 atribui ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), dentre outras, com competência para estabelecer, normas para o controle da emissão de poluentes do ar por fontes fixas e móveis.

A Constituição Federal Brasileira promulgada em 1988 incorporou o conteúdo da Lei Nº 6.938/1981, em seu Art. 22, inciso VI e estabeleceu a divisão de competências legislativas e administrativas, como competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, [...] proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas.

A Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 - Lei de Crimes Ambientais dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Determina ainda que todas as infrações e sanções previstas na legislação ambiental federal.

O artigo mais contundente, em termos de punir a poluição de qualquer natureza está descrito no Art.54, o qual determina que:

Art. 54. Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora:

Pena - reclusão, de um a quatro anos, e multa.

§ 1º Se o crime é culposo: Pena - detenção, de seis meses a um ano, e multa.

§ 2º Se o crime:

I - tomar uma área, urbana ou rural, imprópria para a ocupação humana;

II - causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentânea, dos habitantes das áreas afetadas, ou que cause danos diretos à saúde da população;

III - causar poluição hídrica que torne necessária a interrupção do abastecimento público de água de uma comunidade;

IV - dificultar ou impedir o uso público das praias;

V - ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos.

Pena - reclusão, de um a cinco anos.

§ 3º Incorre nas mesmas penas previstas no parágrafo anterior quem deixar de adotar, quando assim o exigir a autoridade competente, medidas de precaução em caso de risco de dano ambiental grave ou irreversível.

Conclui-se assim, que as normas e decretos e promulgados pela Constituição Federal de 1988 tem como o objetivo promover o controle de emissão de gases poluentes na atmosfera segundo normas de controle ambiental a exemplo de países desenvolvidos cuja legislação exerce um rígido controle dessa atividade com o propósito de qualidade de vida sustentável aliada ao desenvolvimento econômico e social, situação inexistente em países do terceiro mundo.

2.4.4 Emissão de poluentes do ar por fontes fixas

São chamadas de fontes fixas de emissão de poluentes: as indústrias, usinas termelétricas, mineradoras, etc. A legislação que trata do controle da poluição do ar por estas fontes fixas teve seu início, com o Decreto - Lei N° 1.413, de 14 de agosto de 1975, prosseguindo com o Decreto N° 76.389, de 3 de outubro de 1975 e com a Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980.

Embora esses instrumentos legais não estabeleçam diretamente os níveis máximos de emissão eles dão diretrizes para a localização de complexos industriais, de modo a que suas emissões interfiram o mínimo possível com outras atividades

humanas em seu entorno, ou seja trata, especificamente, da localização industrial em áreas críticas de poluição.

Os parâmetros para a emissão de poluentes gasosos e materiais particulados por fontes fixas começaram a ser estabelecido por meio da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de Nº 005/1989, que dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar (PRONAR), que trata da qualidade do ar estabelecendo padrões de qualidade de acordo com o uso da área considerada, estabelece metas e instrumentos de ação, incluindo a elaboração de um inventário nacional de fontes de poluição do ar e de áreas críticas de poluição. Não obstante, as resoluções desses órgãos estabelecem limites para a concentração de determinados poluentes no ar, tendo como base as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) que levam em conta limites de concentração compatíveis com a saúde e o bem estar humano.

O Art. 1º, a Resolução nº 003/1990 define que:

São padrões de qualidade ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral e define como 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, que seja danoso à fauna e flora e prejudicial à segurança das atividades normais da comunidade.

As Resoluções Nº 003/1990 e 008/1990 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) são estabelecidas concentrações máximas para partículas totais em suspensão, fumaça, composta principalmente de Dióxido de Carbono – CO₂, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono (CO), ozônio e dióxido de nitrogênio. Para os padrões nacionais primários e secundários de qualidade do ar estão os valores de concentração máxima de 150µg/m³ com de média 24h para o MP₁₀, não devendo ser excedidos mais de uma vez por ano. A resolução não estabelece padrões para MP_{2.5}.

A Organização Mundial de Saúde (OMS)) estabelece que é de 25µg/m³ para 24 horas e 10 µg/m³ média anual para MP_{2.5} e 50 µg/m³ média de 24 horas e 20 µg/m³ média anual, para MP₁₀. (OMS, 2005).

Para qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, os valores máximos recomendáveis são de $\leq 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de aerodispersóides totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado (ANVISA, 2003).

A Resolução de Nº 382, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) atualizou e ampliou os parâmetros das resoluções anteriores e estabeleceu limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos por fontes fixas. Onde foram estabelecidos limites específicos de emissão para vários tipos de combustíveis, entre os quais óleo pesado, gás natural e derivados de madeira, e de instalações, tais como usinas termelétricas, turbinas a gás, unidades de produção de vapor, fábricas de celulose e papel, unidades de fusão de chumbo, processamento primário de alumínio, fornos de fusão de vidro, indústria de cimento *Portland*, produção de fertilizantes, ácido fosfórico, ácido sulfúrico e ácido nítrico, siderurgia e unidades de pelotização de minério de ferro.

Vale ressaltar que a Resolução CONAMA nº 382/2006 representa uma mudança de abordagem do tema. Nas resoluções anteriores do PRONAR, considerava-se a qualidade do ar como parâmetro básico, admitindo-se emissões maiores onde as condições atmosféricas fossem mais favoráveis. Pela Resolução nº 382/2006, fixam-se limites específicos de emissão para cada tipo de fonte ou combustível utilizado.

2.5 Regulamentação no Estado do Ceará

No Estado do Ceará a Lei de Nº 12.494, promulgada em 4 de outubro de 1995, entre outras normas determina que a fiscalização e o controle de emissões de poluentes atmosféricos por veículos automotores é de competência do Estado em fiscalizar e controlar a emissão de poluentes atmosféricos produzidos por veículos automotores e demais empresas que geram poluentes nocivos a vida humana na atmosfera.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, estão apresentadas as características da área de estudo, as técnicas, a metodologia e os equipamentos utilizados para obtenção e avaliação dos resultados experimentais.

Primeiramente são descritos os métodos, equipamentos e técnicas utilizadas para verificar a emissão de $MP_{2,5}$ em ambiente externo. Em seguida são apresentados as técnicas, equipamentos e procedimentos para medição de emissão de MP_{10} e $MP_{2,5}$ em ambiente interno.

3.1 Área de Estudo

A escolha do local para a implantação dos equipamentos e realização do estudo foi feita levando em consideração o grande número de cerâmicas localizada na área, fator que apresenta uma relação direta com as quantidades e intensidade de concentração das partículas envolvidas na pesquisa. Serão consideradas também as concentrações que possam afetar a saúde dos moradores da região.

Russas é um município brasileiro localizado no estado do Ceará, na região do Baixo Jaguaribe. Situa-se a 165 km da capital Fortaleza, tendo como principal acesso a BR 116. Russas possui uma área de 1 588,10 km², e uma população de 73.435 habitantes de acordo com estimativa IBGE (2013) a maioria vivendo na zona urbana do município. Faz limite com as seguintes cidades: Beberibe, Quixeré, Jaguaruana, Palhano, Morada Nova e Limoeiro do Norte. O município é subdividido em seis distritos: Russas (sede), Bonhu, Flores, São João de Deus, Lagoa Grande e Peixe.

Segundo a FUNCEME/IPECE (2010) a área de Russas tem um tipo de clima tropical, quente semi-árido, com média de precipitação de 857,7mm, com temperatura média entre 26°C a 28°C. O período chuvoso ocorre de fevereiro a maio, quando todo o estado fica sob a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Figura 5 - Fotografia da cidade de Russas



Fonte: Site da Prefeitura de Russas (2014)

Figura 6 – Mapa com a localização do município de Russas



Fonte: Google.com.br

Tradicionalmente, as principais atividades econômicas são a agricultura e a indústria de cerâmica (tijolos e telha). A principal rodovia do país, BR 116 passa em Russas, que traz à cidade uma vantagem estratégica para o transporte de produtos cerâmicos para outras regiões do país.

A cidade possui uma das maiores concentrações de cerâmica industrial e artesanal do Estado. Em 2007 o município chegou a uma concentração record de cerâmicas nesse ano a cidade contava com 234 indústrias de transformação que empregavam 4.435 pessoas (IBGE, 2010) *apud* LIMA (2010). Em 2014 foram identificadas 120 cerâmicas, de acordo com dados do SENAI, sendo um dos principais centros de produção de cerâmica vermelha do Ceará.

As telhas e tijolos são fabricados principalmente em pequenas cerâmicas que usam fornos Hoffmann, (Figura 7). A lenha do cajueiro é usada como o principal combustível, bem como a lenha da caatinga como: Angico, Aroeira, Baraúna, Catingueira, Cumaru, Juazeiro, Jucá, Jurema Branca, Jurema Preta, Pau D'arco Roxo, Pereiro e Sabiá. Sendo que a Aroeira e Baraúna, dados da APL - Arranjo Produtivo Local (2005) se encontram em risco de extinção, estando assim proibido o corte dessas árvores, que também são utilizados como combustíveis.

Figura 7 - Foto do forno tipo hoffmann



Fonte: Moura (2014)

Flores é um distrito do município de Russas, no Ceará. Está localizado há 180 km de Fortaleza, a 18 km de Russas e 12 km de Limoeiro do Norte, sendo reconhecida nacionalmente como "a Capital da Telha", devido a grande produção de telhas e tijolos. Em 2014 Flores conta com 17 cerâmicas que fabricam telhas e tijolos, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Chaminés das cerâmicas de Flores

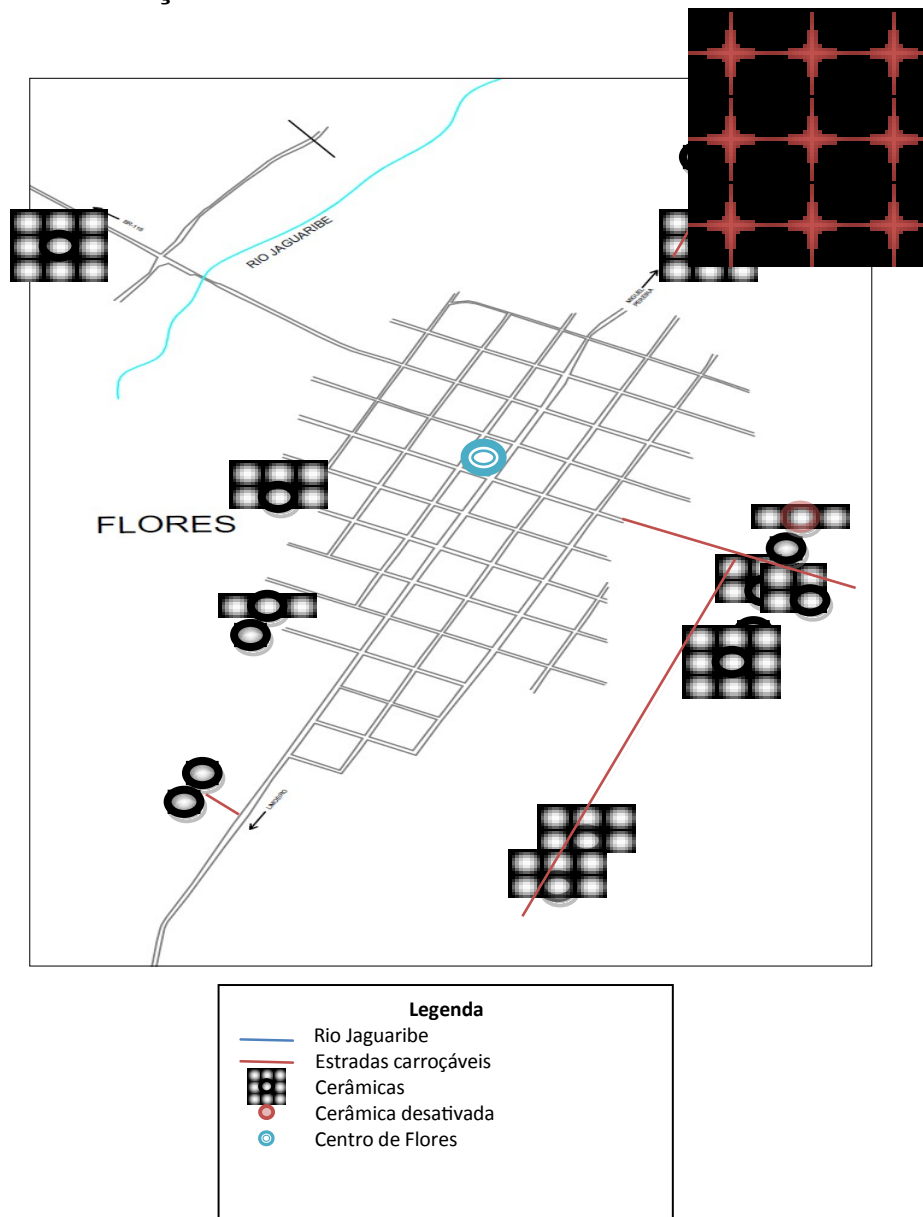


Fonte: Moura (2014).

A telha colonial produzida na cidade abastece o mercado de toda região sendo responsável por 70% da produção nordestina. A indústria em Russas é pioneira na implantação de novas tecnologias em sua produção, visando atingir altos níveis de qualidade do produto.

Em relação ao levantamento de dados sobre a localização das cerâmicas no distrito de Flores, foram identificadas 17 cerâmicas, como mostra (Figura 9).

Figura 9 - Localização das cerâmicas no distrito de Flores em Russas Ceará



Fonte: Moura (2014).

3.2 Coleta de amostras

As concentrações de MP_{10} e $MP_{2.5}$ de áreas externa e internas foram medidas entre abril e julho de 2014, período correspondente ao período chuvoso e início do período seco.

O desenvolvimento experimental do trabalho foi realizado na área objeto de estudo, onde foi feito um levantamento de dados sobre a localização das cerâmicas.

Foi utilizado um Global Position System (GPS) da marca GARMIN do Laboratório de Topografia do Instituto Federal do Ceará (IFCE) *Campus* de Limoeiro do Norte, para fazer o levantamento da localização das cerâmicas, (Figura 10).

Figura 10 - GPS da Marca GARMIN



Fonte: Moura (2014)

Os equipamentos instalados na área para coleta dos materiais particulados foram: MetOne 831 – medidor de partículas MP_1 ; $MP_{2,5}$; MP_4 e MP_{10} usado pra medir o particulado nas áreas internas (Figura 13). Um MiniVol TAS – Medidor de partículas $MP_{2,5}$ que foi instalado na área externa da cerâmica. Ambos pertencentes ao Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental (LERCA) do IFCE *Campus* Fortaleza.

Na área de estudo também foi fixada uma Estação Meteorológica Automática Davis do tipo Por2Plus como mostra a (figura 11). A Estação Meteorológica foi utilizada para monitorar as condições climáticas da área investigada. Também foram usados dados da Estação Meteorológica do IFCE *Campus* Limoeiro do Norte, que está instalada na Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão (UEPE), localizada na Chapada do Apodi, onde foi possível a coletar dados referentes à temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos (Figura 12).

Figura 11 - Estação meteorológica automática, Estação Meteorológica Automática do IFCE - Fortaleza (LERCA)



Fonte: Moura (2014)

Figura 12 - Estação Meteorológica do IFCE - Limoeiro do Norte (UEPE)



Fonte: Moura (2014).

Figura 13 - Met One 831: medidor de partículas MP_1 ; $MP_{2,5}$; MP_4 e MP_{10}



Fonte: Moura (2014)

Para a determinação das concentrações de $MP_{2,5}$ e MP_{10} , em área internas foi utilizado um medidor de partículas Met One Instruments 831 Aerosol Mass Monitor, pertencente ao LERCA. Este equipamento, utilizado para monitorar $MP_{2,5}$ e MP_{10} , e consiste em uma bomba de sucção acionada a cada 01 minuto, podendo ser usado no modo manual ou no modo contínuo, esse equipamento possui contagem de partículas individuais e usa luz laser dispersa com resolução de $0,1 \mu g/m^3$.

O período das medidas foi de 24 horas ininterruptas durante 05 dias, para cada episódio, em um total de 04 episódios, sendo o primeiro e o segundo episódio representativo do período chuvoso e o terceiro e quarto episódio representando o período seco, como demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Demonstrativo dos episódios representativos

EPISÓDIOS	
1º Episódio	25 a 30 de abril de 2014
2º Episódio	19 a 23 de maio de 2014
3º Episódio	26 a 30 de junho de 2014
4º Episódio	21 a 25 de julho de 2014

Fonte: Moura (2014)

O material particulado externo foi coletado na fração $MP_{2,5}$, constituído de partículas inferiores ao diâmetro de 2,5 μm .

A filtração foi realizada com o equipamento *MiniVol TAS Airmetrics*. Esse equipamento consiste basicamente em uma bomba de sucção controlada por um time ou horímetro programável, que registra as horas de funcionamento da bomba, um rotâmetro para medir o fluxo de ar durante o tempo de amostragem e um totalizador de tempo, sua vazão de operação é ajustável entre 1 e 10 litros por minuto, coletando material particulado nas frações MP_{10} , $MP_{2,5}$ e PTS. A separação das partículas é realizada por um sistema chamado 'impactador'. O *MiniVol* é leve e portátil, este equipamento é ideal para o uso em locais remotos ou em locais onde não existe uma estrutura de monitoramento padrão da qualidade do ar atmosférico.

Para esta pesquisa, o impactador foi configurado para selecionar partículas na fração $MP_{2,5}$ μm (inaláveis) e o sistema de sucção regulado para operar a 5 l/min.

A concentração para medir 2,5 μm foi escolhida para este estudo devido a sua importância no ponto de vista da saúde humana, onde após sua inalação essas partículas tendem a se depositar nos brônquios terminais. O *MiniVol* (Figura 14) utilizado para fazer as medidas de $MP_{2,5}$ na área externa da cerâmica (pátio), foi instalado em uma torre de 2,0 metros confeccionada em ferro fundido.

Figura 14 - Mini Vol TAS: Medidor de Partículas MP_{2,5}



Fonte: Moura (2014)

Para retenção da amostra do material particulado foram utilizadas Membrana de Filtração em PTFE – (Teflon), 47mm x 0,45 µm, da marca Filter Pro. Estes filtros são utilizados principalmente em sistemas de filtração a vácuo por serem inertes e estáveis quimicamente, possibilitando grande precisão nos resultados de análises de qualidade do ar (Figura 15).

Figura 15 - Membranas de Filtração em PTFE, utilizadas na coleta de MP_{2,5} na área externa das micas de Flores/Russas.



Fonte: Moura (2014)

O método utilizado para a determinação dos valores de emissão de MP_{2,5} foi à análise gravimétrica, onde os filtros foram pesados antes e depois da amostragem em uma balança eletrônica de precisão (Figura 16). A balança de precisão para microgramas (μg) foi instalada junto com a câmara de dessecação no laboratório de biologia do IFCE *Campus* Limoeiro do Norte, (Figura 17).

Figura 16 - Balança de precisão utilizada na pesagem das membranas de filtração em PTFE



Fonte: Moura (2014)

Antes das coletas, os filtros permaneciam 24 horas a 18% de umidade em uma câmara de dessecação, que pertence ao Laboratório de Tecnologia Química (LTQ) – IFCE Fortaleza, especialmente projetada para monitoramento da qualidade do ar ambiente, após esse procedimento, realizavam-se as medições de massa dos filtros em balança de precisão para microgramas (μg), em triplicata e em sala com temperatura e umidade relativa do ar padrões. Após cada coleta as membrana de filtração PTFE da marca Filter Pro para partículas $\text{MP}_{2.5}$ foram levadas novamente para câmara de dessecação por 24 horas à 18% de umidade, fazendo-se uma nova medição de massa dos filtros em triplicata. A partir dessa medida de massa das partículas até 2,5 μm retidas pelos filtros se obteve os dados de concentração.

Figura 17- Câmara de dessecação usada para remover a umidade dos filtros de coleta do material particulado

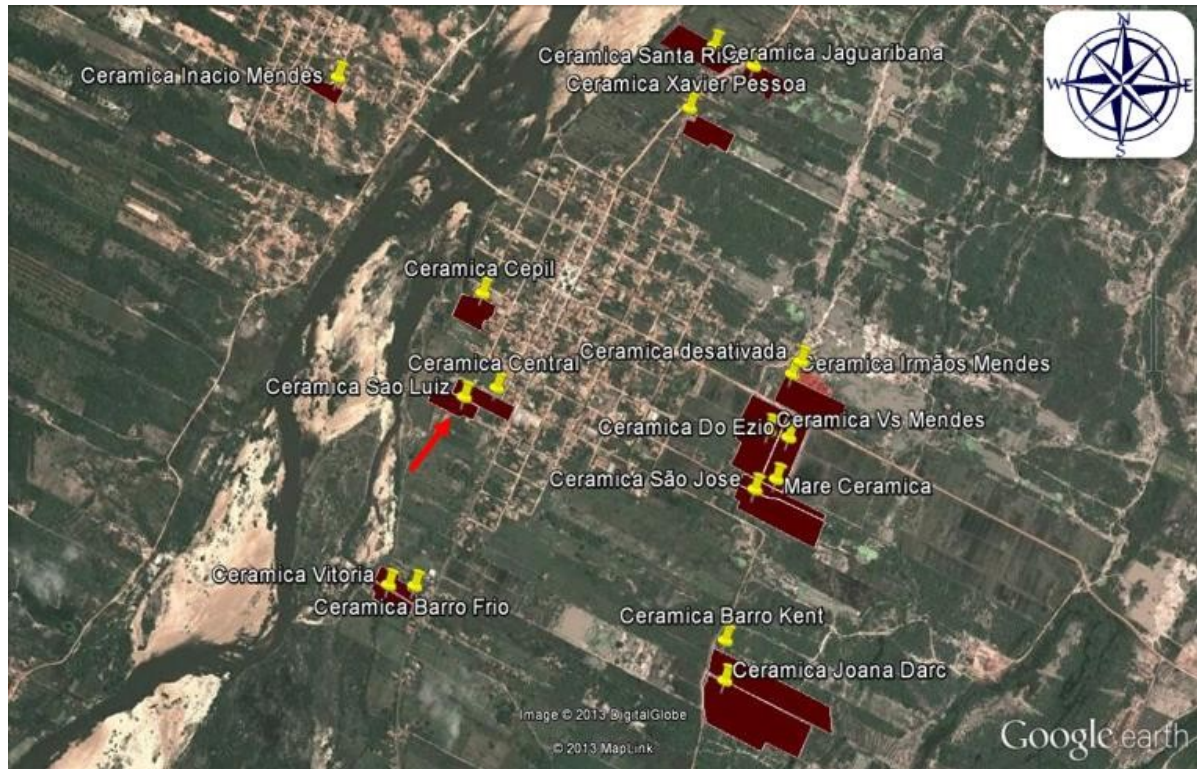


Fonte: Moura, (2014)

3.3 Ponto de coleta em área externa

A cerâmica São Luiz foi usada na amostragem de Material Particulado de 2,5 μm para áreas externas. A mesma está localizada na área central do distrito de Flores como mostra a (Figura 18). A escolha desta indústria se deu devido à disponibilidade e acessibilidade do proprietário, sendo a única cerâmica a permitir a instalação dos equipamentos.

Figura 18 - Localização das cerâmicas do distrito de Flores em Russas, Ceará como referencia a empresa usada no processo está indicada com a seta.



Fonte: Google Earth (2014).

3.4 Pontos de coleta em área interna

A escolha dos pontos foi feita com o objetivo de permitir a análise do MP nas residências no entorno da cerâmica em estudo. Foram selecionados quatro pontos, um para cada episódio, onde cada ponto caracteriza uma residência.

Os pontos selecionados foram: 1º Ponto (residência localizada dentro do pátio da cerâmica escolhida como ponto de coleta em área externa), 2º Ponto (residência localizada a 100 m do portão de acesso da cerâmica do ponto de coleta externa), 3º Ponto (residência localizada no centro do distrito de Flores, em frente à igreja) e 4º Ponto (residência localizada no ramal de flores). A Figura 19 mostra a localização dos pontos de coleta interno.

Figura 19 - Pontos de coleta de áreas internas.



Fonte: Moura,(2014)

O 1º Ponto encontra-se na área da cerâmica onde quatro moradores permanecem em grandes períodos diários de exposição a partículas presentes no ar, pela emissão da chaminé dos fornos, e de toda movimentação de entrada e saída da cerâmica, já que a mesma está localizada ao lado do portão de acesso.

Para disposição do equipamento de amostragem no interior do ambiente, foi escolhido um local que considerasse o maior tempo de permanência dos moradores de forma a não obstruir passagem e assegurar a integridade dos equipamentos. O equipamento foi instalado à altura de 1,5 m do solo, próximo da altura média da região de inalação do ser humano, na área de convivência da residência.

O 2º ponto de coleta está localizado próximo a cerâmica e trata-se de um edifício de dois andares, distante 100 metros da indústria de cerâmica. Neste ponto o equipamento foi instalado no pavimento inferior na sala de estar. O equipamento foi instalado à altura de 90 cm do solo, próximo da altura média da região de

inalação dos ocupantes da sala, já que esses permanecem sentados, a mesa do computador ou a mesa de estudos.

O 3º ponto fica localizado na área central do distrito de Flores e uma residência com um ponto comercial na parte da frente e uma sala de jantar e estar que fica atrás, nessa sala foi instalado o equipamento, à altura de 1,5 m do solo, próximo da altura média da região de inalação à altura de 1,5 m do solo, próximo da altura média da região de inalação.

O 4º ponto de coleta localiza-se no Ramal de Flores, uma área que fica na outra margem do Rio Jaguaribe sendo a área mais alta do distrito. Este último ponto foi escolhido por ser uma região de maior reclamação por parte de população, com relação à fumaça das cerâmicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo estão apresentados os resultados das concentrações de particulados de áreas externas (pátio da cerâmica) e de áreas internas de residências no entorno da cerâmica.

De acordo com a metodologia, os parâmetros utilizados para o estudo de monitoramento da emissão de particulado por indústria de cerâmica vermelha no Distrito de Flores – Município de Russas (CE) envolve os parâmetros de material particulado: $MP_{2,5}$ em áreas externas e MP_{10} e $MP_{2,5}$, em áreas internas e condições climáticas.

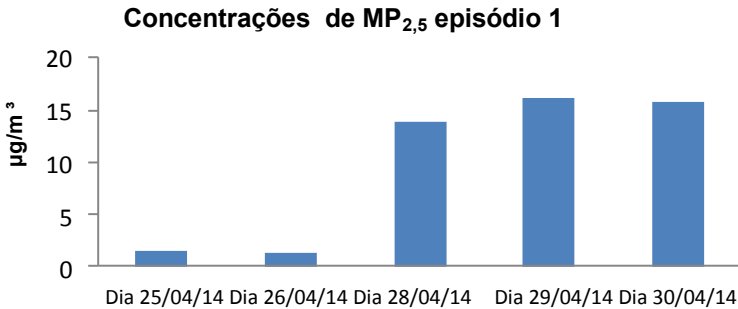
As condições climáticas influenciam diretamente na dispersão dos poluentes atmosféricos, por esse motivo é que se deve levar em consideração, quando se trata de estudos relacionados à emissão de partículas na atmosfera.

Com os dados obtidos pela Estação Meteorológica Automática Davis do tipo Por2Plus, instalada no pátio da cerâmica objeto do estudo e da Estação Meteorológica da Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão Tecnológica - UEPE / Chapada do Apodi, IFCE Campus Limoeiro do Norte pode-se avaliar a influencia das condições climáticas na dispersão do material particulado emitido pela as chaminés das indústrias de cerâmicas no distrito de Flores/Russas.

A direção dos ventos na região se caracteriza predominantemente LESTE, mudando para NORTE no início da noite, por influência dos ventos do Aracati e tornando a mudar de direção no período da madrugada para SUL, e ao amanhecer volta a ser LESTE.

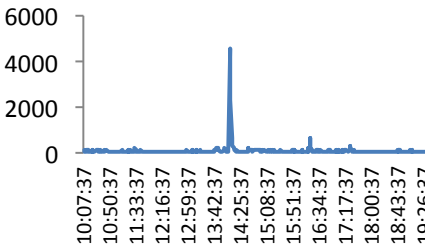
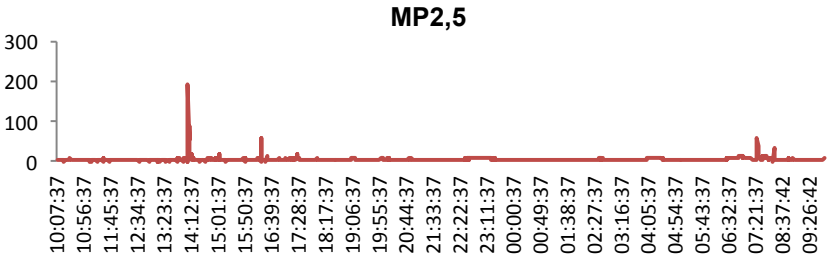
Para facilitar a análise dos dados são apresentadas pranchas contendo os gráficos dos resultados de $MP_{2,5}$ da área externa da cerâmica, $MP_{2,5}$ e MP_{10} , das áreas internas, bem como tabelas e fotos com os aspectos climáticos.

PRANCHA
EPISÓDIO 1

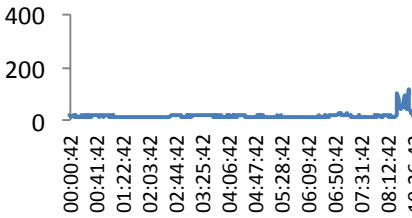
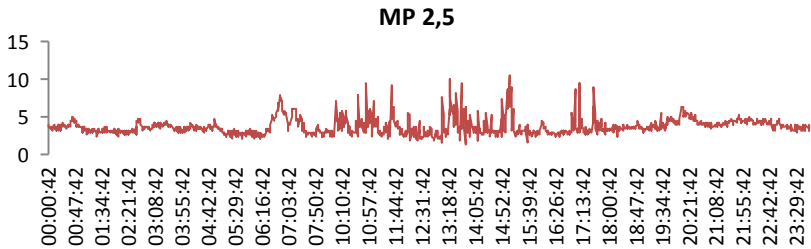


Dia	Temp.	T
	Méd. (°C)	Ma
25/04/2014	27,70	3
26/04/2014	26,92	3
27/04/2014	27,45	3
28/04/2014	26,24	3
29/04/2014	25,53	3
30/04/2014	26,35	3

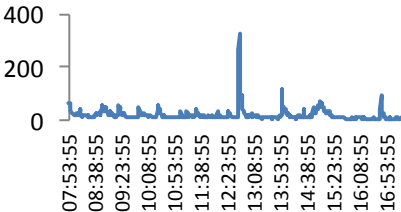
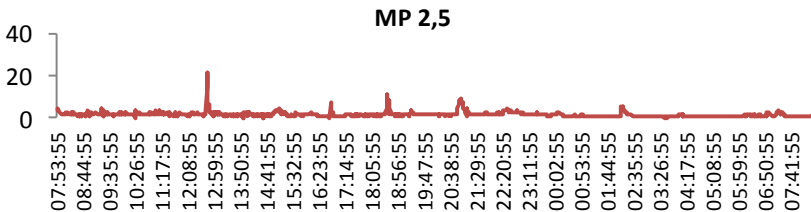
Dia 1 – 25 de abril 2014



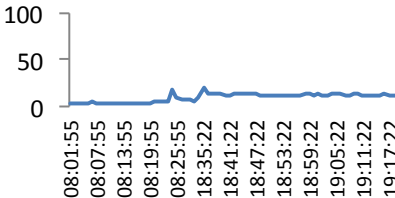
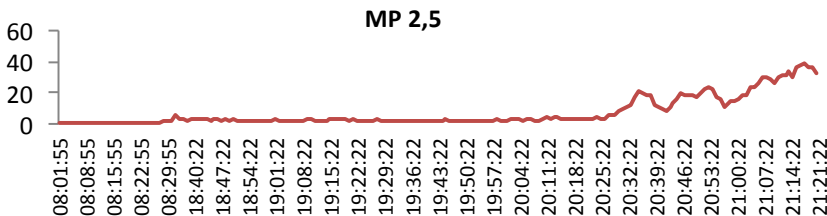
Dia 2 – 26 de abril 2014



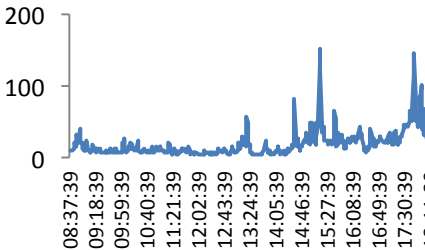
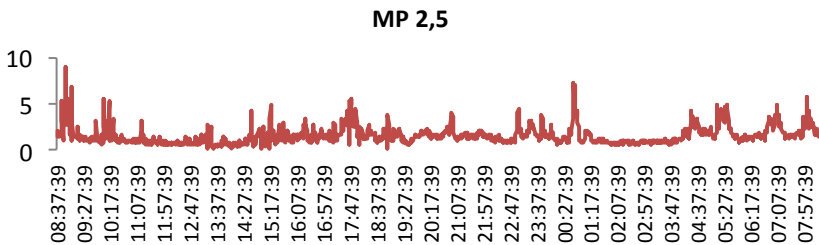
Dia 3 – 28 de abril 2014



Dia 4 – 29 de abril 2014



Dia 5 – 30 de abril 2014



4.1 Monitoramento de MP no 1º episódio de amostragem (25 a 30/04/2014)

Os níveis de $MP_{2,5}$ na área externa, que equivale ao pátio da indústria de cerâmica em estudo, estes dados de material particulado de diâmetro equivalente a $2,5\mu g$ coletados durante a amostragem do dia 25/04/2014 ao dia 30/04/2014.

Valores de $MP_{2,5}$, no Brasil não possuem regulação, mesmo que essas partículas sejam prejudiciais e estejam diretamente ligadas a problemas de saúde. Para este estudo será utilizada a medida estabelecida pela OMS (2005) que é de $25\mu g/m^3$ para 24 horas, não sendo usada como base às referências do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) de N° 003/90, que estabelece concentração 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano, devido esses valores se encontrarem muito acima dos valores estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Quadro 2 - Medidas estabelecidas pela OMS, para níveis de Material Particulado na amostragem.

Diretrizes	Valores aceitáveis
$MP_{2,5}$	$10\mu g/m^3$ média anual
	$25\mu g/m^3$ média de 24 horas
MP_{10}	$20\mu g/m^3$ média anual
	$50\mu g/m^3$ média de 24 horas

Fonte: OMS (2005).

Para áreas externas o nível de emissão de material particulado para a fração $MP_{2,5}$ em um período de 24 horas foi de $16,2\mu g/m^3$ inferior ao aceitável pela OMS (2005), Como pôde ser observado no gráfico da prancha 1.

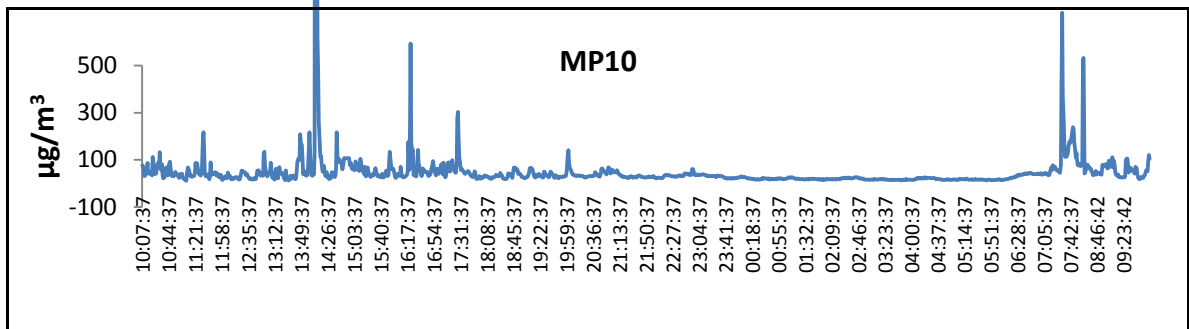
No que se refere à análise dos dados obtidos na área interna do 1º episódio, que trata da sala de convivência de uma residência locada na área da cerâmica. Os limites obedecem aos valores estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária ($80\mu g/m^3$).

A ANVISA (2003):

Estabelece critérios que informe a população sobre a qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, cujo desequilíbrio poderá causar agravos à saúde dos seus ocupantes. Os Valores Máximos Recomendáveis são de $\leq 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de aerodispersóides totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado.

Os resultados para MP_{10} apresentaram valores abaixo $16,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do Valor Máximo Recomendável Resolução 09/03 da ANVISA, que é de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, no entanto observa-se alguns picos bastante elevados no primeiro dia entre às 14:00h e 14:20h chegando a atingir a máxima de $4574,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ conforme prancha 1. Outros picos menores foram registrados e que também ultrapassam a resolução. Para melhor visualização desses picos foi elaborado o gráfico abaixo com unidades de escala de $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o eixo da coordenadas.

Figura 20 - Gráfico do 1º dia do episódio 1



Data: 25/04/2014

Fonte: Moura,(2014)

No segundo dia (26/04/2014) observa-se os picos concentrados entre as 10:00h e às 17:00h tendo o valor mais elevado às 13:23h com $192,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O terceiro dia (27/04/2014) às 12:45h observa-se concentrações de $263,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e mais dois picos um as 13:57h de $116,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e outro as 21:12 de $121,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para o quarto dia (28/04/2014) notou-se que às 21:00h as concentrações alcançaram $55,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e permaneceu até as 21:16h acima das especificações da ANVISA. O

último dia se caracterizou por ter concentrações acima de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entre as 14:36h e 17:49h (30/04/2014).

Os valores de $\text{MP}_{2,5}$ de áreas internas só foram ultrapassados no primeiro e quarto dia, correspondendo aos picos do MR_0 , com máxima de $195,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ às 14:00h no primeiro dia e no quarto dia a concentração esteve acima do permitido máxima do recomendadas às 20:30h às 21:19h, chegando ao máximo de $60,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ às 21:16h.

No estudo de Querol (2010), foi registrada a taxa média anual de $71 \mu\text{g MP}_{10} / \text{m}^3$. Estes valores são comparados com os valores-limite da União Européia (UE) (2008 / Directiva 50/CE Europeia; UE, 2008), que obedeceu a média anual de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ MP_{10} e o valor limite diário $50 \mu\text{g MP}_{10} / \text{m}^3$, podendo ser ultrapassado em 35 dias no ano. A Figura 21 mostra as chaminés nessa fase.

Figura 21 – Imagem das chaminés na fase de pré-aquecimento dos fornos



Fonte: Moura (2014)

Essa ideia foi descartada quando se observou a direção dos ventos que estavam indo na direção Leste fazendo com que a fumaça dispersasse para o lado

oposto os pontos de coleta tanto da área externa quanto da área interna, que se localizavam a sudeste do ponto de emissão.

Outro fato observado foi o fluxo de caminhões que entraram na cerâmica para fazer o carregamento do produto, tendo sua rota passando pelos dois pontos.

Querol (2010) em seu estudo obteve uma média dos níveis de $MP_{2,5}$ para os dias de amostragem $38 \mu g$ de $MP_{2,5} / m^3$.

As tabelas 1 e 2 abaixo mostram os valores de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade e direção dos ventos, referente ao 1º episódio e monitoramento da estação do IFCE.

Tabela I- Dados Meteorológicos do 1º Episódio de 25 a 30 de Abril de 2014

Dia	Temp	Temp	Hora	Temp	Hora	Umid	Umid	Hora	Umid	Hora	Vel. Ven.	Hora	Vel. Ven.	Direção
	Méd. (°C)	Max. (°C)	T. Max	Min (°C)	T. Min	Méd. (%)	Max (%)	Ur. Max	Min (%)	Ur. Min.	Max. (m/s)	Vv. Max.	Méd. (m/s)	Ven.
25/04		36.4	14:00	24.4	04:00		95	05:00	42	14:00	04	17:00		E
26/04		35.1	13:00	25.4	01:00		93	06:00	48	13:00	5	15:00		E
27/04		35.6	13:30	24.9	06:00		91	02:30	39	13:30	03	19:00		E
28/04		34.7	14:00	23.4	02:00		97	06:00	54	12:00	04	16:00		E
29/04		33.6	13:00	25.7	02:00		90	03:30	53	12:30	04	17:30		E
30/04		32.7	14:00	25.2	06:00		92	22:00	59	14:00	04	19:00		E

Fonte: UFEPE/IPCE (2014)

Tabela II - Dados Meteorológicos do 1º Episódio de 25 a 30 de Abril de 2014 na unidade de monitoramento da UEPE

Dia	Temp	Temp	Hora	Temp	Hora	Umid	Umid	Hora	Umid	Hora	Vel. Ven.	Hora	Vel. Ven.	Direção
	Méd. (°C)	Max. (°C)	T. Max	Min (°C)	T. Min	Méd. (%)	Max (%)	Ur. Max	Min (%)	Ur. Min.	Max. (m/s)	Vv. Max.	Méd. (m/s)	Ven. (*)
25/04	27,70	34,47	13:24	23,19	4:25	73,50	92,90	00:43	43,16	13:25	5,33	7:39	1,68	228,60
26/04	26,92	34,81	13:23	22,78	4:31	80,10	96,80	4:49	42,89	13:23	4,93	15:18	1,37	228,60
27/04	27,45	34,00	15:17	23,05	5:00	74,40	96,10	5:30	42,22	15:18	5,28	11:36	1,24	228,60
28/04	26,24	32,73	13:54	22,58	23:59	80,50	94,40	22:36	50,51	13:54	5,74	14:53	1,32	228,60
29/04	25,53	30,71	14:07	21,57	2:53	80,40	98,40	6:19	53,67	11:25	4,53	07:00	1,18	228,60
30/04	26,35	31,31	15:25	22,24	5:47	79,70	96,60	6:03	57,24	15:36	5,65	10:42	1,68	228,60

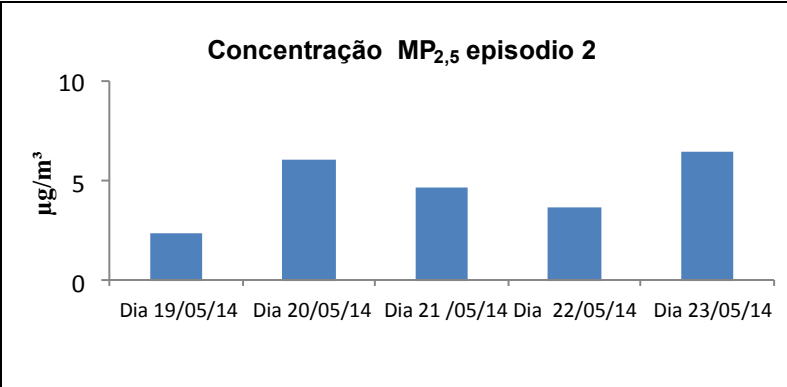
Fonte: UFEPE/IPCE (2014)

Para este episódio observou-se que as altas concentrações foram registradas principalmente entre 12:45h e 17:49h em condições climáticas onde foram

registradas temperaturas mais elevadas com máximas de 34°C, umidade mínima de 42,22% com velocidade variando de 4,5 e 5,5 m/s com direção predominantemente LESTE.

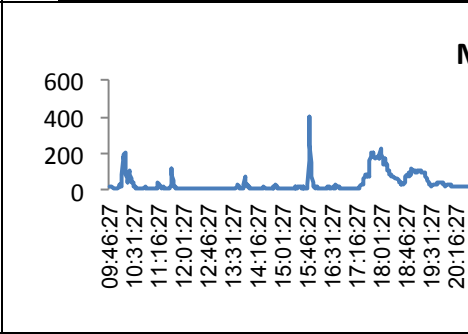
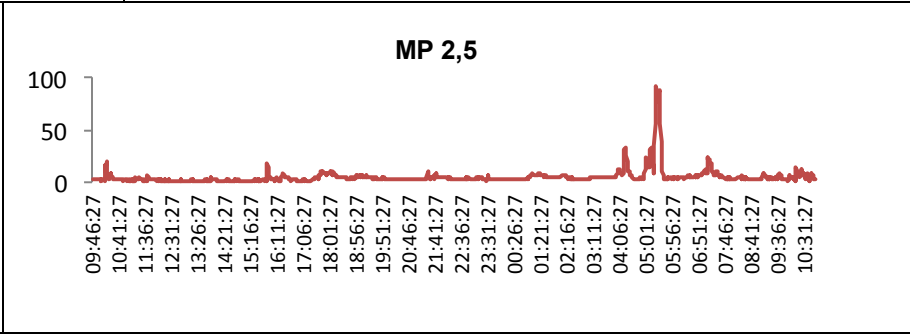
Com relação à temperatura, houve uma diferença de 12°C entre a temperatura mais baixa que foi de 24,4°C de 4:00h às 5:00h e a mais elevada que foi de 36,4°C às 14:00h. Neste período a umidade relativa do ar encontrava-se em seu índice mais baixo, 42% e a fraca incidência dos ventos que predominou durante todo o período da coleta não foi favorável para dispersão dos particulados. Nessas condições climáticas onde se observou o pico de emissão de material particulado nas frações de MP₁₀ e MP_{2.5}.

PRANCHA EPISÓDIO 2

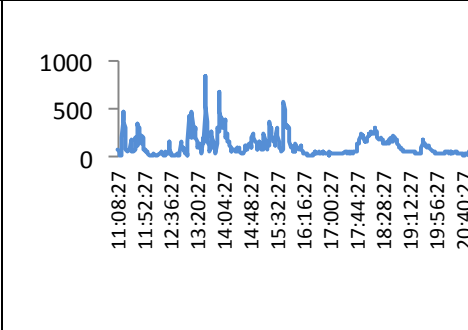
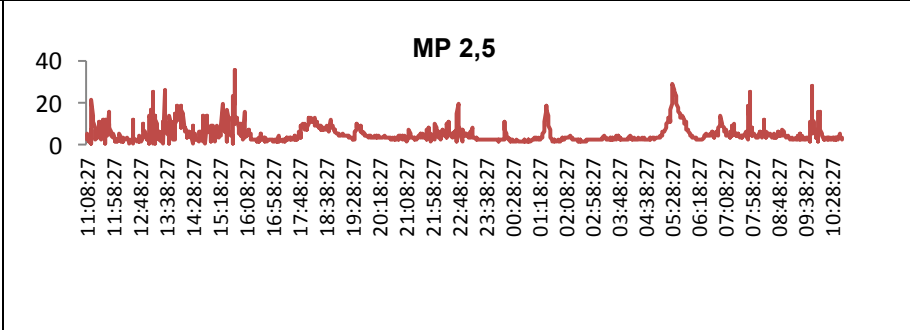


Dia	Temp.	Temp.	H
	Méd. (°C)	Max. (°C)	T.
19/05/2014	25,81	31,51	1
20/05/2014	25,82	31,98	1
21/05/2014	25,83	31,85	1
22/05/2014	25,02	31,78	1
23/05/2014	25,51	31,31	1

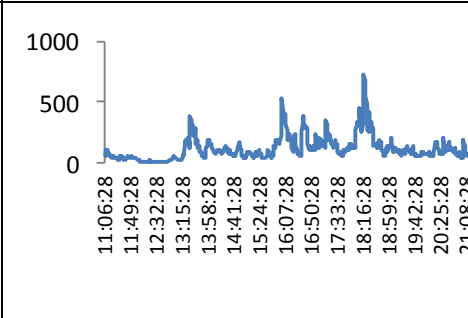
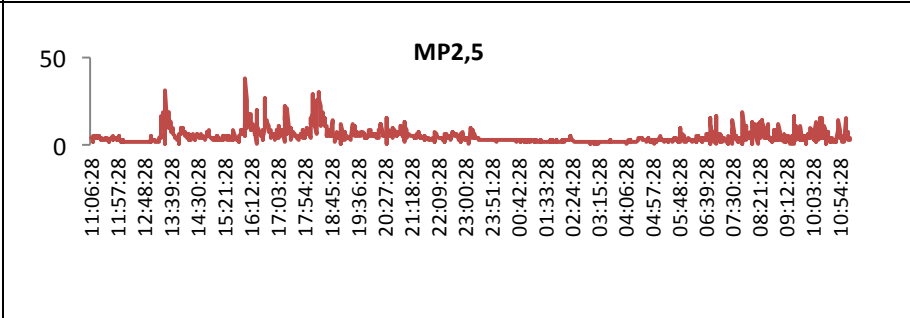
Dia 1 – 19 maio 2014



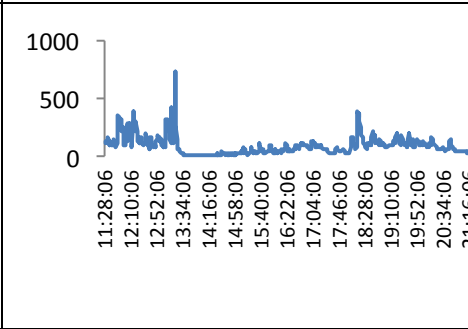
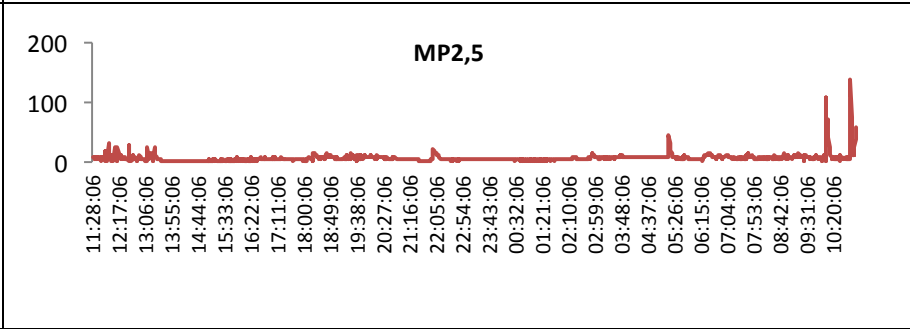
Dia – 20 maio 2014



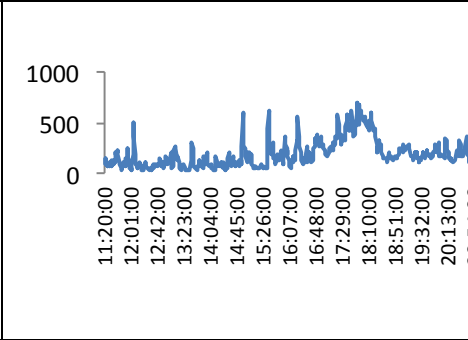
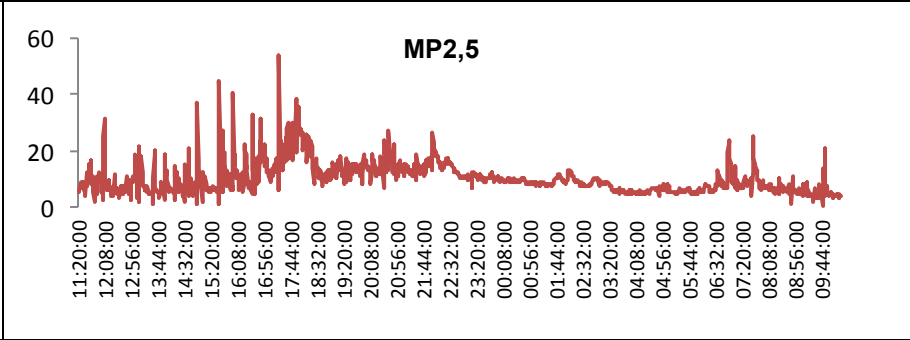
Dia 3 – 21 maio 2014



Dia 4 – 22 maio 2014



Dia 5 – 23 maio 2014



4.2 Monitoramento de MP no 2º episódio de amostragem (19 a 23/05/2014)

O segundo episódio se caracterizou por condições climáticas consideradas favoráveis a dispersão de particulados, como se pode observar na tabela apresentada na prancha dois, notabilizando-se a incidência de ventos com velocidade de até 9,29 m/s, com predominância Leste, durante período da manhã e tarde (Figura 22), com ventos Norte à noite e Sul na madrugada, temperatura média de 25,8°C, com máxima de 31,98°C às 15:45h no dia 20 de maio e mínima de 21,17°C às 5:13h do mesmo dia. A umidade relativa do ar neste episódio variou de 98,3% máxima e mínima de 48,42%.

Figura 22 – Imagem da chaminé considerando a direção Leste dos ventos



Fonte: Moura (2014).

Para concentrações de $MP_{2,5}$ da área externa durante a amostragem do dia 19/05/2014 ao dia 23/05/2014 observa-se que os valores obtidos também estão bem abaixo do recomendado pela OMS (2005) que é de $25 \mu g^3/m^3$ por 24 horas. O

quinto dia foi o que apresentou em maior concentração de MP, com valor de 6,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Já para concentrações de $\text{MP}_{2,5}$ e MP_{10} de áreas internas pode-se notar após análise os gráficos da prancha 2, que os resultados para MP_{10} apresentaram valores acima do valor máximo recomendável pela OMS que é de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e da Resolução 09/03 da ANVISA, que é de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, em todos os dias do episódio, no entanto observa-se que no período de 22:00h às 6:00h do dia 20 houve uma considerável queda dessas concentrações.

No primeiro dia o MP_{10} manteve-se quase todo o periodo da coleta acima do recomendado, com máxima de 316,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ às 15:50h, já o $\text{MP}_{2,5}$ manteve-se dentro dos padrões durante quase todo periodo da coleta tendo a máxima de 88,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ às 5:24h. Nos outros dias do episódio pede-se notar uma oscilação permanecendo com concentrações mais baixas no período da noite, como já foi citado, para os dois parâmetros. O quinto dia foi o que apresentou maior alteração do material particulado de diâmetro equivalente menor que 2,5 μg .

Neste episódio ocorreu uma particularidade, pois no dia 20 ao dia 23 ocorreu o abastecimento da matéria prima da indústria (argila), transportada em caminhões basculantes. O transporte deste material para o pátio da cerâmica pode ser o motivo desse cenário visualizado no neste episódio, já que o ponto de coleta da área interna fica a 100 m da cerâmica, na rua de acesso. Levando-se em conta que esta rua não é pavimentada, isso pode ter alterado os dados do equipamento já que a movimentação dos carros provocou um excesso de poeira. Segundo relatos da proprietária da residência onde se localizou o 2º ponto, o maior desconforto pra ela não era a queima dos fornos e sim o transito de caminhões que é uma constante, seja pra deixar argila ou lenha ou pra pegar o produto (telha).

Estudos realizados na Espanha por Querol (2010) através de análises químicas identificou o padrão do perfil elementar da argila e concluiu que uma das principais fontes de MP ocorre através ressuspensão e emissões fugitivas do MP que tem sua origem nas das atividades de moagem, processamento, coleta e transporte das matérias primas por máquinas pesadas.

PRANCHA EPISÓDIO 3

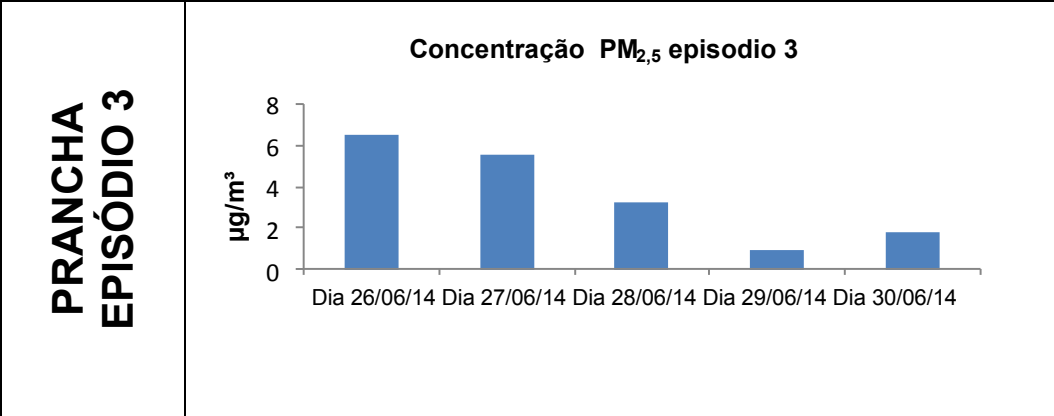
Concentração $PM_{2,5}$ episódio 3

Data	Concentração $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)
Dia 26/06/14	6.6
Dia 27/06/14	5.6
Dia 28/06/14	3.3
Dia 29/06/14	1.0
Dia 30/06/14	1.9

PRANCHA EPISÓDIO 3

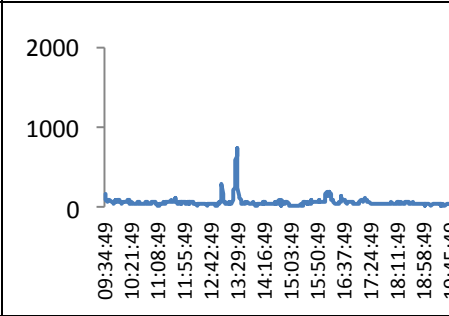
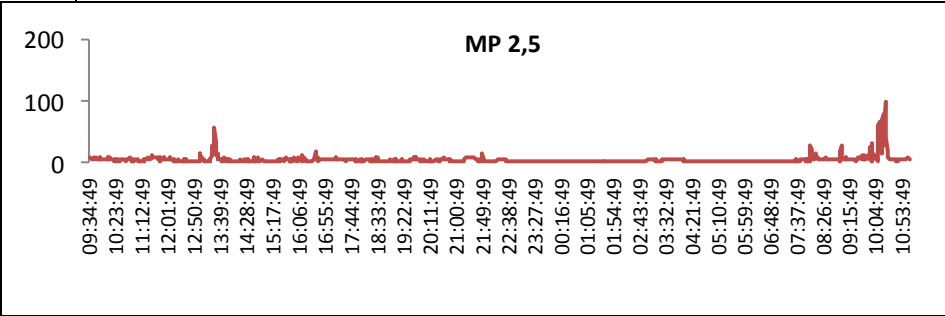
Concentração $PM_{2,5}$ episódio 3

Data	Concentração $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)
Dia 26/06/14	6.6
Dia 27/06/14	5.6
Dia 28/06/14	3.3
Dia 29/06/14	1.0
Dia 30/06/14	1.9

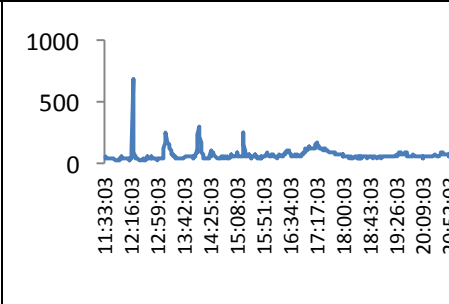
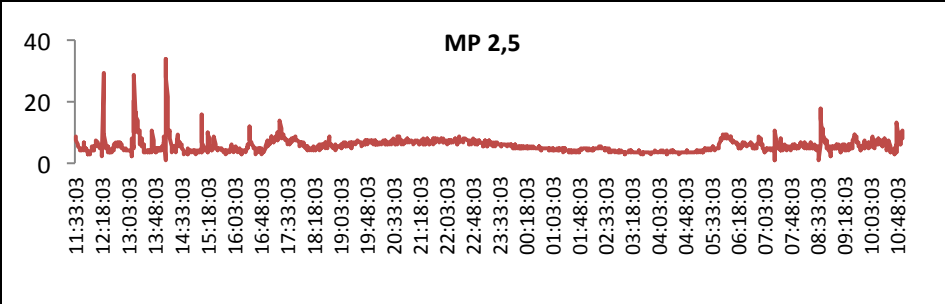


Dia	Temp.	Temp.
	Méd. (°C)	Max. (°C)
26/06/2014	26,67	33,39
27/06/2014	26,15	31,78
28/06/2014	26,91	32,91
29/06/2014	26,54	33,65
30/06/2014	26,56	33,98

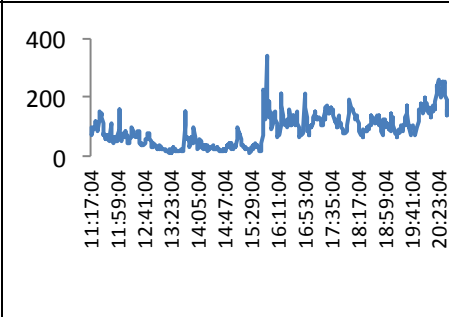
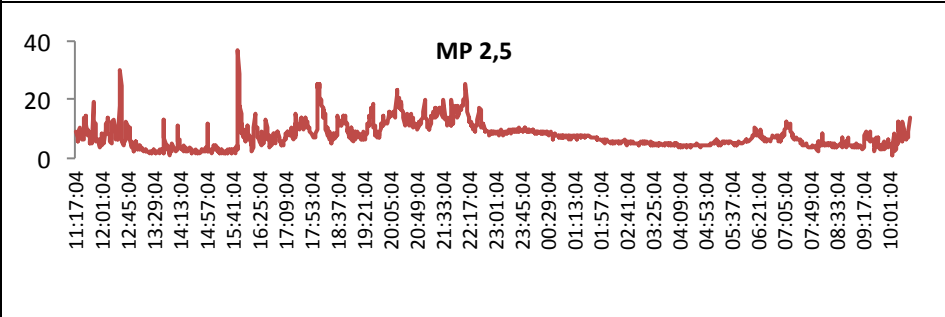
Dia – 26 junho 2014



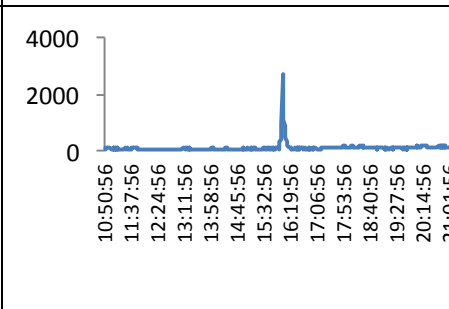
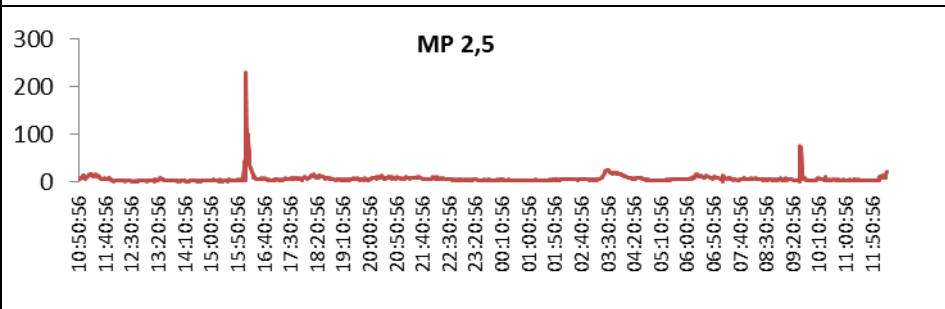
Dia – 27 junho 2014



Dia – 28 junho 2014



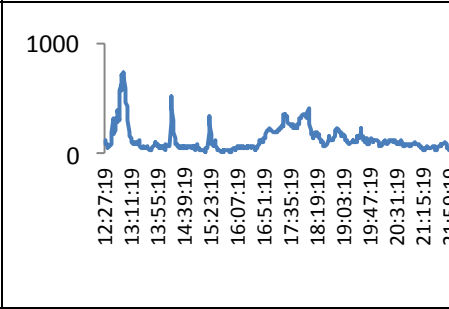
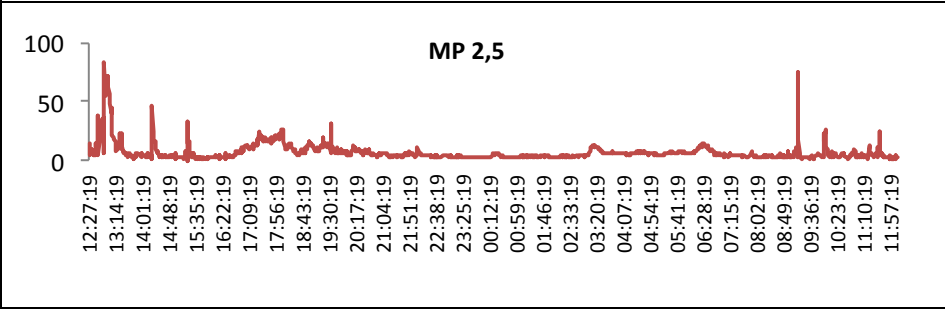
Dia – 29 junho 2014



Dia – 30 junho 2014

MP 2,5

Time	MP 2,5
12:27:19	10
13:14:19	90
14:01:19	50
14:48:19	10
15:35:19	10
16:22:19	10
17:09:19	10
17:56:19	20
18:43:19	10
19:30:19	30
20:17:19	10
21:04:19	10
21:51:19	10
22:38:19	10
23:25:19	10
00:12:19	10
00:59:19	10
01:46:19	10
02:33:19	10
03:20:19	10
04:07:19	10
04:54:19	10
05:41:19	10
06:28:19	10
07:15:19	10
08:02:19	10
08:49:19	80
09:36:19	10
10:23:19	30
11:10:19	10
11:57:19	10



4.3 Monitoramento de MP no 3º episódio de amostragem (26 a 30/06/2014)

As condições climáticas desta semana como pode-se observar na Tabela mostra a incidência de ventos com velocidade de até 5,98 m/s no primeiro dia as 8:38h, mantendo uma média na semana de 1,68 m/s, com predominância Leste, durante período da manhã e tarde. A temperatura média de 26°C, com máxima de 33,98°C as 14:11h no último dia do episódio de maio e mínima de 20,49°C às 5:40h do dia 29 de junho. A umidade relativa do ar neste episódio variou de 97,2% máxima e mínima de 41,54% com média na semana de 71,7%.

Tabela III - Dados Meteorológicos do 3º Episódio de 26 a 30 de Julho de 2014

Dia	Temp	Temp	Hora	Temp	Hora	Umid	Umid	Hora	Umid	Hora	Vel. Ven.	Hora	Vel. Ven.	Direção
	Méd. (°C)	Max. (°C)	T. Max	Min (°C)	T. Min.	Méd. (%)	Max (%)	Ur. Max.	Min (%)	Ur. Min.	Max. (m/s)	Vv. Max.	Méd. (m/s)	Ven. (*)
26/06	26,67	33,39	12:18	21,64	6:00	70,90	93,50	23:58	42,89	12:18	5,24	8:31	2,02	228,80
27/06	26,15	31,78	15:28	21,97	5:28	77,00	97,20	5:46	50,16	15:26	5,98	8:38	1,93	228,90
28/06	26,91	32,91	16:00	21,03	5:27	69,43	93,40	5:53	41,68	16:01	5,00	10:41	1,76	228,80
29/06	26,54	33,65	15:05	20,49	5:40	73,20	95,30	5:45	41,54	15:23	4,24	13:42	1,51	228,80
30/06	26,56	33,98	14:11	20,76	5:27	68,08	95,70	5:50	35,61	14:12	4,25	7:59	1,17	228,80

Fonte: UEPE / IFCE (2014).

Como se observou, nos outros episódios o MP_{2,5} da área externa ficou abaixo do recomendado, ressaltando que o ponto de coleta não foi instalado em um ponto estratégico da cerâmica devido à segurança dos equipamentos, ficando assim o mesmo colocado a sudeste do ponto de emissão. O quadro abaixo mostra as concentrações do MP_{2,5} da área externa no episódio 3.

No entanto, é possível observar que o valor máximo obtido neste episódio é de 6,48 µg/m³ bem abaixo da média estabelecida pela OMS (2005) que é de 25 µg/m³ para 24 horas.

Quadro 3 - Concentrações do MP_{2,5} da área externa no episódio 3.

Episódio 3 – 206 a 30 de junho de 2014	
Dia	Média ug/m³
26/06/14	6,481481481
27/06/14	5,555555556
28/06/14	3,240740741
29/06/14	0,925925926

Fonte: Moura,(2014).

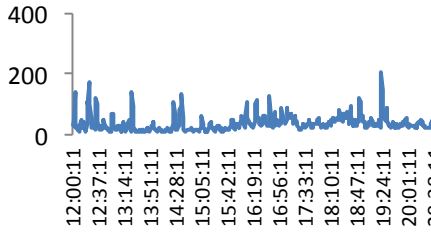
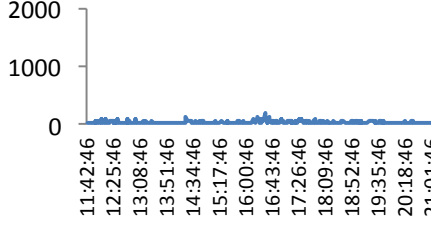
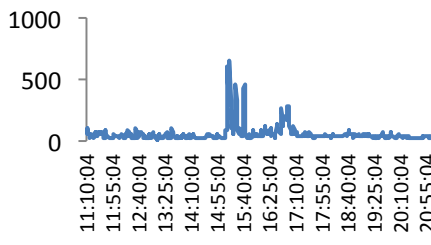
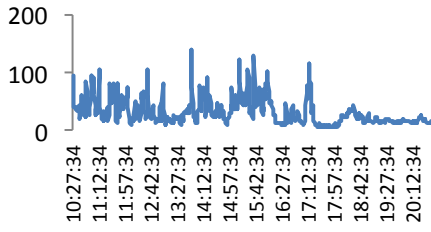
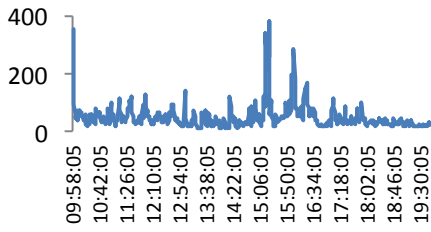
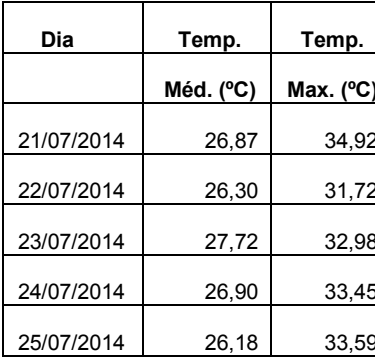
Os dados da área interna deste episódio foram coletados em uma residência com um ponto comercial, localizado na área central do distrito de Flores. Este ponto não sofre influência da cerâmica em estudo onde foram instalados equipamentos de medição de MP de áreas externas. Este ponto foi escolhido para medir a incidência de material particulado no centro do distrito de Flores tendo sua influencia de outras cerâmicas localizadas no distrito. Na área central de Flores há outra fonte estacionária de emissão de MP, trata-se de uma padaria cuja chaminé se encontra em uma altura desfavorável a dispersão da fumaça, podendo ter influenciado nos resultados a seguir.

Embora os resultados apresentados demonstrem que nos diversos dias de pesquisa os níveis de MP_{2,5} tenham ultrapassados os limites desejáveis, é possível notar que em alguns momentos os índices foram bastante significativos, ou seja, ultrapassou os limites aceitos pelos órgãos de controle ambientais. As primeiras medidas ocorreram às 00:27h, onde os primeiros resultados foram de 97,7µm³ no primeiro dia; 29,4 µm³ das 2:20h às 14:00h no segundo dia. No terceiro dia ocorreu maior oscilação, sendo que o limite foi ultrapassado às 15:50h com concentração de 28,9µm³. No quarto dia foi o que mais apresentou maior índice de MP, chegando ao nível de 230,2µm³ às 16:06h. No quinto e último dia os índices foram de 75,2µm³ às 9:19h e de 70,8µm³ às 13:00h.

**PRANCHA
EPISÓDIO 4**

Concentração PM_{2,5} episódio 4

Dia	Concentração PM _{2,5} (µg/m³)
Dia 21 /07/14	4.8
Dia 22/07/14	6.2
Dia 23/07/14	5.8
Dia 24/07/14	4.2
Dia 25/07/14	2.0



4.4 Monitoramento de MP no 4º episódio de amostragem (21 a 25/07/2014)

Os dados das condições climáticas neste episódio foram obtidos pela estação do Instituto Federal do Ceará (IFCE), Campus de Limoeiro do Norte da Unidade de Ensino, Pesquisa Extensão Tecnológica (UEPE), localizada na Chapada do Apodi. Neste episódio não foi possível coletar os dados relacionados à direção dos ventos devido a uma pane ocorrida no sensor da referida estação. A temperatura obteve um média de 26°C tendo sua máxima de 34,92°C no dia 21 de julho às 15:45h e mínima de 20,22°C do mesmo dia às 5:30h tendo uma diferença de 17,42°C entre a máxima e a mínima. A umidade relativa do ar teve uma média de 65% com máxima de 93,10% às 2:46h e mínima de 23,59%. A velocidade dos ventos se caracterizou por ventos de até 5,56m/s, conforme a Tabela 5.

Tabela IV - Dados Meteorológicos do 4º Episódio de 21 a 25 de Julho de 2014

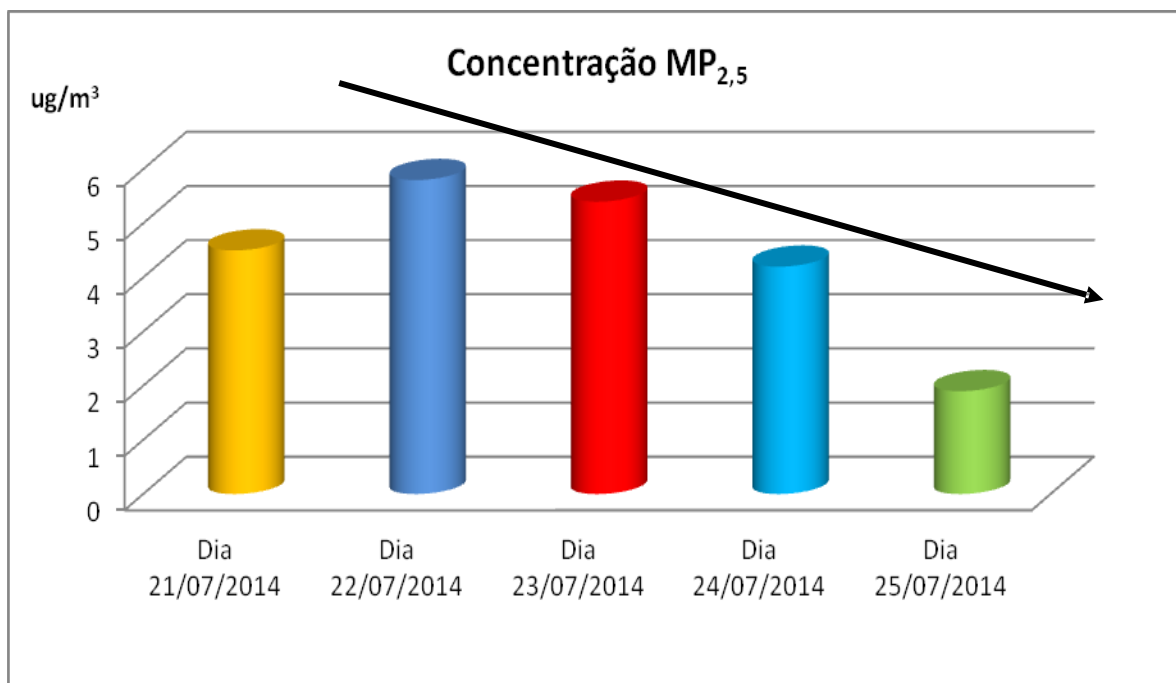
Dia	Temp	Temp	Hora	Temp	Hora	Umid	Umid	Hora	Umid	Hora	Vel. Ven.	Hora	Vel. Ven.	Direção
	Méd. (°C)	Max. (°C)	T. Max .	Min (°C)	T. Min.	Méd. (%)	Max (%)	Ur. Max.	Min (%)	Ur. Min.	Max. (m/s)	Vv. Max.	Méd. (m/s)	Ven. (*)
21/07	26,87	34,92	15:43	20,22	5:30	65,66	91,50	5:31	32,58	15:42	5,36	1:28	1,97	-
22/07	26,30	31,72	15:47	20,90	2:14	68,35	93,10	2:46	43,37	15:48	5,66	11:56	1,58	-
23/07	27,72	32,98	13:40	22,98	2:08	57,78	81,90	2:21	35,08	13:43	6,56	10:27	2,64	-
24/07	26,90	33,45	13:43	21,91	23:54	63,82	80,20	23:56	37,03	11:51	6,55	11:52	2,93	-
25/07	26,18	33,59	15:42	20,49	6:08	69,40	89,40	6:11	40,53	15:28	5,88	10:14	2,54	-

Fonte: UEPE / IFCE (2014).

Para níveis de $MP_{2,5}$ na área externa, no quarto episódio que equivale ao pátio da indústria de cerâmica, os dados coletados do material particulado eram inferiores a 2,5 μ m entre os dias 21 a 25 de julho de 2014, onde foram encontrados níveis aceitáveis para esse parâmetro, sendo o maior valor encontrado de 6,02 μ m³ no dia 22 de julho.

O Gráfico 1 mostra que houve uma diminuição na concentração nos 3, 4 e 5 dias do episódio.

Gráfico 1 – Concentração de MP_{2,5} do episódio 4



Fonte: Moura (2014)

O ponto do quarto episódio para a área interna referente ao MP_{2,5} e MP₁₀ também não sofre influência da cerâmica neste estudo, uma vez que ele foi escolhido devido ao grande número de reclamações dos moradores locais em razão da fumaça constante, principalmente durante a madrugada e ao amanhecer, onde se tem menor volume de dispersão.

Os gráficos da prancha 4 demonstram que o episódio teve menor índice de concentrações acima de $25\mu\text{m}^3$ que é o valor máximo permitido para 24 horas os picos no primeiro dia, os quais ficaram entre $31,5\mu\text{m}^3$ e $28\mu\text{m}^3$ entre os 15:17h e 16:04h. No segundo dia não houve valor que ultrapasse o máximo permitido, o valor máximo foi de $22,1\mu\text{m}^3$ às 10:56h.

No terceiro dia foi o que apresentou maior pico, observando-se às 15:16h com $31,6\mu\text{g}/\text{m}^3$, 15:18h com $43,8\mu\text{g}/\text{m}^3$. O dia 24 de julho apresentou um único valor acima do recomendado: $45,9\mu\text{g}/\text{m}^3$ às 9:51h, como também o último dia com picos de $45,7\mu\text{g}/\text{m}^3$ às 18:50h. Esses valores ultrapassaram a $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ que é o valor máximo estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 2005).

Outro episódio aparece com níveis bem elevados para as concentrações de MP_{10} . No dia 1º apresentou a máxima de $379,09\mu\text{g}/\text{m}^3$ às 17:51h e 5:21h. No segundo dia apresentou duas zonas de concentrações bastante elevadas com zona de estabilidade no mesmo período identificado nos outros episódios. No terceiro dia apresentou também características similares ao segundo dia, com dois períodos críticos: o primeiro de 11:00h às 21:30h chegando $85,0\mu\text{g}/\text{m}^3$ e um pico de $647,08\mu\text{g}/\text{m}^3$ às 15:17h, podendo ser justificado pela queima da mata, neste referido dia.

No quarto dia apresenta valores bastante baixos no início do episódio podendo ser observado que às 5:40h houve uma concentração de $50,5\mu\text{g}/\text{m}^3$ que se prolongou até às 11:43h com valores de $99,1\mu\text{g}/\text{m}^3$ com pico de $985,25\mu\text{g}/\text{m}^3$ às 6:08h. O último dia do episódio também se caracterizou por intervalos acima do recomendado com picos bastante significativos, como: 12:23h com $170,3\mu\text{g}/\text{m}^3$, 14:36h com $1333,6\mu\text{g}/\text{m}^3$, 19:24h com $208,8\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 15:25h com $379,9\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5 CONCLUSÃO

Considerando o elevado número de indústrias de cerâmica no distrito de Flores, entende-se que os objetivos traçados nesse trabalho foram alcançados, uma vez que os dados apresentados durante o período de pesquisa possam ajudar na adoção de medidas de prevenção e exposição ao material particulado gerado durante a produção de cerâmicas e seus derivados na região. Não obstante, os dados coletados durante o período de amostragem do ar em áreas externas apresentou-se dentro dos padrões exigidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS) no que diz respeito às concentrações de $MP_{2.5}$, que é de $50\mu g/m^3$ em 24 horas. No que se refere aos índices da qualidade do ar quanto aos parâmetros de fração obtidos na pesquisa, os resultados estão dentro dos índices aceitáveis pelas organizações de controle ambiental.

Na análise dos dados de material particulado em áreas internas das residências avaliadas, é possível observar diferentes índices de concentrações entre os ambientes internos e externos, visto que no primeiro o material particulado em suspensão demora mais tempo para ser disperso na atmosfera. Com este estudo, não se pode afirmar a influência das indústrias de cerâmicas para baixa qualidade do ar no distrito de Flores, pois durante os episódios o nível de emissão não excedeu os padrões determinados pelos órgãos de controle ambiental, contudo, outros fatores vêm se somar aos já existentes para o aumento do material particulado na região, tais como o grande fluxo de veículos de carga e descarga no pátio das indústrias, máquinas e equipamentos utilizados na produção de cerâmica, a queima de diferentes biomassas no aquecimento e queima da matéria prima devem ser lavados em consideração como fontes de emissão de material particulado, tornando-se um grave problema de saúde, tanto para os trabalhadores das indústrias como para a população que reside no entorno das indústrias, principalmente pessoas com predisposição a alergias e doenças respiratórias.

O sistema de monitoramento e amostragem do material particulado em áreas internas e externas mostraram-se eficientes para determinar a qualidade do ar na região estudada, confirmando a confiabilidade nos equipamentos de medição

MiniVol e MetOne Aerosol/831, como também as membranas filtrantes para coleta dos dados do material particulado.

A pesquisa mostrou também que o ambiente interior possui maior probabilidade no aumento de partículas, especialmente quando os fornos são ligados para queima da cerâmica, devendo ser monitorado e avaliado com maior frequência para se ter maior controle das concentrações de material particulado nas frações inaláveis e respiráveis nos pontos avaliados, que são resultantes da queima da biomassa e da poeira em suspensão em ambientes fechados.

Em um estudo mais aprofundado, através da análise química do material coletado poderá ser identificado o padrão do perfil elementar da biomassa e se ter a conclusão de quais são as principais fontes emissoras de material particulado e qual e influência da ressuspensão e emissão do MP derivado das atividades de moagem, processamento, coleta e transporte de matéria prima por máquinas pesadas movidas a óleo diesel.

Conclui-se finalmente que mesmo com os baixos índices de material particulado encontrados no distrito de Flores, não podemos descartar que foram identificados picos de emissão que ultrapassaram os limites desejáveis e permitidos pela legislação, e que os moradores do distrito de Flores estão expostos a esses picos durante o ano todo. A baixa qualidade do ar está diretamente relacionada aos efeitos adversos à saúde humana especialmente em crianças e idosos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBEY, D. E.; NISHINO, N.; MCDONNELL, W. F.; BURCHETTE, R. J.; KNUTSEN, S. F.; BEESON, W. L.; YANG, J. X. **Long-term inhalable particles and other air pollutants related to mortality in nonsmokers**. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine 159, n. 373-382, 1999.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **RE/ANVISA nº 09**: Avaliação da qualidade do ar interior, 2003. Disponível em: <
http://www.saude.mg.gov.br/index.php?option=com_gmg&controller=document&id=899>. Acesso em: 20 de maio de 2014.

ALCAMO, J. et al. An integrated assessment of regional air pollution and climate change in Europe: findings of the AIR-CLIM Project. **Linkages Between Regional Air Pollution and Climate Change in Europe**, v. 5, n. 4, pp. 257-272, 2002.

ALMEIDA, I. T. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto. Dissertação de mestrado. 1999**. 194f. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BASCOM, R.; BROMBERG, P.A.; COSTA, D.A.; DEVLIN, R.; DOCKERY, D.W.; FRAMPTON, M.W.; LAMBERT, W.; SAMET, J.M.; SPEIZER, F.E.; UTELL, M. State of the Art. Health effects of outdoor pollution. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.**, v. 153, p. 3-50, 1996a.

BAZZAZ, F.; SOMBROEK, W. **Global Climate Change and Agricultural Production**. Wiley and Sons, 345 pp, 1996.

BRAGA, Benedito et al. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo. Editora Prentice Hall, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental. **Educação ambiental**: curso à distância: conceitos, histórico, problemas e alternativas. Brasília, 2001.

BRASIL, **APL (Arranjo Produtivo Local): Cerâmicas de Russas**. PROCOMPI, Fortaleza: BNB, 2005.

BRIMBLECOMBE, P. **The Big Smoke**. Methuen, London, 1987.

BRUNEKREEF, B.; HOLGATE, S. T. Air pollution and health. **The Lancet**, v. 360, n. 9341, pp. 1233–1242, 2002.

BYTNEROWICZ, A.; OMASA, K.; PAOLETTI, E. Integrated effects of air pollution and climate change on forests: A northern hemisphere perspective. **Environmental Pollution**, v. 147, n. 3, pp. 438-445, 2007.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); **Resolução CONAMA Nº 003/90**, 1990.

CRUTZEN, P.J.; CARMICHAEL, G.R. Modeling the influence of fires on atmospheric chemistry. In: CRUTZEN P.J.; GOLDAMMER, J.G., **Fire in the Environment**. Chichester, John Wiley & Sons, 1993. cap. 6, p. 89-106.

DAVIS, D., KRUPNICK, A., MCGLYNN, G. Ancillary benefits and costs of greenhouse gas mitigation: An Overview. In: **Ancillary Benefits and Costs of Greenhouse Gas Mitigation**.

DOCKERY, D.W.; POPE III, C.A. Acute respiratory effects of particulate airpollution. **Annu. Rev. Public. Health**, v. 15, p. 107-32, 1994.

DOMINGOS, M, BOUROTTE, C, KLUMPP, A, KLUMPP, G. & FORTI, M. C. Impactos de poluição atmosférica sobre remanescentes florestais. In: **Parque Estadual das fontes dolpiranga (PEFI)**: unidade de conservação ameaçada pela urbanização de São Paulo (Bicudo DC, Forti MC & Bicudo CEM, orgs.). Editora Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, 2002 pp. 221-249.

FACINCANI, E. **Tecnologia Cerâmica Estrutural**. Tradução de Jaime Pedrassani. São Paulo: Faenza, 2002.

FENGER, J. Air pollution in the last 50 years - from local to global. **Atmospheric Environment** , v. 43, pp. 13 - 22, 2009.

GALÁN, E., González, I., Fabbri, B., 2002. Estimation of fluorine and chlorine emissions from Spanish structural ceramic industries. The case study of the Bailén área, Southern Spain. *Atmospheric Environment* 36, 5289–5298.

GOSE, M. H.; Paul, R.; Bernejee, R. K; **Environ. Monit. Assess.** 2005, 108, 151.

HUI, C. A., 2002, **Concentration of chromium, manganese, and lead in air and avian eggs**. *Environ. Pollut.*, 120(2): 201-206.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: www.ibge.org.br. Acessado em 20 de março de 2014.

IPCC. **Climate Change 2007**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1075 pp., 2007a.

KRULL, I. S.; **Trace Metal Analysis and Speciation**, Elsevier: Amsterdam, 1991.

LIMA, Raimundo Humberto Cavalcante. Preparação e Controle de Massas para APL de Cerâmicas Vermelha de Russas Ceará. Fortaleza: BNB, 2010.

LIMAVERDE, João de Aquino. **A indústria de cerâmica vermelha no Nordeste**. Fortaleza: BNB/ETENE, 1983.

LIN, C. A.; **Tese de Doutorado**, Universidade de São Paulo, Brasil, 1997.

LONGHURST, J. W. S. et al. A critical evaluation of the Local Air Quality Management framework in Great Britain. Is it a transferable process? **Local and Regional Aspects of Air Quality Management**. WIT Press, Southampton & Boston, 2004.

MAYER, H. **Air pollution in cities**. Atmospheric environment. 1999. 33: 4029-4037.

MEDEIROS, J. F. de. **Análise Fitossociológica do Manguezal e a Percepção Ambiental das Comunidades Ribeirinhas no Estuário Apodi/Mossoró – RN**. Mossoró, 2005.

MELO, G.B. **Efluentes Atmosféricos e Qualidade do Ar**. Belo Horizonte: UFMG, 1997

MENON, S. et al. Climate effects of black carbon aerosols in China and India. **Science**, v. 297, pp. 2250–2253, 2002.

MINGUILLÓN, M.C., Monfort, E., Querol, X., Alastuey, A., Celades, I., Miró, J.V., 2009. **Effect of ceramic industrial particulate emission control on key components of ambient MP10**. Journal of Environmental Management 90, 2558–2567.

MONKS, P.S. et al. Atmospheric Composition Change - Global and Regional Air Quality. **Atmospheric Environment**, v. 43, pp. 5268 - 5350, 2009.

MONTEIRO, C. A. F. **A questão ambiental no Brasil: 1960-1980**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1981.

MORENO, T., Querol, X., Alastuey, A., Gibbons, W, 2008. **Identification of FCC refinery atmospheric pollution events using lanthanoid-and vanadiumbearing aerosols**. Atmospheric Environment 42, 7851–7861.

MUNN et al. **Atmospheric issues in Canada**. The Science of the Total Environment 203 (1997) 1-11.

NASCIMENTO, F. F. do. **A Indústria Ceramista em Parelhas e as consequências de Sua Produção**. Natal, 2008.

NASCIMENTO, W. S. dos A. do. **Avaliação dos impactos ambientais gerados por uma indústria cerâmica típica da região do Seridó/RN**. Natal, 2007.

NEEFT, J. P. A.; MAKKEE, M.; MOULIJN, J. A. **Diesel particulate emission control**. Fuel Processing Technology, v. 47, p.1-69, 1996.

OLCESE, L. E.; TOSELLI, B. M. Some aspects of air pollution in Córdoba, Argentina. **Atmosphere environment**, 36, 299-306, 2002.

OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Air Quality Guidelines Global Update**, 2005. Disponível em:
<http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf?ua=1>.
Acesso em: 10 de março de 2014.

OTTOLENGHI, A.D., Haseman, J.K., Payne, W.W., Falk, H.L., MacFarland, H.N., 1974. **Inhalation studies of nickel sulfide in pulmonary carcinogenesis of rats**. Journal of the National Cancer Institute 54, 1165–1172.

PEARCE, D. W. The secondary benefits of greenhouse gas control. **Centre for Social and Economic Research on the Global Environment**, CSERGE Working Paper 12, University College London, 1992.

PEREIRA, L. A., LOOMIS, D., CONCEIÇÃO, G. M., BRAGA, A. L. F., ÁREAS, R. M., KISHI, H. S., SINGER, J. M., BOHM, G. M. & SALDIVA, P. H. N., 1998, **Association between air pollution and intrauterine mortality in São Paulo, Brazil**. *Envir. Health Persp.*, 6: 325-329.

PEREIRA JR; José de Sena. **Consultoria Legislativa: Legislação Brasileira Sobre Poluição do Ar**. Câmara dos Deputados, Brasília – DF, 2007.

PINHEIRO, A.C.F.B.; MONTEIRO, A.L.F.B.P.A. **Ciências do ambiente: ecologia, poluição e impacto ambiental**. São Paulo: Makron, 1992. 148p.

POSCH, M. Impacts of climate change on critical loads and their exceedances in Europe. **Environmental Science & Policy**, v. 5, n. 4, pp 307–318, 2002.

QUEROL, X., Alastuey, A., Rodríguez, S., Plana, F., Ruiz, C.R., Cots, N., Massagué, G., Puig, O., 2001. **MP10 and MP2.5 source apportionment in the Barcelona Metropolitan Area, Catalonia, Spain**. Atmospheric Environment 35, 6407–6419.

RAVEN, P. H., BERG, L. R., JOHNSON, G. B. 1993. Environment. **Saunders college publishing**. International edition. USA, 1993. pp. 569.

RAVEN, P.H; Berg, L. R; JHONSON,G. B. **Environment**. Fort Worth, Saunders College Publishing.1995.

RESENDE, Fernando. **Poluição atmosférica por emissão de material particulado: avaliação e controle nos canteiros de obras de edifícios**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.São Paulo, 2007.

ROMÃO. Marcelo; UEHARA Sandro Toshio e FELÍCIO Ricardo: **Uso da Meteorologia no controle da poluição do ar**. Meteorologia & Meio Ambiente

SACKS. Jason D., Lindsay Wichers Stanek, Thomas J. Luben, Douglas O. Johns, Barbara J. Buckley, James S. Brown, and Mary Ross; **MP-induced health effects: who is susceptible?** Environmental Health Perspectives, volume 119 | number 4 | April 2011.

SANFELIU, T., Jordán, M.M., Gómez, E.T., Alvarez, C., Montero, M.A., 2002. **Contribution of the atmospheric emissions of Spanish ceramics industries**. Environmental Geology 41, 601–607. OECD Publishing, Paris, 2000.

SANTOS, I. S. S; Stumm, P. *et al*. **Análise comparativa do processo construtivo: alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e estrutura de concreto armado/alvenaria com blocos de cerâmica e alvenaria com outros tipos de blocos**. Anicer.

SEBRAE, **Estudo de Atividade Empresarial: Cerâmica vermelha da região central do Tocantins**. Palmas – Tocantins, 2004.

SEINFELD, J. H.; **Atmospheric Chemistry and Physics from Air Pollution to Climate Change**, Wiley: New York, 1986.

SENAI, curso: **Política de Eficiência Energética para o Setor Ceramista do Estado do Ceará**. Russas, 2014.

SILVA, Valdenildo Pedro. **Impactos ambientais da expansão da cerâmica vermelha em Carnaúba dos Dantas – RN**. Disponível em < Holos, Ano 23, Vol. 3 >, acesso em novembro de 2012.

SWAINE, D; J. Nickel in Coal and Fly Ash. In: Nriagu, J.O. (Ed.), **Nickel in the Environment**. Wiley, New York , 1980, pp. 67–92.

SWART, R. et al. A good climate for clean air: Linkages between climate change and air pollution. An Editorial Essay. **Climatic Change**, v. 66, n. 3, p. 263–269, 2004.

SYRI, S. et al. Low-CO₂ energy pathways and regional air pollution in Europe. **Energy Policy**, v. 29, n. 11, p. 871–884, 2001.

THURSTON, G.D., Spengler, J.D., 1985. **A quantitative assessment of source contribution to inhalable particulate matter pollution in Metropolitan Boston**. Atmospheric Environment 19, 9–25.

US EPA. **Assessment of the Impacts of Global Change on Regional US Air Quality**. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 2007.

VAN VUUREN, D.P., BAKKES, J.A. **GEO-2000 Alternative Policy Study for Europe and Central Asia**. United Nations Environment Programme, Bilthoven, 1999.

VIOLA, E. O Movimento ecológico no Brasil: do ambientalismo à ecopolítica. In: PÁDUA, J. A. (Org.). **Ecologia e política**. Rio de Janeiro: Espaço e Tempo, 1987.

VILELA, E. M.; MENDES, I. J. M. **Entre Newton e Einstein**: desmedicalizando o conceito de saúde. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000.

WAPPELHORTS, O; KÜHN, I; OEHLMANN, J. e MARKET, B. Deposition and diseases: a moss monitoring project as na approach to ascertaining potential conections. **The science of Total Enviriment**. V. 249, p. 243-256, 2000.

WARD et AL; CRUTZEN, P.J.; CARMICHAEL, G.R. Modeling the influence of fires on atmospheric chemistry. In: CRUTZEN P.J.; GOLDAMMER, J.G., **Fire in the Environment**. Chichester, John Wiley & Sons, 1993. cap. 6, p. 89-106.

WARD, D.E.; SUSSOT, R.A.; KAUFFMAN, J.B. **Smoke and fire characteristics for cerrado and deforestation burns in Brazil: BASE- B Experiment**. J. Geophy, Res., v. 97, p. 14601-19, 1992.

WHO, **Guidelines for Concentration and Exposure-Response Measurements of Fine and Ultra-Fine Particulate Matter for use in Epidemiological Studies**. World Heemissalth Organization. 2000.

WMO (1983). **Guindace to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. World Meteorological Organization N°8, 5th edition, Geneva Switzerland.