

Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA
SÉRGIO AROUCA
ENSP

“Análise espacial do impacto das queimadas de cana-de-açúcar na prevalência dos sintomas de asma de alunos do município de Campos dos Goytacazes - RJ”

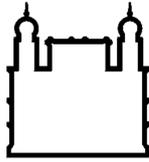
por

Keila Valente de Souza

Dissertação apresentada com vistas à obtenção do título de Mestre em Ciências na área de Saúde Pública e Meio Ambiente.

*Orientador principal: Prof. Dr. Hermano Albuquerque de Castro
Segunda orientadora: Prof.^a Dr.^a Martha Macedo de Lima Barata
Assistente do orientador: Prof. Jefferson Pereira Caldas dos Santos*

Rio de Janeiro, março de 2015.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA
SÉRGIO AROUCA
ENSP

Esta dissertação, intitulada

“Análise espacial do impacto das queimadas de cana-de-açúcar na prevalência dos sintomas de asma de alunos do município de Campos dos Goytacazes - RJ”

apresentada por

Keila Valente de Souza

foi avaliada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.^a Dr.^a Julia Celia Mercedes Strauch

Prof.^a Dr.^a Sandra de Souza Hacon

Prof. Dr. Hermano Albuquerque de Castro – Orientador principal

Catálogo na fonte
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica
Biblioteca de Saúde Pública

S729a Souza, Keila Valente de
Análise espacial do impacto das queimadas de cana-de-açúcar na prevalência dos sintomas de asma de alunos do Município de Campos dos Goytacazes - RJ. / Keila Valente de Souza. -- 2015.
89 f. : tab. ; graf. ; mapas

Orientador: Hermano Albuquerque de Castro
Martha Macedo de Lima Barata

Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública
Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2015.

1. Asma - epidemiologia. 2. Poluição do Ar – efeitos adversos.
3. Saccharum. 4. Indústria do Açúcar. 5. Indústria do Álcool.
6. Impactos na Saúde. 7. Análise Espacial. 8. Estudantes. I. Título.

CDD – 22.ed. – 616.238098153

“Cada pessoa deve trabalhar para o seu aperfeiçoamento e, ao mesmo tempo, participar da responsabilidade coletiva por toda a humanidade.”

Marie Curie

Dedico esse trabalho aos meus pais, Rute Valente de Souza e Rodnei Ferreira de Souza, exemplos de amor, fé e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, amor e alegria que tem me dado a cada dia. Agradeço também aos meus pais, Rute Valente de Souza e Rodnei Ferreira de Souza, e ao meu irmão, Rodnei Henrique Valente de Souza pela paciência e apoio incondicional em todo tempo. Agradeço a todos os amigos e familiares que me ajudaram direta e indiretamente em todo esse percurso da minha vida.

Agradeço ao Dr. Hermano Albuquerque de Castro e Dra. Martha Macedo de Lima Barata pela orientação dada no decorrer de todo o curso de mestrado permitindo a conclusão do meu trabalho de dissertação. Agradeço também ao doutorando Jefferson Pereira Caldas dos Santos pelo apoio fundamental na área do geoprocessamento. Agradeço à Gioconda Bengaly e a toda equipe de administração de direção da ENSP pelo carinho e atenção. Agradeço também a Felipe Vommaro, Diana Marinho e Teresa Oliveira por toda contribuição ao longo desses anos de mestrado.

Agradeço à Dra. Júlia Célia Mercedes Strauch pela preciosa ajuda que tem me dado ao longo desses anos de carreira acadêmica, por ter me acompanhado em todo meu crescimento na área da ciência. Agradeço também à Dra. Sandra Souza Hacon por toda sua contribuição ao longo do período que estou no mestrado.

Agradeço à Escola Nacional de Saúde Pública e à Fundação Oswaldo Cruz pela oportunidade me dada a estudar a interface saúde pública e meio ambiente, a todo seu corpo docente, administrativo e em especial aos coordenadores do curso de mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente. Agradeço ao Capes pelo apoio financeiro fornecido ao longo desses dois anos de estudo.

Agradeço ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais pelo fornecimento de dados sobre focos de calor e ao Instituto Estadual do Ambiente pelo fornecimento de dados sobre a qualidade do ar. Agradeço também ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística pelo fornecimento de dados sociais e econômicos ao nível de detalhe do setor censitário.

Agradeço à equipe do projeto Estudo sobre o impacto das queimadas no setor de cana-de-açúcar na saúde respiratória de escolares/alunos do Município de Campos dos Goytacazes, no Estado do Rio de Janeiro pelo fornecimento de dados relacionados aos sintomas de asma em escolares. Agradeço também ao CNPq pelo financiamento desse projeto.

RESUMO

Atualmente, o município de Campos dos Goytacazes se destaca no estado do Rio de Janeiro pela representativa produção de petróleo. A atividade agrícola de cultivo da cana-de-açúcar também apresenta relevância social, ambiental e histórica para o município. Entretanto, as queimadas de cana-de-açúcar podem impactar negativamente o meio ambiente e a saúde respiratória da população que reside no município. O objetivo desse estudo é correlacionar a prevalência dos sintomas de asma em escolares de 6-7 e 13-14 anos de idade com os setores censitários mais expostos aos focos de queimada de cana-de-açúcar, em Campos dos Goytacazes (RJ), bem como avaliar as características sociais da população exposta aos focos de queimada. Foi utilizado o estimador da densidade de *Kernel* para verificar um padrão de concentração de pontos de focos de calor que caracterizam as queimadas e assim definir áreas mais afetadas. A análise de frequência de sintomas de asma foi realizada em alunos de 6-7 e 13-14 anos de idade de escolas sorteadas para responder o questionário *International Study of Asthma and Allergies in Childhood* (ISAAC). Para análise dos setores censitários mais vulneráveis socioeconomicamente do município foi formado um índice de vulnerabilidade socioeconômica (IVSE), em que se utilizou o método de máximos e mínimos para normalizar colocando-os na mesma escala. Para localização das queimadas de cana-de-açúcar no município foi utilizado a base de dados georreferenciada do INPE. Foi verificada uma correlação de 0,15 entre sintomas de asma grave e a queimada de palha de cana. Não foi verificada correlação entre as queimadas de cana-de-açúcar e o sintoma de asma caracterizado como chiado no peito alguma vez na vida. Populações mais vulneráveis socioeconomicamente estão localizadas em setores censitários que estão sob maior influência dos focos de queimadas e apresentam maior número de escolares com sintomas de asma grave.

ABSTRACT

The Campos dos Goytacazes municipality is featured in the state of the Rio de Janeiro because of the oil production. The farming of sugarcane also has social, environmental and historical importance to the city. However, the cane burning in the period of harvest can lead to many problems for the environment and the respiratory health of the population living in the city. The objective of this study is to correlate the prevalence of symptoms of asthma in children of 6-7 and 13-14 years old with the census tracts over exposed to outbreaks of fire of sugar cane, in Campos dos Goytacazes (RJ) and to evaluate the social characteristics of the population exposed. The Kernel density estimator was used to check hotspots and so set most affected areas. The analysis of the frequency of symptoms of asthma was performed by schools. For analysis of the most vulnerable census tracts has formed a socio-economic vulnerability index (IVSE), we used the method of maximum and minimum, so all indicators varies between 0-1. For location of the burning of cane sugar in the municipality was used the geo-referenced database of INPE. It was verified a correlation of 0.15 between symptoms of severe asthma, wheezing in the chest so hard that prevents speak more than 2 words between breaths, and burning of sugarcane straw. There was no correlation between the burning of cane sugar and the symptom of asthma characterized as wheezing ever in life. Greater socioeconomic vulnerability are located in census tracts that are under greater influence of fire outbreaks and have a higher number of children with severe asthma symptoms.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1:	38
Equação 2:	38
Equação 3:	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distritos de Campos dos Goytacazes (RJ)	15
Figura 2: Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar em Campos dos Goytacazes (RJ) e dos focos de calor de 2012 e 2013	18
Figura 3: Mapa e gráficos da distribuição espacial do índice de ocupação.....	46
Figura 4: Mapa e gráficos da distribuição espacial do índice de renda.....	47
Figura 5: Mapa e gráficos da distribuição espacial do índice de alfabetização.....	48
Figura 6: Mapa e gráficos da distribuição espacial do índice de infraestrutura	49
Figura 7: Mapa e gráficos da distribuição espacial do índice de condição de moradia .	50
Figura 8: Mapa e gráficos da distribuição espacial do IVSE	52
Figura 9: Mapa com a distribuição espacial do IVSE em três classes	53
Figura 10: Localização das escolas em que foi aplicado o questionário ISAAC	57
Figura 11: Escolas sorteadas localizadas na região urbana central de Campos dos Goytacazes (RJ).....	58
Figura 12: Estimador de <i>Kernel</i> dos focos de queimadas de 2012 e 2013	59
Figura 13: Localização de escolas em setores censitários com IVSE baixo	64
Figura 14: Localização de escolas em setores censitários com IVSE baixo e em nível 1 e 2 de influência dos focos de queimadas	65
Figura 15: Localização de escolas em setores censitários com IVSE médio	66
Figura 16: Localização de escolas em setores censitários com IVSE médio e em nível 2 e 3 de influência dos focos de queimadas.....	67
Figura 17: Localização de escolas em setores censitários com IVSE alto	68
Figura 18: Localização de escolas em setores censitários com IVSE médio e em nível 1 e 2 de influência dos focos de queimadas.....	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Número de focos por ano	16
Gráfico 2: Quantidade de focos por mês em Campos dos Goytacazes (RJ) em 2012 e 2013	17
Gráfico 3: PTS em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no ano de 2012. Fonte: Inea (2014).....	19
Gráfico 4: PTS em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no ano de 2013. Fonte: Inea (2014).....	19
Gráfico 5: Correlação linear entre sintoma de asma (Q5) e densidade de focos de queimadas	72
Gráfico 6: Correlação linear entre sintoma de asma grave (Q9) e densidade de focos de queimadas	72

LISTA DE QUADRO E TABELAS

Quadro 1: Índices e indicadores utilizados.....	37
Quadro 2: Níveis de exposição aos focos de calor das escolas estudadas.....	60
Quadro 3: Localização das escolas conforme a classificação do IVSE	64
Tabela 1: Participação da produção de cana-de-açúcar no PIB municipal. Fonte: IBGE, 2014.	16
Tabela 2: Carga de veículos leves e pesados nos anos de 2012 e 2013 em Campos dos Goytacazes (RJ).....	19
Tabela 3: Frequência de questionários por escola	41
Tabela 4: Análise exploratória dos indicadores utilizados	44
Tabela 5: Frequência absoluta e relativa dos sintomas respiratórios em escolares de 6 e 7 anos e de 13 e 14 anos, Campos dos Goytacazes, 2013 (n = 917)	54
Tabela 6: Frequência relativa das questões do ISAAC estudadas (Q5, Q6, Q9)	55
Tabela 7: Quantidade de alunos por nível de influência dos focos de queimadas	60
Tabela 8: Estatísticas básicas da prevalência de asma em escolas fora da área influência dos focos de queimadas analisados (nível 1).....	61
Tabela 9: Estatísticas básicas da prevalência de asma em escolas dentro da área influência menor dos focos de queimadas analisados (nível 2)	62
Tabela 10: Estatísticas básicas da prevalência de asma em escolas dentro da área influência média dos focos de queimadas analisados (nível 3).....	63
Tabela 11: Prevalência dos sintomas de asma por nível de influência dos focos de queimadas	63
Tabela 12: Quantitativo e porcentagem de alunos por nível de poluição e vulnerabilidade socioeconômica.....	69
Tabela 13: Distribuição de alunos presentes em setores com níveis de influência de focos de queimadas conforme o IVSE (%)	70
Tabela 14: Prevalência dos sintomas de asma descritos em Q5 e Q9 por nível do IVSE	70
Tabela 15: Prevalência dos sintomas de asma descritos em Q5 e Q9 por nível do IVSE	71

Lista de Abreviaturas e Siglas

CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CESTEH	Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DPI	Divisão de Processamento de Imagens
ENSP	Escola Nacional de Saúde Pública
ES	Espírito Santo
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ISAAC	<i>International Study of Asthma and Allergies in Childhood</i>
IVSE	Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMS	Organização Mundial de Saúde
PA	Projeto de Assentamento
PIB	Produto Interno Bruto
PM	<i>Particulate Matter</i>
PROARCO	Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais
PTS	Partículas Totais em Suspensão
QE	Questionário Escrito
RJ	Rio de Janeiro
RN	Rio Grande do Norte
SIG	Sistema de Informação Geográfico
SP	São Paulo
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Análise espacial do impacto das queimadas de cana-de-açúcar na prevalência dos sintomas de asma de alunos do Município de Campos dos Goytacazes - RJ

1. Introdução.....	14
1.1 Caracterização da área de estudo.....	15
1.2 Justificativa.....	20
1.3 Pergunta de pesquisa	21
1.4 Objetivos	21
1.4.1 Objetivo geral.....	21
1.4.2 Objetivos específicos.....	21
2. Revisão bibliográfica.....	22
2.1 Asma.....	22
2.1.1 Em crianças e adolescentes	22
2.1.2 Fatores associados à asma	23
2.1.3 Asma e poluição atmosférica	24
2.1.4 Diagnóstico da asma.....	26
2.2 Impacto, risco e vulnerabilidade social	28
2.3 Indicadores e índices sociais, econômicos e ambientais	30
2.4 Análise espacial.....	32
3. Metodologia	35
3.1 Para análise da vulnerabilidade socioeconômica	35
3.2 Para análise da prevalência de asma por escola	39
3.3 Para análise da influência dos focos e correlação	41
4. Resultados	44
4.1 Mapeamento das condições de vida em Campos dos Goytacazes (RJ)	44
4.1.1 Análise exploratória	44
4.1.2 Análise dos índices.....	45
4.1.3 Análise espacial do índice de vulnerabilidade sócioeconômico (IVSE).....	51
4.2 Distribuição geográfica dos sintomas relacionados à asma em escolares de 6-7 anos e 13-14 anos de idade em Campos dos Goytacazes (RJ)	53
4.3 Correlação entre focos de queimadas de cana-de-açúcar e a prevalência de sintomas de asma em escolares	58
4.3.1 Possíveis correlações entre a distribuição geográfica dos sintomas de asma em escolares e focos de queimadas	58

4.3.2	Relação entre a distribuição geográfica da prevalência dos sintomas de asma em escolares, os níveis de exposição aos focos de queimada e condição social e econômica da população.....	63
4.3.3	Correlação entre a distribuição geográfica dos sintomas de asma em escolares e focos de queimadas	70
5.	Discussão.....	73
6.	Conclusão	76
7.	Referências bibliográficas	78

1. Introdução

A asma é considerada uma doença genética complexa, mas estudos recentes também a têm associado a fatores ambientais, dentre os quais, a poluição atmosférica. As condições sociais precárias de moradia e acesso a serviços básicos, como educação e saúde, estão ligadas ao aumento da vulnerabilidade e a menor capacidade de resiliência às situações exógenas. Tais condições também influenciam no aparecimento de doenças respiratórias.

A queima de biomassa contribui para a poluição atmosférica. Tal prática é histórica e frequente em vegetações nativas do Brasil, sendo mais evidente nas regiões centro-oeste e norte do país. Nessas regiões se concentram o bioma cerrado e amazônico, respectivamente. Em plantações de cana-de-açúcar também são realizadas queimadas para facilitar seu corte e manuseio. Em alguns locais já é realizado o corte mecanizado que não necessita da realização de queimadas.

No estado de São Paulo são observados vários estudos sobre poluição atmosférica envolvendo queima de cana-de-açúcar (RIGUERA, ANDRÉ & ZANETTA, 2011; CANÇADO *et al.*, 2006a). Em Campos dos Goytacazes (RJ), a queima na etapa de colheita de cana-de-açúcar também é frequente no período de safra. Contudo pouco ou nenhum estudo tem sido realizado sobre quais implicações isso poderia trazer para saúde da população, principalmente para as crianças e idosos.

Levando em consideração que a poluição atmosférica advinda da queima da palha de cana pode estar correlacionada a problemas respiratórios como a asma, torna-se importante conhecer a distribuição no espaço dos locais onde ocorre a queimadas de cana-de-açúcar e dos agravos à saúde respiratória da população localizada em sua área de influência.

A possibilidade de comparação e sobreposição de dados dispostos em tabelas e mapas através do uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode contribuir para os resultados de pesquisas em saúde pública. A utilização de mapas e a preocupação com a distribuição geográfica de diversas doenças é bem antiga, mas ainda são poucos os trabalhos, no Brasil, que incorporam métodos de análise de dados espaciais. Assim sendo, o objetivo geral deste estudo é correlacionar a prevalência dos sintomas de asma em escolares de 6-7 e 13-14 anos de idade com os setores censitários mais expostos aos focos de queimada de cana-de-açúcar, no município de Campos dos Goytacazes – RJ.

1.1 Caracterização da área de estudo

Campos dos Goytacazes está localizado na região norte do estado do Rio de Janeiro. Tem um território de 4.026 km², sendo a maior parte classificada como setores rurais. Contudo, somente um pouco mais de 610 km² foi caracterizada como área plantada pelo IBGE em 2012. Dessa área, mais de 98% é ocupada por cana-de-açúcar que teve uma produção de 2.880.000 toneladas e um valor total de produção de 123.638 mil reais em 2012 (IBGE, 2013).

O município possui a 7ª maior população do estado do Rio de Janeiro com 463.731, sendo que mais de 90% (418.725) vive em áreas urbanas. A maior parte da população é composto pelo sexo masculino, 53%. O município é dividido em 14 distritos, sendo o distrito de Campos dos Goytacazes o mais populoso e onde se concentra a área urbana (Figura 1). Ele é dividido em quatro subdistritos (primeiro, segundo, terceiro e quarto subdistritos).

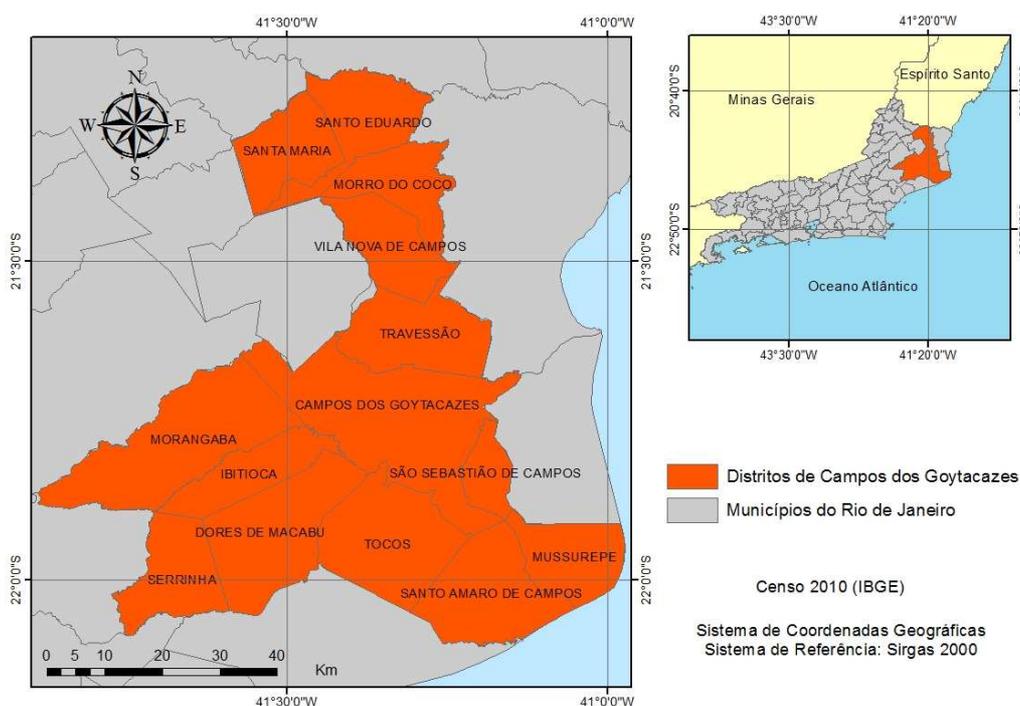


Figura 1: Distritos de Campos dos Goytacazes (RJ)

O setor industrial no município é influenciado pelo setor petrolífero e teve uma participação no Produto Interno Bruto (PIB) municipal de 77% em 2011 e 80% em 2012 (Tabela 1). A participação da indústria no município do Rio de Janeiro em 2011 foi de 23.570 milhões, menor que a participação de Campos dos Goytacazes (RJ). Outras cidades que possuem destaque para a produção de petróleo no Brasil como

Vitória (ES) e Mossoró (RN), maior produtor de petróleo em terra do país, tiveram um Valor adicionado bruto da indústria de 5.054 e 1.224 milhões, respectivamente.

O setor agropecuário teve uma participação no PIB municipal de 0,32% em 2011. O valor de produção da cana-de-açúcar nesse período foi de 87.888 mil, quase 75% do valor de participação da agropecuária no PIB de Campos dos Goytacazes (RJ). Em municípios onde há uma importante produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo como Araraquara, Guaíra e Piracicaba, a participação do setor agrícola no PIB no ano de 2011 foi de 86.210 mil, 143.212 mil, 194.007 mil, consecutivamente.

Tabela 1: Participação da produção de cana-de-açúcar no PIB municipal.

Ano	Produção (Toneladas)	Valor (mil reais)	PIB da indústria (mil reais)	PIB da Agropecuária (mil reais)	PIB municipal
2011	2.929.600	87.888	28.630.019	119.870	37.204.320
2012	2.880.000	123.638	35.899.588	144.009	45.129.215
2013	2.300.000	64.400			-

Fonte: IBGE, 2011.

A prática de queimadas nas plantações de cana-de-açúcar para facilitar a colheita já é bem conhecida e frequente no município. Há focos de calor que se concentram, principalmente, nos setores censitários rurais (DPI, 2014).

O programa PROARCO (Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônica Legal) da Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) teve início em 1998. Desde então são monitorados os focos de calor de todo o território brasileiro. Em Campos dos Goytacazes (RJ) é possível observar uma grande quantidade de focos de calor ao longo dos anos de monitoramento, mas do ano de 2006 e nos anos de 2009 a 2012 é verificada um grande aumento da quantidade desses focos no município (Gráfico 1).

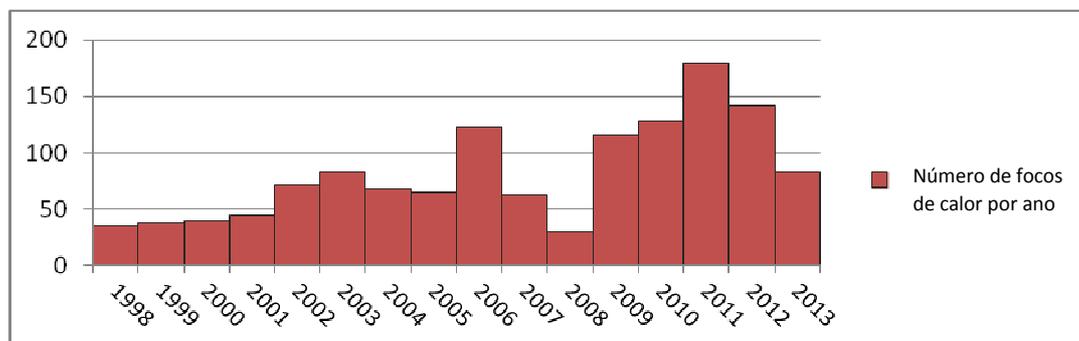


Gráfico 1: Número de focos por ano. Fonte: DPI (2014)

O número de focos por mês registrados pelo satélite em 2012 supera o número de focos do que é registrado em 2013, com exceção somente do mês de agosto (Gráfico 2). O aumento da quantidade de focos de calor é visto no inverno no período de junho a outubro, tanto no ano de 2012, como no ano de 2013. Esse período coincide com o período de colheita da cana-de-açúcar.

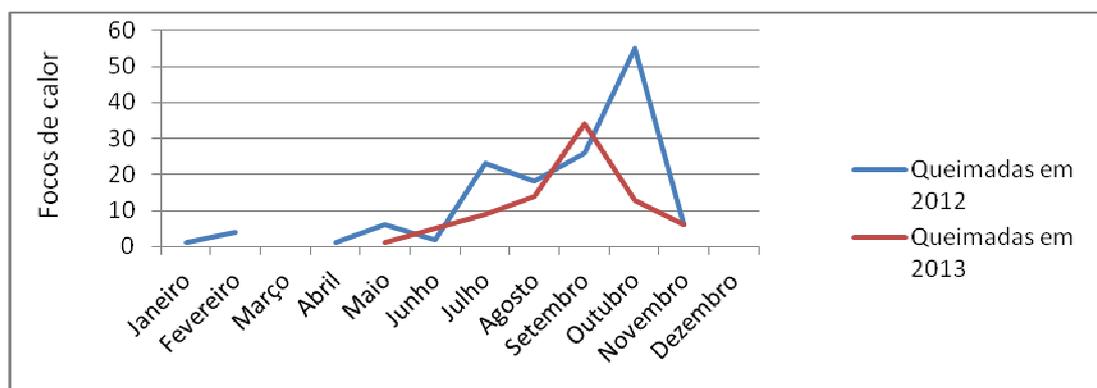


Gráfico 2: Quantidade de focos por mês em Campos dos Goytacazes (RJ) em 2012 e 2013. Fonte: DPI, 2014.

Parte-se do princípio que tais focos de calor representam focos de queimadas, pois possuem uma variação no espaço indicando que não são alvos fixos como um telhado de alumínio que, dependendo do grau de reflexão, pode ser captado pelo satélite. Por outro lado, as queimadas de cana-de-açúcar apresentam uma pequena variação de ano em ano, pois a colheita ocorre em diferentes áreas a cada ano. O número de focos de calor aumenta no mesmo período de colheita de cana-de-açúcar demonstrando assim também uma relação entre o número de focos captado pelo satélite e a prática de queimadas realizadas em Campos dos Goytacazes (RJ) para a colheita da cana.

Os focos de calor se localizam em sua maioria na região oeste do município de Campos dos Goytacazes (RJ), em setores censitários rurais (Figura 2). Entretanto, a região central em que se concentram os setores censitários urbanos está rodeada de focos de queimadas.

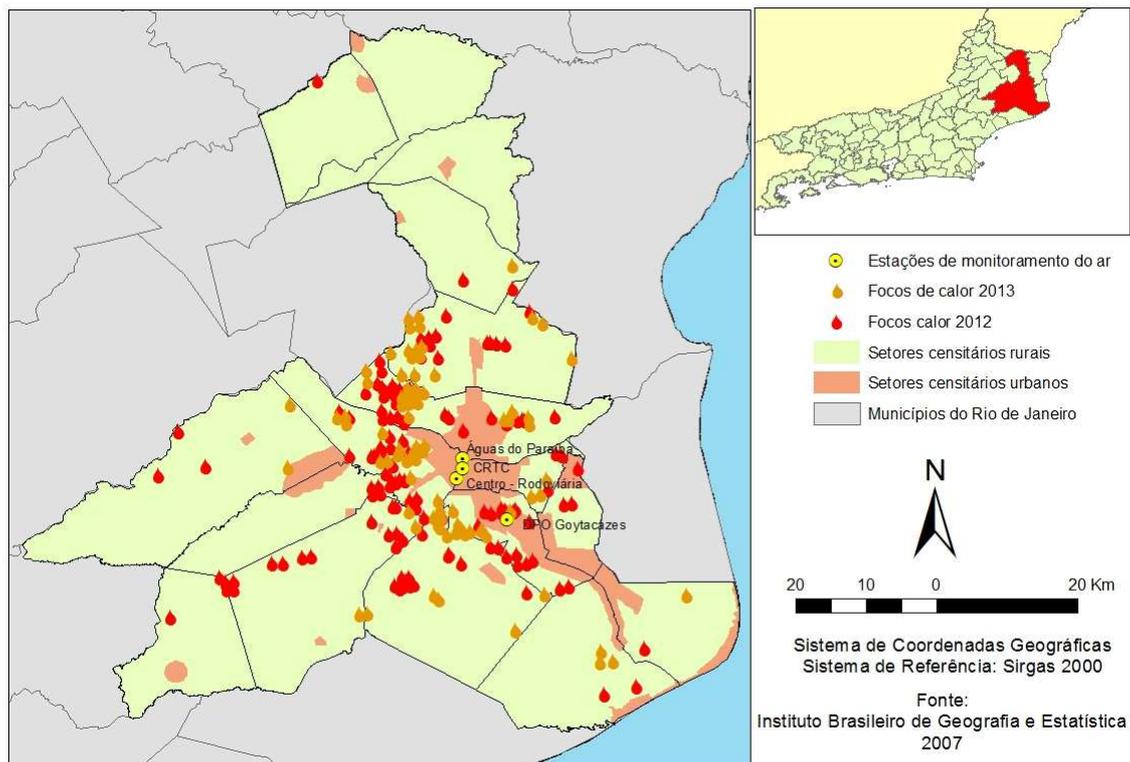


Figura 2: Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar em Campos dos Goytacazes (RJ) e dos focos de calor de 2012 e 2013

No município há quatro estações de monitoramento da qualidade do ar que se concentram nos setores censitários urbanos, distantes dos focos de queimada, com exceção da estação de Goytacazes que está localizada mais próxima dos focos detectados pelo satélite AQUA de 2012 e 2013.

As estações de Água do Paraíba e Centro apresentam valores semelhantes em ambos os anos estudados e giram em torno de 50 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (gráfico 3 e 4). Já a estação de monitoramento da qualidade do ar de Goytacazes é a que apresenta maior quantidade de PTS (partículas totais em suspensão). As maiores concentrações de PTS dessa estação vão de junho a outubro de 2012 e de maio a setembro de 2013, esse é o mesmo período em que ocorrem as maiores concentrações de focos de calor e a colheita de cana.

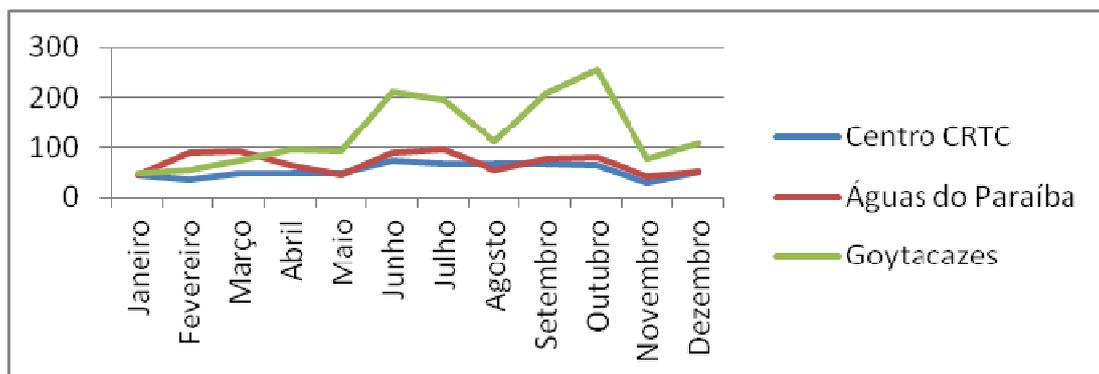


Gráfico 3: PTS em µg/m³ no ano de 2012. Fonte: Inea (2014)

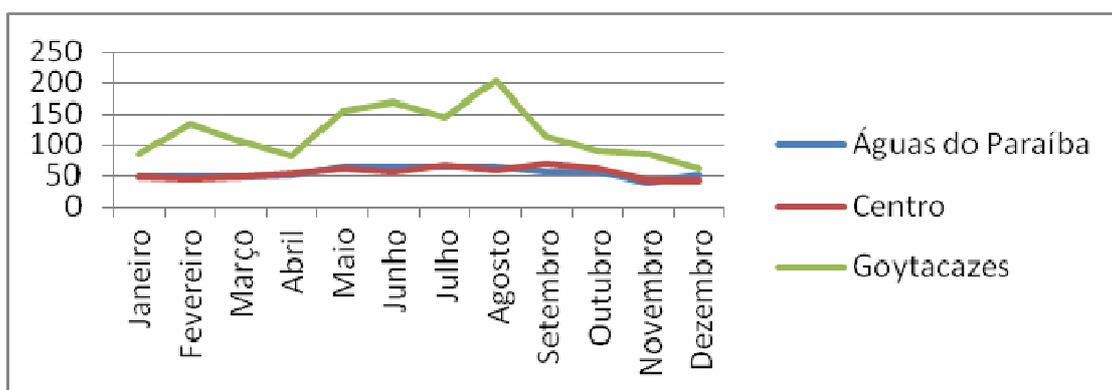


Gráfico 4: PTS em µg/m³ no ano de 2013. Fonte: Inea (2014)

Tanto em 2012 como em 2013 a concentração de PTS na estação de Goytacazes chega a ser duas a três vezes maiores que a concentração das outras estações, no período de colheita de cana. Em 2012, na estação de Goytacazes, o mês de agosto apresentou aparente queda da concentração de PTS, mas ainda assim permaneceu maior que 100 µg/m³, sendo maior do que a registrada pelas as outras estações. Já em 2013, a média de concentração de PTS no mês de agosto chegou a 200 µg/m³, quatro vezes maior que as das estações do centro da cidade e da estação de Águas do Paraíba, onde se concentra a área urbana (Gráficos 3 e 4).

Entretanto vale ressaltar que Campos dos Goytacazes possui a sexta maior frota de automóveis do estado e a terceira maior frota de caminhões (Tabela 2).

Tabela 2: Carga de veículos leves e pesados nos anos de 2012 e 2013 em Campos dos Goytacazes (RJ)

Anos	automóvel	caminhões	caminhonetes	camionetas	microônibus	ônibus
2012	102.040	6.523	9.659	4.317	910	1.218
2013	110.698	6.741	10.464	4.802	1.000	1.272

Fonte: IBGE, 2011.

1.2 Justificativa

A identificação de fatores de risco para o agravamento da asma sugere possibilidades de políticas públicas para prevenção da doença. Estudos já demonstraram que a poluição proveniente da cana-de-açúcar e outras queimadas, assim como o aumento da poluição veicular podem contribuir para o agravamento de episódios de asma e rinite.

A discussão sobre o impacto na saúde da população vizinha a queimadas, devido à combustão de biomassa ainda é pouco estudada no Brasil, embora, não seja algo novo em termos de degradação ambiental. Estudos sobre efeitos à saúde causados pela queima da cana-de-açúcar se concentram no estado de São Paulo e poucos incorporam métodos de análise de dados espaciais.

É importante conhecer a distribuição dos agravos à saúde de uma população quando se considera que há uma relação entre essa distribuição e o espaço onde eles ocorrem. A plantação e queima de cana-de-açúcar tem uma forte relação com o espaço. A princípio a população localizada mais próxima dessa atividade está mais sujeita ao risco de desenvolver doenças respiratórias. Entretanto, outras variáveis como o vento, por exemplo, podem interferir na distribuição de poluição e do risco da contração de doença respiratória.

A vulnerabilidade ambiental tem uma forte relação com a vulnerabilidade social, a relação entre asma e condição socioeconômica não é clara, sendo os estudos escassos e divergentes no Brasil. Uma das formas de retratar a condição social é através da utilização de indicadores compostos que sintetizam espacialmente informações relevantes para mostrar a realidade socioeconômica da população no território. Eles contribuem para o planejamento e a gestão pública.

Apesar do fato da asma ser caracterizada como uma doença crônica, os fatores ambientais associados à sua prevalência ainda é um desafio. O estudo de variáveis socioeconômicas pode constituir um avanço para as políticas de saúde no município de Campos dos Goytacazes (RJ).

A poluição do ar causa efeitos adversos à saúde com consequente aumento de internações hospitalares. Além da perda das funções pulmonares e mortalidade, essa poluição também propicia redução na qualidade de vida e interferência nas atividades diárias da população. Assim, os resultados deste estudo visam fornecer elementos e subsídios para as ações de vigilância em Saúde Ambiental sobre a população infantil

exposta ambientalmente aos focos de queimadas provenientes do cultivo da cana-de-açúcar.

1.3 Pergunta de pesquisa

Há um padrão espacial na distribuição dos sintomas de asma em escolares de 6-7 anos e 13-14 anos de idade que possa estar relacionado com a poluição local, oriunda da queima da cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo geral é correlacionar a prevalência dos sintomas de asma em escolares de 6-7 e 13-14 anos de idade com os setores censitários mais expostos aos focos de queimada de cana de açúcar, no município de Campos dos Goytacazes – RJ.

1.4.2 Objetivos específicos

i. Mapear o município por condições social e econômica da população por setor censitário;

ii. Analisar a distribuição geográfica da prevalência dos sintomas relacionados à asma em escolares na faixa etária entre 6-7 anos e 13-14 anos de idade em escolas da rede pública da área urbana do município de Campos dos Goytacazes.

iii. Identificar a influência da distribuição dos focos de queimada de cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes (RJ) e sua possível correlação com a distribuição geográfica da prevalência dos sintomas relacionados à asma em escolares na faixa etária entre 6-7 anos e 13-14 anos de idade em escolas da rede pública da área urbana do município de Campos dos Goytacazes

iv. Avaliar a relação entre a distribuição geográfica da prevalência dos sintomas relacionados à asma em escolares de 6-7 e 13-14 anos de idade, os níveis de exposição aos focos de queimada de cana-de-açúcar e condições social e econômica da população por setor censitário em Campos dos Goytacazes (RJ).

2. Revisão bibliográfica

2.1 Asma

2.1.1 Em crianças e adolescentes

Asma é uma doença inflamatória crônica associada à hiper-responsividade das vias aéreas, que leva a episódios recorrentes de sibilos, dispneia, opressão torácica e tosse, particularmente à noite ou no início da manhã. Esses episódios são uma consequência da obstrução ao fluxo aéreo intrapulmonar generalizada e variável, reversível espontaneamente ou com tratamento (SBPT, 2012).

Asma é uma doença comum das vias aéreas ou brônquios causada por inflamação das vias aéreas e causa os seguintes sintomas: falta de ar ou dificuldade para respirar, sensação de aperto no peito ou peito pesado, chio ou chiado no peito e tosse.

É considerada uma doença genética complexa, com variados fenótipos que são a expressão da interação de múltiplos genes envolvidos com o ambiente. É um problema respiratório que tem gerado altos custos para o sistema de saúde, interferência na qualidade de vida dos indivíduos e absenteísmo no trabalho e escola. Também é encontrada associada com rinite e eczema em pré-escolares (ROSA *et al.*, 2009; PASTORINO, 2005).

Devido às alterações hormonais associadas às alterações ambientais e pelo calibre reduzido das vias aéreas encontrado no sexo masculino, esse apresenta maior prevalência e gravidade da asma em toda a infância, enquanto no sexo feminino se torna mais prevalente na fase adulta (PASTORINO, 2005).

A asma vem apresentando um aumento de sua prevalência e gravidade em vários países da Ásia, Índia, América do Norte, África e Mediterrâneo Oriental nas últimas décadas (PASTORINO, 2005; ROSA *et al.*, 2009; RIGUERA, ANDRÉ & ZANETA, 2011). Entretanto, observam-se exceções, tais como a estabilização e até mesmo o decréscimo da prevalência de asma em grupo de adolescente de 12 a 14 anos na Inglaterra, bem como no grupo de crianças de 6 e 7 anos na cidade de Melbourne Austrália (PASTORINO, 2005). O Brasil apresenta um dos mais altos níveis de prevalência de asma em crianças e adolescente da América Latina e do mundo, com valores médios que alcançam 20% da população, variável entre as regiões (SOLÉ *et al.*, 2006).

2.1.2 Fatores associados à asma

Os fatores que estariam implicados nas diferentes tendências da prevalência de asma ainda são um desafio ao conhecimento (ROSA *et al.*, 2009). Segundo Pastorino (2005), a relação entre atopia e a predisposição genética não poderia explicar a rapidez de mudanças das doenças alérgicas, tornando as características ambientais fundamentais. O aumento da prevalência da asma ainda não é totalmente compreendido e tem estimulado um grande número de estudos epidemiológicos que além de identificar os fatores de risco, sugerem possibilidades para prevenção. Para explicar o aumento da prevalência da asma são formuladas várias hipóteses, entre elas estão a urbanização, o aumento da densidade populacional, o estilo de vida ocidental, as variações na natureza e magnitude dos fatores ambientais existentes em cada cidade (ROSA *et al.*, 2009).

Outra característica ambiental apontada é a maior e mais precoce exposição das crianças a aeroalérgenos nas casas e ambientes que frequentam. A presença de ácaros também tem uma relação direta com a presença da asma em crianças de três anos de idade, mas em crianças de 7 anos não foi achado tal sensibilização. Já crianças com histórico familiar positivo para asma ou atopia são mais sensibilizadas precocemente e de maneira mais persistentes que aquelas sem antecedência familiar. O tabagismo da mãe durante a gestação e depois do parto também tem levado ao aumento do risco de sibilância e asma (PASTORINO, 2005).

Lopes & Ribeiro (2006) salientam que fatores como condições climáticas e padrão socioeconômico do local de estudo podem ser considerados fatores de confusão em pesquisas que envolvem comparação entre localidades. Segundo Beggs & Bambrick (2006), o clima tem a capacidade de modificar os efeitos interativos no interior da teia de causalidade da asma, levantando a hipótese de que aumento global da asma é um impacto inicial da mudança climática antropogênica.

França, Aguiar & Rudorff (2009) ressaltam em seu estudo sobre relação entre queima da cana-de-açúcar e saúde em Araçatuba (SP) a importância de salientar fatores como condições meteorológicas e padrão socioeconômico da população, pois podem influenciar a ocorrência de doenças respiratórias. Já Castro *et al.* (2007), em seu estudo sobre poluição do ar e doenças respiratórias em Vitória (ES) demonstram que o fator social influencia no aparecimento dessas doenças, pois os grupos sociais mais pobres são os mais suscetíveis e levam ao aumento das taxas de asma.

Alguns autores já demonstraram uma relação da prevalência da asma com o nível socioeconômico. Felizola *et al.* (2005), em seu estudo sobre a prevalência dos sintomas de asma em escolares de seis a sete anos e de treze a quatorze anos demonstraram que o grupo economicamente desfavorecido apresentou maiores prevalências de sintomas de asma, assim como crises de maior gravidade. Tal estudo utilizou o questionário do ISAAC (*International Study of Asthma and Allergies in Childhood*). Em seu estudo sobre fatores de risco para sibilância na infância em crianças de 6 a 59 meses de vida da cidade de São Paulo (BR), Benício *et al.* (2004) encontraram associação entre chiado recente e variáveis socioeconômicas como baixa renda *per capita* e má qualidade da habitação.

2.1.3 Asma e poluição atmosférica

As fontes poluidoras do ar são múltiplas, podendo ser divididas em naturais, como erupção vulcânica e queima acidental de biomassa, e antrópicas, como emissão de gases poluentes de indústrias e queima proposital de áreas agrícolas ou florestadas.

Associado às doenças respiratórias estão os diferentes poluentes presentes na atmosfera que afetam, principalmente, crianças e idosos. Estudos relacionam os aumentos nos atendimentos de prontos-socorros e de internações hospitalares de pessoas com problemas respiratórios após o aumento de material particulado (em inglês, *Particulate Matter*, PM), dióxido de enxofre e monóxido de carbono, até cinco dias após a elevação do poluente. Segundo Riguera, Andre & Zanetta (2011) a exposição ao material particulado é um importante agente de indução de exacerbação da asma. Isto pode ser decorrente de mecanismos associados à inflamação, por efeito adjuvante de partículas ultrafinas. Já no Brasil, a partir de estudos sistemáticos realizados no começo da década de 1990, foi feita associação entre o dióxido de nitrogênio com a mortalidade por doenças respiratórias em crianças (CANÇADO *et al.*, 2006b).

As principais fontes poluidoras das áreas urbanas são incineração de lixo sólido, poluição industrial, emissão de veículos automotores, principalmente os veículos pesados e mais velhos. A forma típica de medir poluição urbana é através de material particulado (PM), gases poluidores como o ozônio (O₃), monóxido de carbono (CO), óxido de nitrogênio (NO_x) e dióxido sulfúrico (SO₂), além de hidrocarbonetos e aldeídos. O tamanho da partícula, a superfície de contato e a composição química determinam o risco à saúde. Partículas ultrafinas são os principais componentes

emitidos por veículos a diesel e penetram mais profundamente nos pulmões e estão associados aos mais diversos problemas de saúde (CASTRO *et al.*, 2007).

O efeito da poluição sobre a prevalência de asma tem sido observado, principalmente com substâncias poluentes relacionadas com o tráfego veicular, principalmente monóxido de carbono e dióxido de nitrogênio (RIGUERA, ANDRÉ & ZANETTA, 2011). Mcconnell *et al.* (2006), afirmam que em um estudo de coorte realizado no sul da Califórnia, houve uma taxa crescente de prevalência de asma em residências próximas a uma estrada principal e diminuição do risco para os níveis de base em casas que ficavam distante 150-200 m. Sendo que essa tendência foi observada somente em crianças que viviam no mesmo endereço desde os dois anos de idade.

A correlação e associação entre queima de biomassa e problemas respiratórios é recorrentes em estudos no Brasil. Estudos confirmam que a exposição a essa queima em ambientes internos está associada ao aumento da incidência de asma em adultos e crianças, sendo que a queima em ambientes externos também produz poluição atmosférica e causa impacto sobre a saúde de indivíduos expostos (CANÇADO *et al.*, 2006b).

Em um estudo experimental realizado em ratos, a exposição a PM coletadas em uma cidade com predominância de veículo e queima de cana mostrou que resultados respiratórios foram semelhantes e na biomassa houve maior presença de metais, especialmente ferro e zinco (RIGUERA, ANDRÉ & ZANETTA, 2011).

Lopes & Ribeiro (2006), utilizando a técnica de sobreposição de mapas, observaram que os municípios com os mais altos coeficientes de incidência de internações por afecções das vias respiratórias situavam-se nas áreas onde ocorriam as maiores concentrações de queimadas de palha de cana. Uma correlação positiva entre o sedimento de fuligem da queima de cana-de-açúcar e o número diário de pacientes que necessitam de inalações já foi encontrada em Arbex (2001), inclusive dose-dependente entre o número de terapia inalatória e o peso do sedimento da fuligem.

Em uma pesquisa realizada em Monte Aprazível (SP) sobre a poluição proveniente da cana-de-açúcar e a prevalência de sintomas de problemas respiratórios como rinite, asma e bronquite, foi observado que a prevalência do pico de fluxo expiratório abaixo de 20% da mediana das medições de cada criança foi maior em dias em que a concentração de PM 2,5 foi maior. Nesse estudo concluiu-se que embora esteja dentro dos níveis aceitáveis, a poluição proveniente da cana-de-açúcar pode

contribuir para o agravamento de episódios de asma e rinite (RIGUERA, ANDRÉ & ZANETTA, 2011).

Em estudo realizado em Araraquara (SP), foi encontrada uma correlação positiva significativa e dose-dependente entre o número de inalações diárias em serviços de saúde e a concentração de material particulado gerado pela queima da palha da cana-de-açúcar. Outro estudo realizado em Piracicaba concluiu que a queima da palha da cana-de-açúcar é uma importante fonte de poluição atmosférica e que leva ao aumento da morbidade respiratória de forma semelhante à poluição atmosférica produzida por combustíveis fósseis, em grandes centros urbanos (CANÇADO *et al.*, 2006a).

Boopathyetal, Asrabadi & Ferguson (2002) demonstraram que os meses com maior número de internações por asma foram no mesmo período em que havia queima de palha de cana em Louisiana, nos Estados Unidos.

2.1.4 Diagnóstico da asma

O diagnóstico de asma é realizado por meio de avaliação clínica e testes funcionais, tais como os espirométricos. Atualmente têm sido utilizados questionários como instrumento para um levantamento geral de diagnóstico de asma em populações de crianças e adolescentes. Com relação à asma, estes inquéritos têm possibilitado a obtenção de informações importantes sobre sua ocorrência, etiologia e história natural (SOLÉ & NASPITZ, 1998).

O *International Study of Asthma and Allergies in Childhood* (ISAAC) é um dos instrumentos mais utilizados em epidemiologia respiratória devido ao seu baixo custo, fácil execução e boa cooperação por parte dos indivíduos investigados. Tem sido aplicado em vários países por ser de fácil aplicação, permitindo a comparação de dados.

É caracterizado como um estudo descritivo transversal em que são vistos os casos prevalentes e amostragem aleatória de uma única população fonte em um ponto fixo no tempo. Tem por objetivo padronizar um método de investigação epidemiológica internacional e regional das doenças alérgicas e monitorar a prevalência e a gravidade de rinite, eczema e asma ao longo do tempo (PASTORINO, 2005; SOLÉ, 2005). Ele foi criado em 1991 e utiliza um questionário escrito (QE) e um vídeo questionário em que são avaliados os sintomas relacionados a essas três doenças em escolares da faixa etária de 6-7 anos e para adolescentes de 13-14 anos de idade. O vídeo questionário não tem sido aplicado no Brasil por não ter sido validado até o momento, mas o QE foi validado

e deve ser respondido pelos pais das crianças de 6 a 7 anos e pelos próprios adolescentes de 13 a 14 anos, após a orientação de seu conteúdo (SOLE, 1998; PASTORINO, 2005).

O ISAAC é realizado em três fases, sendo que a fase 1, que corresponde ao questionário, tem sido utilizado com boa sensibilidade e especificidade na identificação de casos de asma em estudos populacionais. Ele é recomendado para uma amostra de 3000 crianças de 6 a 7 anos e o mesmo número para adolescentes de 13 a 14 anos (SOLE, 1998). O QE para idade de 13 a 14 anos inclui oito questões sobre asma e a questão referente à sibilância nos últimos 12 meses é a mais sensível para a doença (PASTORINO, 2005; ROSA *et al.*, 2009, SOLÉ *et al.*, 2006). A amostra em estudo deveria incluir todas as crianças da faixa etária em estudo, de uma amostra randomizada de escolas (SOLE *et al.*, 2006). O questionário ISAAC já foi validado em sua sensibilidade e especificidade, atingindo seus objetivos de avaliar a prevalência das doenças alérgicas (PASTORINO, 2005).

A primeira fase do ISAAC foi concluída em 1996. Participaram desta fase 119 centros de 45 países da Europa, Ásia, África, América do Norte, América do Sul e Oceania com um total de 366.106 adolescentes de 13 e 14 anos entrevistados e 74 centros de 34 países com um total de 208.723 estudantes de 6 e 7 anos entrevistados. A análise preliminar desses dados mostrou resultados muito variados. As grandes variações na prevalência dos sintomas de asma foram de até 10 a 20 vezes maior entre os países em todo mundo e sugerem que fatores ambientais ao invés de fatores genéticos possam ter mais influentes (SOLE, 2005; ASHER *et al.*, 2010).

Junto com o ISAAC foram realizadas análises ecológicas para explicar que fatores podem ter contribuído para as variações encontradas mundialmente, entre eles: o Produto Interno Bruto nacional *per capita* (PIB), a ingestão de alimentos, as taxas de imunização, a notificação de tuberculose, fatores climáticos, o consumo de tabaco, o pólen, as vendas de antibióticos, as vendas de paracetamol, e a poluição do ar. No estudo foi demonstrada uma associação positiva e de baixa magnitude entre a doença e o PIB *per capita*, paracetamol, consumo de tabaco por mulheres e ácidos graxos trans e inversamente associado com alimentos de origem vegetal, pólen, vacinações, notificações de antibióticos, poluição do ar e homens fumantes. Contudo é necessária uma investigação mais aprofundada (ASHER *et al.*, 2010).

2.2 Impacto, risco e vulnerabilidade social

A alteração ocorrida no ambiente em decorrência de atividades humanas pode se configurar em um impacto positivo ou negativo, com probabilidade de resultar em alteração na saúde, no bem-estar social, na economia e na biota. Os impactos socioambientais são resultantes das transformações nos serviços de ecossistemas. Tais impactos podem ser diretos ou indiretos, contudo tendem a ser mais severos para determinados grupos populacionais e espaços geográficos mais vulneráveis (FREITAS & XIMENES, 2012).

Os impactos podem ainda ser resultado de desastres intensivos como um terremoto ou pode ser resultado de um desastre extensivo, como eventos relacionados ao clima (enchente, seca). O desastre intensivo está diretamente ligado ao aumento de número de óbitos e o desastre extensivo ligado ao aumento da proporção de danos à infraestrutura local e às habitações e condições de vida das comunidades de baixa renda. Riscos de desastres extensivos que acabam por se tornar “normalidade” para muitas sociedades e comunidades podem se tornar desastres intensivos amanhã (FREITAS *et al.*, 2012).

A pobreza é tomada como um diferencial de impacto, pois quanto mais pobre o seu ambiente e condições de vida, maior será a exposição a riscos para a saúde (DAHLGREN & WHITEHEAD, 2006 Op. Cit. ROHREGGER, 2011). O Brasil possui elementos estruturais para que os maiores impactos negativos recaiam sobre os grupos sociais mais pobres e que se prolonguem suas consequências através de um ciclo vicioso. Em estudo realizado por Sobral (1988), foi verificado que a prevalência das taxas de problemas respiratórios em crianças de baixa renda era muito mais elevada, pois se localizavam em áreas com níveis elevados de poluição, enfatizando assim o maior risco para as pessoas pobres que vivem em regiões com elevada poluição (RIBEIRO & CARDOSO, 2003).

São identificados casos na literatura acadêmica que relatam impactos socioambientais que podem levar a risco para o setor saúde. Entre esses casos, há o relatado por Lin *et al.* (1999) quando verificou o aumento do risco de morbidade por doenças respiratórias e de emergência atendimentos de crianças de até 13 anos, com aumento de partículas e em níveis de ozônio no ar da cidade.

O tema das políticas de redução de riscos de desastres vem recebendo grande atenção na agenda do desenvolvimento sustentável global, uma vez que se reconhece

que podem contribuir para acelerar o desenvolvimento, proteger os investimentos e reduzir a pobreza. Contudo, a gestão do risco de desastre ainda é difícil em face das incertezas na compreensão dos seus determinantes e impactos. Observa-se que o risco é função da probabilidade e magnitude de ocorrência de um evento. A incerteza ocorre quando escasso entendimento em relação à confiabilidade da informação e/ou quando não há conhecimento da probabilidade ou da magnitude da consequência do evento. Ela conduz ao desconhecimento do valor esperado das perdas ou ganhos, relacionados ao evento em análise e tem, em geral, como resultado, a inação para preveni-los ou adotá-los (BARATA *et al.* 2014).

Portanto, a redução de riscos de desastres deve combinar um conjunto de políticas que previnam a ocorrência e limitem as consequências oriundas dos desastres (FREITAS *et al.* 2012). Mas para isto é necessário ampliar estudos científicos que possibilitem reduzir as incertezas sobre o tema. Na literatura as definições de vulnerabilidade apresentam muitos elementos em comum. Blaike et al (1994) definem vulnerabilidade como sendo a “capacidade de antecipar, resistir, manejar e recuperar-se de impactos causados por desastres”.

ADGER (1999) define vulnerabilidade como sendo um estresse de subsistência de um indivíduo ou grupo de indivíduos, como resultado dos impactos da exposição à mudança ambiental. Barata *et al.* (2011) consideram que os grupos sociais mais vulneráveis, isto é, com menor capacidade de reagir a adversidades em geral, serão os que terão menor resiliência frente aos possíveis impactos ao meio ambiente ocasionados pelas mudanças do clima. Como exemplo, excesso de chuvas, provocam enchentes e impulsionam o aparecimento de doenças em grupos mais vulneráveis. O Painel Internacional de Mudança do Clima (2014) define vulnerabilidade como sendo a propensão ou predisposição a ser adversamente afetado por um evento exógeno.

A vulnerabilidade socioambiental está diretamente relacionada à precária situação econômica e social, combinada com a degradação ambiental. Problemas crônicos como construções inadequadas em áreas de riscos de desastres, acúmulo de lixo nas encostas e desmatamentos, além da urbanização não planejada e falta de terrenos próprios para moradias seguras revela a incapacidade governamental em oferecer suporte à população mais carente e agrava ainda mais os problemas sociais e econômicos, ambientais e sanitários. Isso contribui para aumentar a vulnerabilidade socioambiental e por conseguinte os agravos e doenças (FREITAS *et al.*, 2012).

Freitas & Giatti (2009), em estudo realizado na região da Amazônia Legal sobre indicadores de sustentabilidade, afirmam que as alterações no clima e na hidrologia provocadas pelas intensas transformações no uso do solo, com a conversão de mais de 600 mil km² de florestas tropicais em pastagens e culturas agrícolas, bem como aos processos de crescimento da população e urbanização da mesma, contribuem para aumentar a vulnerabilidade à mudança climática na região, com impactos sobre a saúde e bem-estar das populações.

Já Romero-Lankao (2012) afirma que a vulnerabilidade urbana é definida como o grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema em lidar com o efeito adverso de um ou vários riscos advindos de ações sociais ou ambientais. Até mesmo os centros urbanos em países desenvolvidos não são poupados dos impactos relacionados à falta de provisão de alguns dos determinantes da capacidade adaptativa

2.3 Indicadores e índices sociais, econômicos e ambientais

Segundo Barbosa, Barata & Hacon (2012), é necessário uma abordagem sistêmica, interdisciplinar e intersetorial para se entender a complexidade de problemas socioambientais e a múltipla determinação social da saúde. Tal abordagem permite a compreensão das inter-relações entre impactos ambientais e os respectivos efeitos à saúde humana. Entretanto, constata-se a inexistência de evidências da incorporação de aspectos de saúde na maioria dos estudos de impactos de empreendimentos e atividades de serviço e agrícolas sobre o meio ambiente.

O uso de indicadores auxilia na tomada de decisão e na gestão de políticas públicas e privada, além de permitir visualizar as principais vulnerabilidades do sistema de saúde, ambiental e social. Ribeiro (2002) afirma que podem ser encontradas ambiguidades e contradições no conceito de indicadores, fazendo-se necessário estabelecer uma definição mais genérica, rigorosa e unificada.

De forma geral, os indicadores são ferramentas para mensurar quantitativa ou qualitativamente determinada situação e têm sido utilizados em diversos campos das ciências para avaliar o progresso ou comparar realidades. Eles informam a situação econômica, social e ambiental de um local; alertam para as fraquezas e problemas em cada uma dessas áreas; são ferramentas de avaliação e de planejamento de políticas; auxiliam no esclarecimento de objetivos e na determinação de prioridades, além de

conscientizar o público sobre as ações que devem ser tomadas para atingí-los (FARSARI & PRATACOS, 2002).

Entre os conceitos utilizados está o de Holling (1987), em que o indicador é definido como a representação de uma medida de comportamento de um sistema. Para a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), indicadores são parâmetros ou valores que fornecem informação sobre o estado de um fenômeno ou ambiente. O significado de tal indicador vai além daquele associado diretamente ao valor do parâmetro (OCDE, 1993). Já para Hammond *et al.* (1995) trata-se de um modelo empírico da realidade. Tunstall (1992) define-o ainda como uma medida estatística.

Para Gallopin (1996), os indicadores podem ser considerados o principal componente da avaliação do progresso em relação a um desenvolvimento considerado sustentável. Hardi & Barg (1997) sugerem que os indicadores são sinais referentes a eventos e sistemas complexos. São pedaços de informação que apontam para características dos sistemas, realçando o que está acontecendo no mesmo.

Um indicador permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade e tem por finalidade mensurar a sustentabilidade de um processo de desenvolvimento (RIBEIRO, 2002). A utilização de indicadores possibilita a geração de informações necessárias para a realização de um diagnóstico e a tomada de decisões. Para a elaboração de indicadores é essencial o monitoramento dos fenômenos observados e a utilização de estatísticas (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Uma das formas que melhor sintetizam a realidade de uma região ou local é o índice. O índice sintético, de forma geral, é construído a partir de uma composição de indicadores. Vianna, Strauch & Cardoso (2008) afirmam que os índices sintéticos fornecem importantes elementos para reflexão sobre o processo de desenvolvimento de uma região, sendo este a base para analisar a adequação de políticas públicas. Nardo *et al.* (2005) afirmam que sua principal vantagem é sintetizar, num único número, uma realidade muitas vezes complexa e a desvantagem é o fato de ter critérios de agregação de indicadores muitas vezes arbitrários.

Os métodos para a formação de índices são diversos. Contudo, Wiens & Silva (2006) afirmam que em muitos casos não se percebe muito a inter-relação entre os indicadores na formação de índices, ressaltando a importância de ter nos indicadores a expressão do conceito que o sustenta. A construção dos índices envolve ainda a

complicação adicional de tornar comparáveis dados de diferentes fontes, produzidos com base em escalas distintas, com cobertura e distribuição espacial e temporal diversas, levando à busca de formas alternativas e aproximadas para imputar dados faltantes e construir *proxys* adequados e representativos de informações inexistentes (GOUZEE, MAZIJN E BILLHARZ, 1995).

Para Braga *et al.* (2004), os índices e indicadores adotados são modelos de interação entre atividade antrópica e meio ambiente, e sua principal vantagem é o fato dos índices serem capazes de comunicar realidades complexas de forma resumida. Barata *et al.* (2011) afirmam que os índices compostos integram e resumem diferentes dimensões de um tema, proporcionando a comparabilidade entre as unidades de análise.

Grande parte dos estudos sobre vulnerabilidade socioeconômica envolve indicadores que retratam a infraestrutura domiciliar, educação, renda e estrutura familiar (ALCÂNTARA, STRAUCH E AJARA, 2013; BARATA *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2007). Tais indicadores também foram utilizados para retratar condições de conforto em relação à exposição de crianças às friagens e a outros fatores deletérios à saúde respiratória (CHIESA, WESTPHAL & AKERMAN, 2008).

Barata *et al.* (2011), no estudo sobre a vulnerabilidade no estado do Rio de Janeiro formou um índice sintético constituído por diferentes indicadores que possibilitou a obtenção de uma métrica de vulnerabilidade municipal para fins comparativos. Para a construção de um índice composto que captasse a vulnerabilidade socioambiental em vista da mudança climática, os indicadores incluídos na métrica capturaram três características básicas da vulnerabilidade: exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa, sendo também adicionadas informações sobre o fator de perigo.

Chiesa, Westphal & Akerman (2008) afirmam que elucidar o papel de determinantes sociais no cenário epidemiológico das doenças respiratórias na infância pode ser de grande importância para subsidiar políticas mais eficazes no controle dessas doenças.

2.4 Análise espacial

Uma vez que é de interesse da epidemiologia saber se a distribuição espacial dos casos de determinada doença tem algum padrão ou se está associada a uma fonte poluidora, ela evidencia problemas que fazem parte da análise espacial dos dados geográficos. A análise espacial tem o objetivo de compreender a distribuição espacial

dos fenômenos ocorridos no espaço, por meio da observação da existência de padrões e estabelecer relações entre as diferentes variáveis, de forma preferencialmente quantitativa. Ela considera a localização do fenômeno estudado e possibilita explorar e modelar processos que se expressam através de uma distribuição no espaço (CÂMARA *et al.*, 2004). Tais técnicas de mapeamento permitem descrever de forma gráfica diversos fenômenos em saúde, desde a distribuição de padrões de morbimortalidade até a locação de serviços, passando pelos estudos de acessibilidade (CARVALHO, 1997).

Essa análise lida com dados ambientais e socioeconômicos e visa a escolha de um modelo inferencial que considere explicitamente os relacionamentos espaciais presente no espaço (CÂMARA *et al.*, 2004). Com o objetivo de quantificar a dependência espacial entre os valores da amostra, o modelo inferencial permite a interação das técnicas estatísticas utilizadas no cotidiano acadêmico com as particularidades do espaço geográfico no qual os dados pertencem (ALVES, 2009). A hipótese central do modelo inferencial é o conceito de estacionariedade que supõe um comportamento homogêneo da estrutura de correlação espacial na região de estudo (CÂMARA *et al.*, 2004).

Análise espacial pode ser realizada a partir de três tipos de dados e análise:

- i. Pontuais em que os fenômenos podem ser expressos em pontos localizados no espaço. A análise de padrões de pontos tem o objetivo de determinar a própria localização espacial do evento estudado, se ele é aleatório ou apresenta um padrão.
- ii. Superfícies contínuas que são usualmente resultados de levantamento de recursos naturais que podem estar distribuídas de forma regular ou não. A análise de superfícies tem o objetivo interpolar a superfície da qual se retirou e mediu as amostras.
- iii. Áreas de contagem ou taxas agregadas que se referem a indivíduos localizados em pontos específicos do espaço e são usualmente delimitados em polígonos fechados (município, bairro), tratam de dados censitários e de saúde. Na análise de áreas é suposto que haja homogeneidade interna nos polígonos fechados, o que nem sempre é uma premissa verdadeira. Em lugares como o Brasil, onde é frequente grupos sociais distintos estarem agrupados numa mesma região de coleta é necessário usar técnicas de ajuste de distribuição.

Na análise espacial é realizado primeiramente um conjunto de técnicas de Análise Exploratória de Dados Espaciais que contribuem para identificar possíveis padrões espaciais (CARVALHO, 1997; ALVES, 2009). Essas técnicas resumem as propriedades dos dados espaciais, identificando situações atípicas, detectando padrões de associação espacial, agrupamento de valores semelhantes (*clusters*), sugerindo outras formas de heterogeneidade espacial, além de formular hipóteses com referência à geografia dos dados (HAINING, 2004; NEVES *et al.*, 2000). Elas são essenciais ao desenvolvimento das etapas da modelagem estatística espacial (CARVALHO, 1997).

A análise exploratória está associada a apresentação visual dos dados sob a forma de gráficos e mapas e a identificação de padrões de dependência espacial (CÂMARA *et al.*, 2004). Ou seja, ela consiste na aplicação de um conjunto de técnicas de visualização, organização, apresentação e descrição de dados, com o objetivo de avaliar um conjunto de características das variáveis a serem estudadas. Em geral, são adaptações das ferramentas usuais como *boxplots*, histogramas, *qqplots*, entre outras e é muito sensível ao tipo de distribuição, à presença de valores extremos e à ausência de estacionariedade. Quando a distribuição é muito afastada da normalidade, é comum a transformação das variáveis, utilizando-se a função logarítmica ou exponencial (CARVALHO, 1997).

Alves (2009) aplicou a técnica de análise exploratória com o objetivo de conhecer a distribuição espacial de um índice sintético sobre a produção de cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo, avaliando a dependência espacial dessa produção entre os municípios vizinhos e os padrões espaciais do cultivo. Segundo esse autor, o cultivo das culturas agropecuárias, principalmente a cana-de-açúcar, apresenta uma forte influência espacial. O cultivo se desenvolve em regiões geográficas semelhantes no que tange ao clima, topografia, solo e acesso aos recursos hídricos. Há também fatores econômicos, logísticos e de mão de obra que influenciam na formação desses conglomerados.

A análise espacial é amplamente empregada em Sistema de Informação Geográfica (SIG) uma vez que ao se dispor de um banco de dados (IBGE, Datasus) e de uma base geográfica (municípios, distritos), permite a visualização do padrão espacial do fenômeno estudado. O SIG consiste em um ambiente que oferece um conjunto de técnicas e algoritmos que têm por objetivo a compreensão da distribuição espacial dos fenômenos ocorridos no espaço, por meio da observação da existência de padrões e

também pela aplicação de um conjunto de técnicas de Análise Exploratória de Dados Espaciais (ALVES 2009). Desta forma, o conjunto de dados a ser utilizado em análises espaciais deve ser georreferenciado.

3. Metodologia

3.1 Para análise da vulnerabilidade socioeconômica

A análise da vulnerabilidade socioeconômica da população de Campos dos Goytacazes (RJ) é realizada através de um índice composto por indicadores formados a partir de dados de domicílios particulares permanentes, por setor censitário, coletados no censo 2010 realizado pelo IBGE. O município tem ao todo 562 setores censitários urbanos. São analisados setores censitários urbanos com mais de 10 domicílios particulares, o que totalizou 545 setores. Os outros 17 setores censitários urbanos não estudados possuíam domicílios coletivos, como asilo, penitenciário ou hospital. Para esse estudo optou-se por analisar somente os setores urbanos, devido às características dos indicadores utilizados e também devido ao fato das escolas sorteadas para aplicação do questionário ISAAC estar localizadas em áreas urbanas.

O setor censitário é caracterizado como a menor unidade territorial formada por área contínua que está integralmente contida em área urbana ou rural. Ele tem dimensão adequada à operação de pesquisas e assegura a plena cobertura de todo país. A coleta dos dados pelo censo é realizada através de um questionário que registra características do domicílio e de seus moradores (IBGE, 2011).

Foi utilizado o *software ArcGis 10.1* para criação da base de dados georreferenciada, elaboração de mapas temáticos e análise espacial dos indicadores. Os *softwares Excel 2007* e *SPSS 20.0* auxiliaram na análise exploratória dos indicadores, verificação de dados faltantes e detecção de *outliers*.

A seleção das variáveis para este trabalho esteve relacionada à oferta e disponibilização de estatísticas existentes ao nível de setor censitário e procura revelar desvantagens sociais que o grupo de pessoas localizadas no setor censitário lida cotidianamente. Tais dados são geralmente provenientes de questionários do universo realizado pelo censo do IBGE. Dessa forma, os indicadores e as variáveis utilizadas foram selecionados com base na revisão bibliográfica e seguindo os seguintes critérios, conforme apontados por Januzzi, (2006):

- i. Relevância em relação ao tema – são utilizadas variáveis que representem diretamente o fenômeno ou que mais se aproximam de representar vulnerabilidade socioeconômica que represente risco ao agravo respiratório em crianças;
- ii. Disponibilidade e cobertura dos dados - a escassez de estatísticas por setor censitário, tendo em vista que tais dados são disponibilizados somente pelo IBGE. Também se evitou trabalhar com variáveis com muitas informações faltantes como foi o caso de dados sobre o entorno que traziam informação sobre pavimentação de ruas, existência de lixo a céu aberto na rua, arborização e esgoto a céu aberto.
- iii. Capacidade da variável de permitir comparações temporais – foram utilizadas estatísticas calculadas sistematicamente, admitindo a avaliação do comportamento do indicador em diferentes períodos.

Além dos três fatores acima apontados, também foi considerada a bibliografia disponível sobre o assunto. A identificação e seleção das variáveis consideraram estudos como o de Chiesa, Westphal & Akerman (2002) que foi realizado nos setores censitários e foi voltado para identificação de fatores socioeconômicos que influenciavam na incidência de doenças respiratórias agudas em crianças. O estudo de Alcântara, Strauch & Ajara (2013) sobre a vulnerabilidade socioambiental da macrorregião da Costa Verde (RJ) considerou tanto variáveis ambientais como socioeconômicas. Barata *et al.* (2011), no mapa de vulnerabilidade da população do estado do Rio de Janeiro aos impactos das mudanças climáticas nas áreas social, saúde e ambiente considerou uma série de indicadores que retratavam condições de estrutura familiar, infraestrutura domiciliar, renda, educação e saúde.

Ao analisar os fatores socioambientais associados à incidência de leptospirose no município do Rio de Janeiro, Oliveira (2007) também utilizou indicadores socioeconômicos como abastecimento de água, coleta de lixo, esgotamento sanitário, renda e educação. Já Gonçalves *et al.* (2014), utilizaram indicadores como rendimento familiar, alfabetização, abastecimento d'água, destino do esgoto, disponibilidade de iluminação pública, existência de lixo acumulado e presença de esgoto a céu aberto para a formação de um indicador de vulnerabilidade socioambiental na Amazônia Ocidental.

Para esse estudo foi atribuído igual peso para cada um dos índices formados devido à falta de conhecimento empírico da área de estudo. A igualdade de pesos aos

índices também é observado em vários estudos (GONÇALVES *et al.*, 2014; OLIVEIRA, 2007)

Considerando as bibliografias estudadas, a disponibilidade de dados ao nível de setor censitário, a possibilidade de reprodutibilidade e a relevância para o tema estudado, optou-se por utilizar os indicadores descritos no Quadro 1.

Quadro 1: Índices e indicadores utilizados.

Dimensão	Indicadores	Fonte	Ano
Ocupação	Proporção de domicílios particulares permanentes próprios e quitados	IBGE	2010
Renda	Proporção de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de 1/8 a 1 salário mínimo	IBGE	2010
Alfabetização	Proporção de responsáveis alfabetizados (as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios particulares	IBGE	2010
Infraestrutura	Proporção de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral	IBGE	2010
	Proporção de domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial	IBGE	2010
	Proporção de domicílios particulares permanentes com lixo coletado por serviço de limpeza	IBGE	2010
Condição de moradia	Proporção de domicílios particulares permanentes com 6 ou mais moradores	IBGE	2010

Os indicadores contidos no Quadro 1 encontram-se descritos no Apêndice dessa dissertação, em que é apresentada a Folha Metodológica que tem o objetivo de analisar cada um dos indicadores escolhidos e observar as propriedades mencionadas. A folha metodológica contém dados de cada um dos indicadores selecionados e auxilia no entendimento da seleção. Essa folha fornece informações de caráter metodológico e a avaliação de vantagens e desvantagens de se utilizar cada um dos respectivos indicadores. Ela é composta de quatro seções: a primeira, versa especificamente do indicador; a segunda, aborda a relevância no contexto da vulnerabilidade socioeconômica para o risco de agravo respiratório em crianças; a terceira, descreve a metodologia da variável; e a quarta seção trata da disponibilidade dos dados com suas respectivas fontes.

Cada índice utilizado é construído de forma a atribuir maior valor aos setores censitários de menor grau de vulnerabilidade e menor valor aos municípios com maior grau de vulnerabilidade. Foi atribuído o valor 1 (um) para o valor máximo observado e 0 (zero) para o valor mínimo correspondente para os indicadores (Equação 1):

- Proporção de domicílios particulares permanentes próprios e quitados

- Proporção de responsáveis alfabetizados (as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios particulares
- Proporção de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral
- Proporção de domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial
- Proporção de domicílios particulares permanentes com lixo coletado por serviço de limpeza

Eles são padronizados utilizando-se a seguinte Equação:

$$\text{Índice} = \frac{(\text{Valor do setor censitário}) - (\text{Menor valor entre os setores censitários})}{(\text{Maior valor entre os setores censitários}) - (\text{Menor valor entre os setores censitários})}$$

Equação 1: Cálculo de padronização dos indicadores

Os indicadores abaixo apresentam uma relação inversa aos indicadores citados acima, ou seja, quanto maior o valor da variável, melhor o indicador. Para corrigir essa distorção, uma padronização foi realizada no índice com base no complementar da fórmula da transformação 0-1 (Equação 2).

- Proporção de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de 1/8 a 1 salário mínimo
- Proporção de domicílios particulares permanentes com 6 ou mais moradores

$$\text{Índice} = \frac{(\text{Valor do setor censitário}) - (\text{Maior valor entre os setores censitários})}{(\text{Menor valor entre os setores censitários}) - (\text{Maior valor entre os setores censitários})}$$

Equação 2: Adaptação do cálculo de padronização dos indicadores

É realizada a média aritmética de todos esses índices. Quanto maior for o valor dessa média aritmética (IVSE) menor é a vulnerabilidade socioeconômica dos setores estudados. Entretanto, se determinado setor apresenta uma baixa vulnerabilidade, seu índice de vulnerabilidade também deveria ser baixo. Para corrigir essa distorção é utilizada a Equação 3 a seguir e pode variar livremente entre 1 (setores mais vulneráveis) e 0 (setores menos vulneráveis).

$$\text{Índice} = \frac{(\text{Valor do setor censitário}) - (\text{Maior valor entre os setores censitários})}{(\text{Menor valor entre os setores censitários}) - (\text{Maior valor entre os setores censitários})}$$

Equação 3: Cálculo de padronização do IVSE

A análise é ilustrada para cada um dos índices por meio de um mapa que utiliza o método de quebras naturais. Nesse método as classes são definidas de acordo com as mudanças nas declividades do histograma. Ele forma grupos que são homogêneos internamente e assegura a heterogeneidade entre classes (DECANINI, 2003). Essa técnica permite visualizar a distribuição espacial da variável coletada nos 545 setores censitários estudados de Campos dos Goytacazes (RJ). A escolha do número de classes foi realizada por meio da análise dos gráficos.

São apresentados gráficos como o Histograma, QQ plot e o Box plot. Esses três gráficos permitem a visualização de *outliers* e a aproximação da distribuição teórica dos dados pela distribuição Normal. Entende-se que no gráfico de Blox plot e no Histograma é possível ver mais claramente a presença de *outliers* e simetria ou não dos dados. No gráfico Q Q plot a declividade da reta fornece uma estimativa do parâmetro de dispersão e o intercepto uma estimativa do parâmetro de localização e ressaltam mais as discrepâncias nas caudas e menos no centro (TEIXEIRA, 2013). O QQPlot é mais indicado para variáveis aleatórias contínuas.

3.2 Para análise da prevalência de asma por escola

Para análise da prevalência da asma em Campos dos Goytacazes (RJ) são utilizados os dados do questionário ISAAC que foi aplicado pelo projeto *Estudo sobre o impacto das queimadas no setor de cana-de-açúcar na saúde respiratória de escolares/alunos do Município de Campos dos Goytacazes, no Estado do Rio de Janeiro*. O projeto do CESTEH/ENSP/FIOCRUZ, aprovado no CNPq, edital Universal/2011, foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa – CEP da ENSP/FIOCRUZ (CAAE: 01539812.20000.5240) e é financiado através do edital universal do CNPQ de 2011. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi devidamente assinado por estudantes e responsáveis.

A aplicação do questionário foi realizada por técnicos treinados pelo CESTEH/ENSP/FIOCRUZ com a colaboração de profissionais da Secretaria Municipal de Educação e da Secretaria Municipal de Saúde de Campos dos Goytacazes (RJ). Ocorreu nos meses de abril a novembro de 2013. De acordo com o Manual do ISAAC, como o questionário é baseado em informações referentes aos 12 meses anteriores à sua aplicação, o mês em que ele é aplicado não interfere no estudo.

Para utilização desses dados também foi realizada uma submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da ENSP/Fiocruz para o uso de dados secundários de público restrito. O projeto foi aprovado (CAAE: 36113614.0.0000.5240).

O ISAAC é caracterizado como um estudo descritivo transversal em que são vistos os casos prevalentes e amostragem aleatória de uma única população fonte em um ponto fixo no tempo. O questionário foi aplicado em uma amostra aleatória de 22 escolas de Campos dos Goytacazes (RJ) que totalizam cerca de 920 escolares na faixa etária entre 6-7 anos e 13-14 anos localizadas em diversos bairros e distritos do município no ano de 2013. Entretanto, para o presente estudo não foram utilizados dados da escola Alcebíades Schwatz, pois além de ter somente três questionários respondidos, também não foi possível seu georreferenciamento com o endereço disponível. Assim, foram utilizados dados de 917 escolares de 21 escolas.

No que se refere à ocorrência de asma foram considerados asmáticos aqueles estudantes que responderam de forma afirmativa a questão 5 (Q5 - Alguma vez na vida seu filho(a) teve chiado no peito?). A questão 6 (Q6 - Nos últimos 12 meses seu filho(a) teve chiado no peito?), também é utilizada por ser essa a questão de maior sensibilidade e especificidade como demonstrado em estudo (SOLÉ *et al*, 1998). Para o critério de gravidade da asma foi considerada a resposta afirmativa a questão 9 (Q9 - Nos últimos 12 meses, o chiado do seu filho(a) foi tão forte a ponto de impedir que ele(a) conseguisse dizer mais de 2 palavras entre cada respiração?) (SOLÉ *et al*, 1998).

O banco de dados se caracteriza por uma amostra de crianças e adolescentes de 6 a 7 anos e 13 a 14 anos da rede pública de ensino do município. A escolha dessa faixa etária pelo projeto é devido ao fato de já estar validado no Brasil e também devido à possibilidade de comparação com outras localidades, tendo em vista que tal questionário já foi aplicado em várias cidades pelo mundo.

Para o georreferenciamento das escolas sorteadas para aplicação do ISAAC foi utilizado a ferramenta *Google Maps*. Essa ferramenta fornece a latitude e longitude das escolas sorteadas para realização do questionário ISAAC.

As variáveis estudadas no que tange aos questionários são: sexo, localização da escola onde estudam os alunos, ocorrência de sintomas de asma e gravidade dos sintomas de asma. É utilizada estatística descritiva apresentando as variáveis do questionário estudadas na frequência relativa total e por escola.

As escolas sorteadas para aplicação do questionário ISAAC estão na Tabela 3 a seguir que apresenta a quantidade de questionários que foi aplicado por escola. No total foram 917 questionários respondidos em 21 escolas.

A frequência do questionário por escola não foi regular, sendo necessário fazer uma frequência relativa. A escola Frederico Paes Barbosa respondeu 221 questionários, que corresponde a 24% do total. As escolas Frederico Paes Barbosa e Francisco Faria Barbosa possuem juntas 40% do total de questionários aplicados pelo projeto em Campos dos Goytacazes (RJ).

As escolas com menos de 10 questionários respondidos são Ignácio Corrêa dos Santos, Lulo Ferreira de Araújo e Professor Wilmar Cava Barros. Apesar dessa diferença do número de questionários respondidos por escola, o estudo da frequência de sintomas de asma nos alunos é relevante, tendo em vista que o estudo não analisará somente a frequência em uma única escola, e sim no grupo de escolas que se localiza nas diferentes regiões a serem classificadas.

Tabela 3: Frequência de questionários por escola

Escola	Frequência	Frequência (%)	Frequência acumulativa
Frederico Paes Barbosa	221	24.1	24.1
Francisco Faria Barbosa	149	16.3	40.4
Santo Antônio	66	7.2	47.6
Sagrada Família	57	6.2	53.8
Conselheiro Josino	51	5.6	59.3
Alcindor de Moraes Bessa	46	5.0	64.4
Lídia Leitão de Albernaz	37	4.0	68.4
Pequeno Jornaleiro	37	4.0	72.4
Cláudia Almeida Pinto Oliveira	35	3.8	76.2
José do Patrocínio	35	3.8	80.1
Manoel Coelho	31	3.4	83.4
Custódio Generoso Vieira	24	2.6	86.1
Maria Lúcia	24	2.6	88.7
29 de Maio	23	2.5	91.2
Clóvis Tavares	22	2.4	93.6
Rotary I	13	1.4	95.0
Getúlio Vargas	12	1.3	96.3
Jocilda Givanoite	10	1.1	97.4
Ignácio Corrêa dos Santos	9	1.0	98.4
Lulo Ferreira de Araújo	8	0.9	99.3
Professor Wilmar Cava Barros	7	0.8	100.0
Total	917	100	

3.3 Para análise da influência dos focos e correlação

Com o objetivo de obter dados representativos da ocorrência de queimadas da cana-de-açúcar na mesma resolução temporal dos dados de sintomas de asma em alunos

de 6 a 7 anos e de 13 a 14 anos, foram utilizados dados de focos de calor mensais do ano de 2012 e 2013, os quais podem ser indícios de queimada. Foi utilizada a base de dados *online* de focos de calor disponibilizada pelo site do programa PROARCO da Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e foram georreferenciados pelo software *ArcGis* 10.1. O satélite de referência nos anos de 2012 e 2013 era o Aqua. Foram utilizados dados tanto do período diurno quanto noturno, diante da possibilidade de eventualmente ocorrer queimada de palha de cana fora do período noturno.

Segundo França, Aguiar e Rudoff (2009), um foco de calor indica a ocorrência de fogo com intensidade capaz de sensibilizar o detector. Um único foco pode estar representando episódio de uma ou várias pequenas queimadas ou uma grande queimada em um *pixel* da imagem. Esses focos podem ser encontrados em áreas com outros usos e ocupação do solo, que não necessariamente sejam plantação de cana-de-açúcar. Como não foi possível a sobreposição de área de plantação e colheita de cana com os focos de calor é pressuposto que esses focos sejam queimadas de cana, tendo em vista sua variação espacial em áreas rurais e a sabida e frequente utilização de fogo para colheita de cana no município.

Para estimar a área de influência dos focos de queimadas dos anos de 2012 e 2013 foi aplicado o estimador de densidade de *kernel*. Esse estimador é comumente utilizado para gerar uma superfície contínua através de dados amostrais, geralmente pontos. Com esse método é possível analisar o comportamento de padrões de pontos e estimar a intensidade pontual do processo em toda a região de estudo. Nesse estudo, ajustou-se uma função bidimensional sobre os pontos de focos de queimadas, de modo a formar uma área de influência cujo valor é dado pela intensidade de amostras por unidade de área. Foi realizada uma contagem de todos os pontos dentro de uma região de influência de 7,5 km², ponderando-os pela distância de cada um a uma localização de interesse.

Nesse método é desenhada uma vizinhança circular ao redor de cada ponto de foco de queimada e então aplica uma função matemática que vai de 1 na posição do ponto a 0 na fronteira da vizinhança (CÂMARA *et al.*, 2004).

Nos cálculos de densidade, o tamanho do *Kernel* foi centralizado no ponto que indica presença de foco de queimada. Para garantir a continuidade da superfície foi gerado um *Kernel* de superfície maior, tomado como parâmetro a distância aproximada

das escolas com os focos de queimadas; 7,5 km². Também foi tomado esse tamanho de raio para que fosse possível o achatamento do *Kernel*. O valor da densidade para cada célula é calculado adicionando os valores de todas as superfícies *Kernel* que se sobrepõe, ou seja, o valor para aquela célula é a soma dos valores *Kernel* sobrepostos dividido pela área do raio.

Vários estudos já utilizaram esse método para analisar a densidade de focos de queimadas, como é o caso de Souza *et al.* (2013) que analisou densidade de focos de desmatamento nas Unidades de Conservação situada na Bacia do Rio São Francisco em Minas Gerais, nos anos de 2010 e 2011, por meio de mapas gerados a partir da metodologia de *kernel*. Silva, Rocha e Ângelo (2013) utilizaram o estimador de densidade *Kernel* para modelar o padrão de distribuição do conjunto de pontos definidos como focos de calor no Parque Nacional da Chapada Diamantina (BA). Já Nascimento e Medeiro (2012), em seu estudo sobre internações por pneumonias e queimadas: uma abordagem espacial, também utilizou o estimador de *Kernel* para as taxas de pneumonia e focos de queimada.

A queima de biomassa emite material particulado, gases de efeito estufa e precursores do ozônio troposférico para a atmosfera (França, 2013). A forma típica de medir poluição urbana é através de material particulado (em inglês, *Particulate Matter*, PM), gases poluidores como o ozônio (O₃), monóxido de carbono (CO), óxido de nitrogênio (NO_x) e dióxido sulfúrico (SO₂), além de hidrocarbonetos e aldeídos. O tamanho da partícula, a superfície de contato e a composição química determinam o risco à saúde. Partículas ultrafinas são os principais componentes emitidos por veículos a diesel e penetram mais profundamente nos pulmões e estão associados aos mais diversos problemas de saúde (CASTRO *et al.*, 2007).

Entretanto, o presente estudo optou por utilizar os pontos de focos de queimadas disponibilizados pelo INPE. Esse método fornece um *proxy* da poluição atmosférica causada pela atividade de queima de cana-de-açúcar, além de permitir uma análise da distribuição espacial dessa poluição.

Para análise da relação entre a distribuição geográfica da prevalência dos sintomas relacionados à asma em escolares de 6-7 e 13-14 anos de idade, os níveis de exposição aos focos de queimada de cana-de-açúcar e condições social e econômica da população por setor censitário em Campos dos Goytacazes (RJ), é realizado a sobreposição do mapa de *Kernel*, ao mapa de quebras naturais do IVSE e à frequência

de asma por escola estipulado através do método ISAAC. Já para a correlação entre densidade de focos de queimadas e a frequência de sintoma de asma foi utilizada uma função de correlação linear de *Pearson*.

4. Resultados

4.1 Mapeamento das condições de vida em Campos dos Goytacazes (RJ)

4.1.1 Análise exploratória

A análise exploratória dos indicadores utilizados visa identificar possíveis *outliers* ou *Missing* ao nível de setor censitário no município de Campos dos Goytacazes (RJ). A Tabela 4 demonstra a média, mediana, desvio padrão, máximo e mínimo dos indicadores estudados. Os dados são da base do censo 2010 do IBGE.

Tabela 4: Análise exploratória dos indicadores utilizados

Estatísticas	Ocupação	Renda	Condição de moradia	Alfabetização	Água	Esgoto	Lixo
N	545	545	545	545	545	545	545
Missing	0	0	0	0	0	0	0
Média	79,1%	58,8%	7,7%	92,8%	78,4%	45,7%	94,9%
Mediana	81,3%	64,4%	7,5%	94,5%	93,8%	35,1%	100,0%
Desvio Padrão	11,1%	21,5%	3,7%	6,4%	30,4%	40,9%	16,2%
Mínimo	21,0%	2,0%	0,0%	68,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Máximo	99,0%	94,0%	22,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: IBGE, 2011.

No estado do Rio de Janeiro a proporção de domicílios próprios ou em aquisição é de 74,9%. A proporção de domicílios particulares permanentes próprios e quitados definidos como o indicador de ocupação tem uma média de 79,1% com 11,1% de desvio padrão. A média da proporção de domicílios próprios é semelhante ao do estado.

Para análise da renda foi somado a proporção de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de 1/8 a 1 salário mínimo. O mesmo procedimento foi realizado para condição de moradia que é a proporção de domicílios particulares permanentes com 6 ou mais moradores.

A proporção de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* de 1/8 a 1 salário mínimo possui uma média de 58,8% e desvio padrão de 21,5%. Essa proporção é muito maior ao do estado que é de 13,5%. Esse indicador requer uma análise diferente aos demais indicadores, tendo em vista que quanto menor for sua média, mediana e máxima, melhor é a condição da população do município em adquirir bens e serviços, dentre os quais os de saúde.

Análise semelhante a essa é feita para a proporção de domicílios particulares permanentes com seis ou mais moradores, sendo definido como condição de moradia de aglomeração. Os setores urbanos de Campos dos Goytacazes (RJ) possuem uma média de domicílios com uma situação de aglomeração de pessoas de 7,7%, um pouco maior que a do estado que é de 5,9%.

A proporção de responsáveis alfabetizados (as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios particulares possui uma média de 92,8%, com baixo desvio padrão e valor mínimo de 68%. Dos indicadores que medem infraestrutura, a proporção de domicílios particulares permanentes com lixo coletado por serviço de limpeza é o que possui a maior média com 94,9%, maior que a do estado do Rio de Janeiro com 86,2%. Por outro lado, a proporção de domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial é o que apresenta pior média com 45,7%, equiparado com o estado que é de 76%. A média da proporção de domicílios com acesso à rede geral de água é de 78,4%, menor que a do estado do RJ que é de 84,6%.

4.1.2 Análise dos índices

O mapa da Figura 3 apresenta a distribuição espacial do índice de ocupação, ou seja, a forma de ocupação do domicílio na área urbana de Campos dos Goytacazes (RJ). Ele é definido como a situação de apropriação do domicílio, se é próprio, alugado, cedido ou tem outra condição de ocupação.

Os índices de ocupação muito altos estão localizados em setores urbanos isolados e dispersos no município e nos setores periféricos mais ao sul da região urbana central. Os setores que apresentam índices altos de ocupação se concentram, em sua maioria, entre os setores com índices muito altos e os setores com índices médios. Os setores localizados mais ao centro da área urbana estudada possuem índices médios na maioria dos casos. Os menores índices estão presentes em poucos setores dispersos.

O índice tem uma média alta, conforme pode ser observado na Figura 3 no gráfico de *Box plot*, 0,75, sendo os índices menores que 0,4, aproximadamente, considerados *outliers*. Também é visto uma assimetria na distribuição dos dados através desse gráfico e do histograma. O gráfico *QQ plot* demonstra que o índice não tem uma distribuição teórica normal e a declividade da reta demonstra uma alta dispersão. Isso

não representa um problema para o presente estudo, pois o método de agregação utilizado não necessita de distribuição normal.

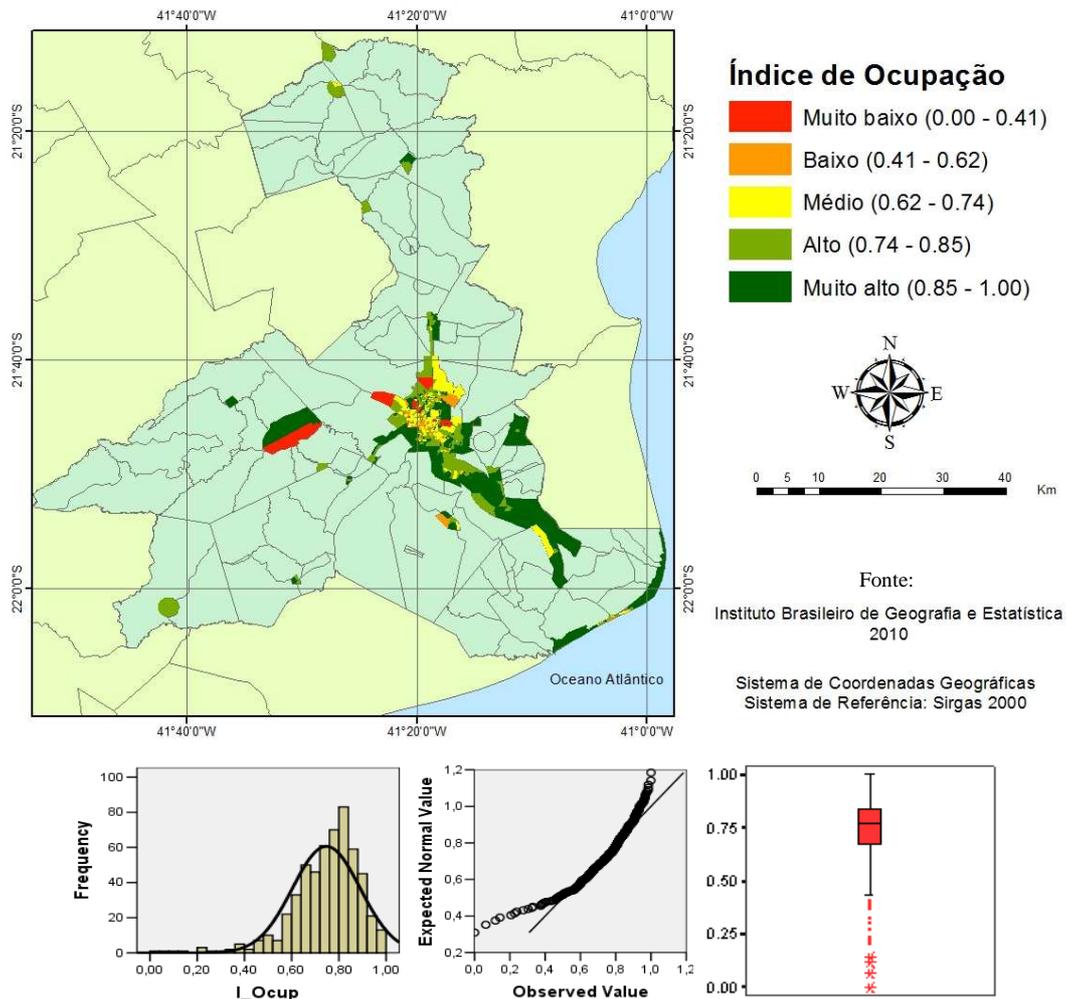


Figura 3: Mapa e gráficos da distribuição espacial do índice de ocupação

O índice de renda representado no mapa da Figura 4 demonstra que os índices muito baixos se concentram nas áreas urbanas isoladas e nas periferias da região central do município, onde se concentra os setores urbanos. Os setores censitários com índices baixos e médios se concentram entre os setores com índices altos e os setores com índices muito baixos. Os índices de renda muito altos se concentram a oeste dessa região central. Quanto mais afastado do centro do município, mais baixa é a renda.

A distribuição do índice de renda apresenta assimetria tanto no diagrama como no *Blox plot*, mas sem *outlier*. A não linearidade no *QQ plot* demonstra uma distribuição teórica não normal e a declividade da reta demonstra uma alta dispersão dos dados.

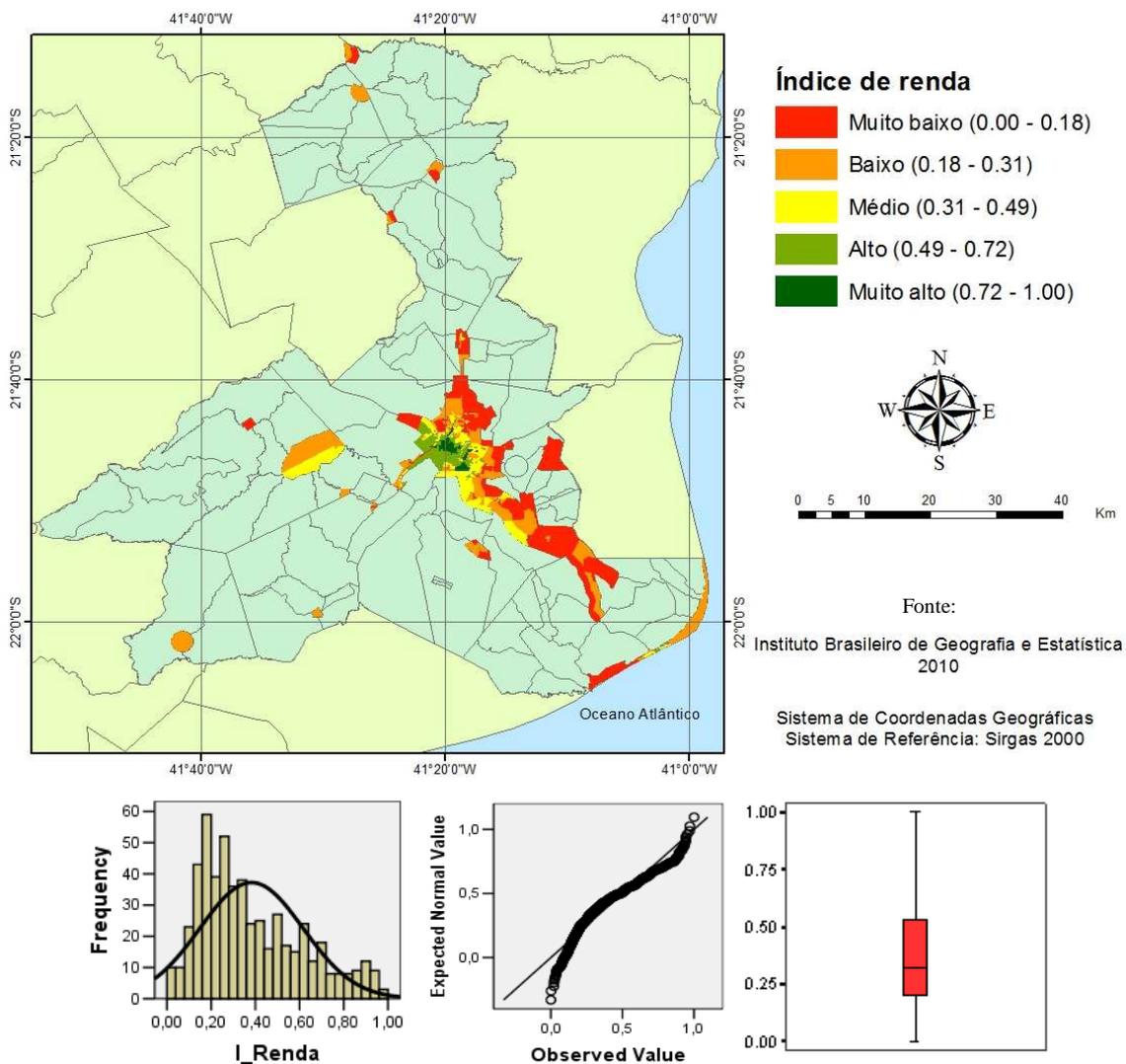


Figura 4: Mapa e gráficos da distribuição espacial do índice de renda

O mapa da Figura 5 demonstra a distribuição espacial do índice de alfabetização por quebras naturais. Esse índice é formado pelo indicador proporção de responsáveis alfabetizados (as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios particulares. Ele é diretamente proporcional, ou seja, quanto maior o valor do indicador, maior é o valor do índice.

Em relação ao índice de alfabetização é visto que os índices muito altos se concentram nos setores localizados a oeste na região central do município. Os setores com índices altos são poucos e se concentram próximos aos índices muito altos e médios. Os setores com índice médios estão localizados entre os setores com índice muito altos e altos e os setores com índices baixos. Os setores censitários com índices muito baixo são poucos e encontrados nos setores urbanos isolados e ao norte da região central do município.

A distribuição dos dados apresenta assimetria tanto no diagrama como no *Box plot*. A não linearidade no *QQ plot* demonstra uma distribuição teórica não normal.

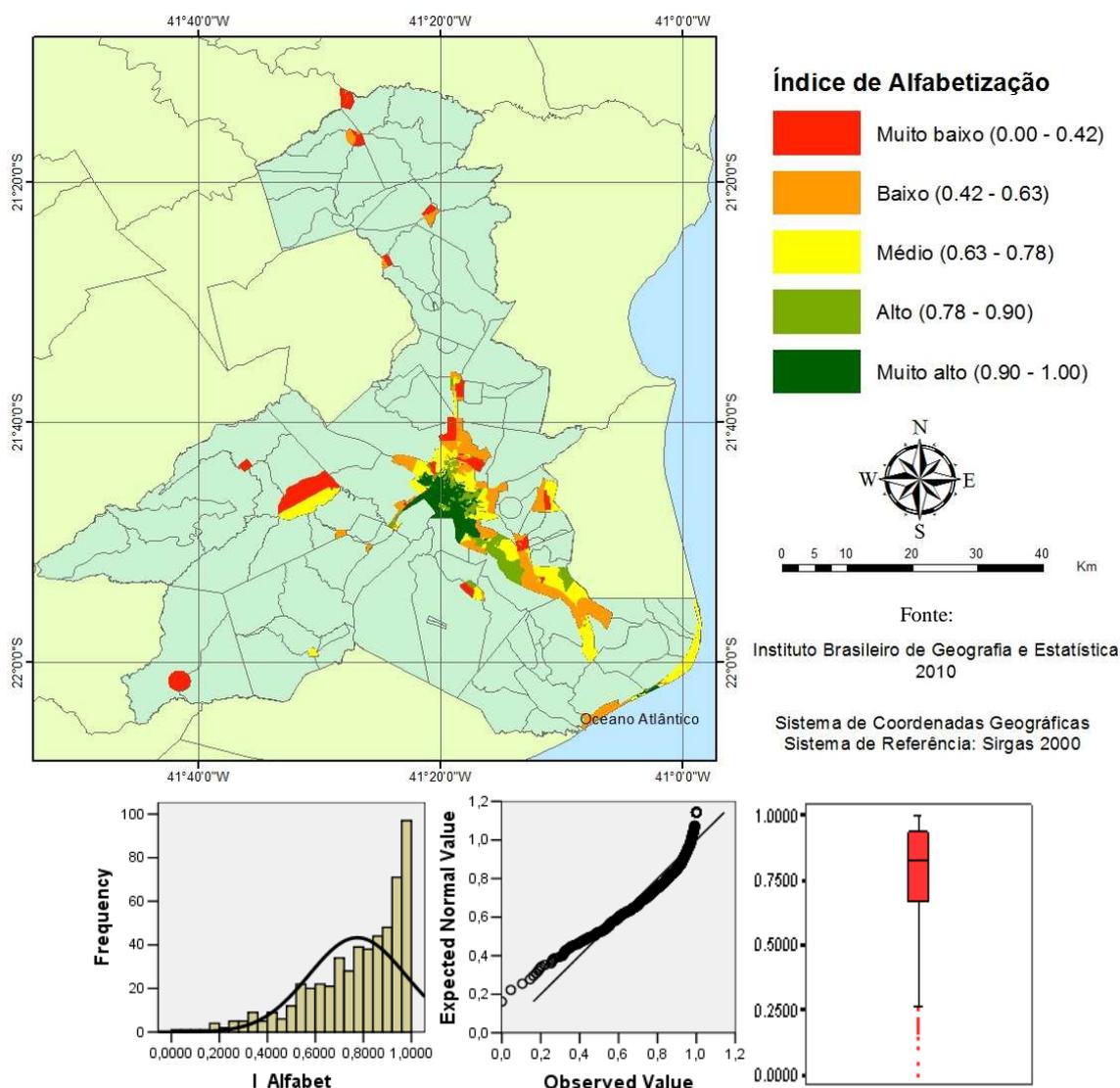


Figura 5: Mapa e gráficos da distribuição espacial do índice de alfabetização

A distribuição espacial do índice de infraestrutura é representada no mapa da Figura 6. Esse índice é formado por setores com domicílios particulares permanente com acesso à rede de distribuição de água tratada, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial e com lixo coletado por serviço de limpeza.

A distribuição espacial do índice de infraestrutura se assemelha a distribuição espacial do índice de renda. Os índices muito altos estão em setores se concentram a oeste da região central do município. Há poucos setores com índices altos, estando localizados próximos aos setores muito altos. Os setores com índices médios estão próximos dos setores com baixos índices. Já os setores urbanos isolados e os que estão

ao norte, leste e sul da região central do município apresentam os piores índices. É observada uma tendência de agrupamento regional desse índice.

Os gráficos estatísticos demonstram que o índice de infraestrutura tem uma distribuição assimétrica tanto no diagrama como no *Blox plot*. A assimetria é negativa com *outlier* inferior. A não linearidade no *QQ plot* demonstra uma distribuição teórica não normal e a declividade da reta demonstra uma alta dispersão.

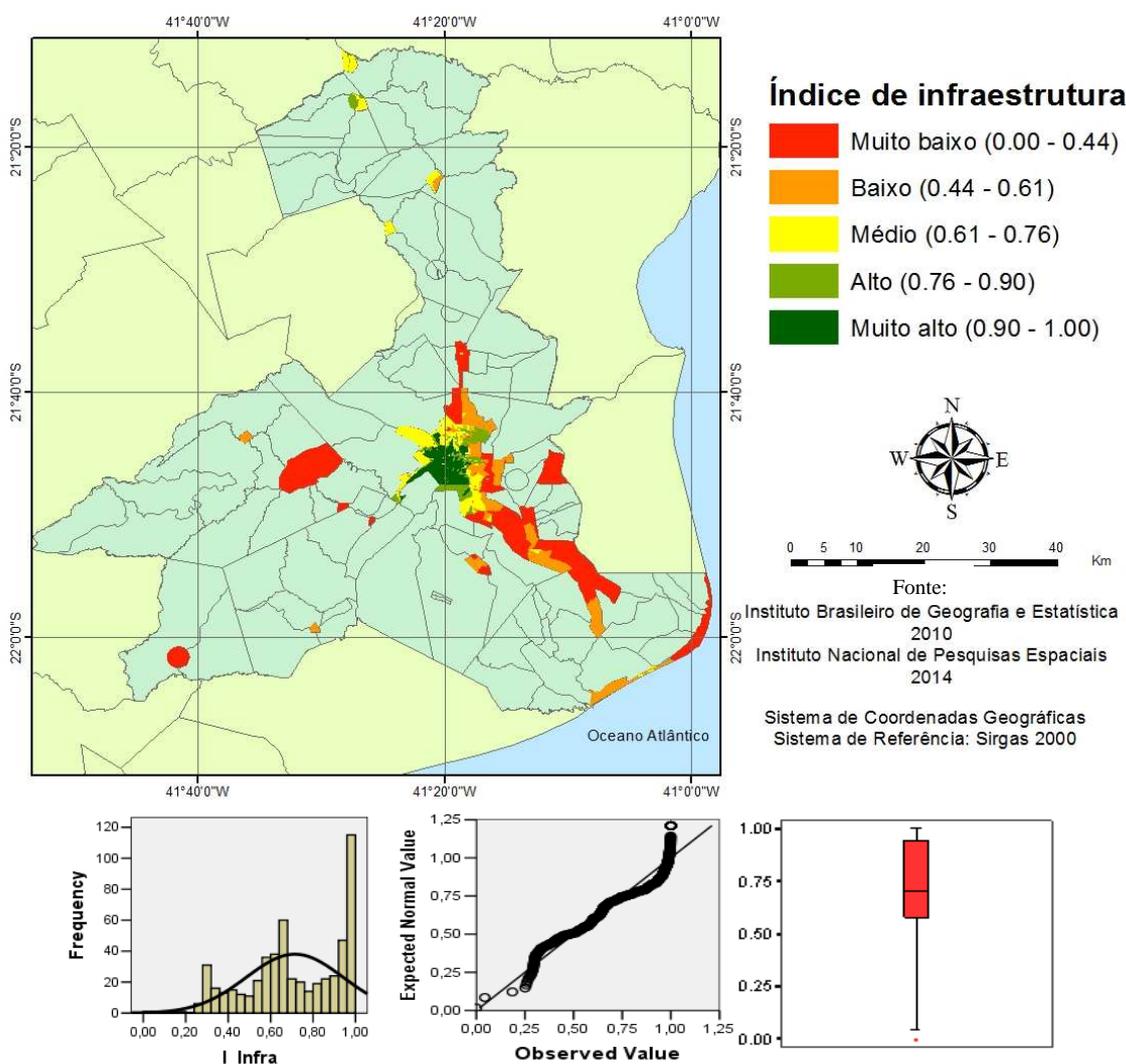


Figura 6: Mapa e gráficos da distribuição espacial do índice de infraestrutura

A distribuição espacial do índice de condição de moradia pode ser observada no mapa da Figura 7. Ele é formado pelo indicador proporção de domicílios particulares permanentes com 6 ou mais moradores e definido como o número de pessoas que compartilham o domicílio particular permanente. Além do índice de renda, esse é um dos índices inversamente proporcionais. Esse índice foi calculado para que quanto maior fosse seu valor, menor seria a proporção de domicílios com seis ou mais moradores.

A distribuição espacial do índice de condição de moradia através do método de quebras naturais demonstra que os índices muito baixos e baixos estão presentes em poucos setores que se concentram em áreas periférica da região urbana central do município. Os índices médios estão presentes em setores localizados entre os setores com baixos índices e os setores com altos índices. Os setores com índices altos e muito altos estão localizados em setores urbanos isolados, no centro e à oeste da região urbana central.

Pelos gráficos histograma e *Box plot* é observado que o índice possui uma distribuição assimétrica e com presença de *outliers* inferiores. No gráfico *QQ plot* a linearidade dos pontos sugere que os dados têm distribuição teórica normal.

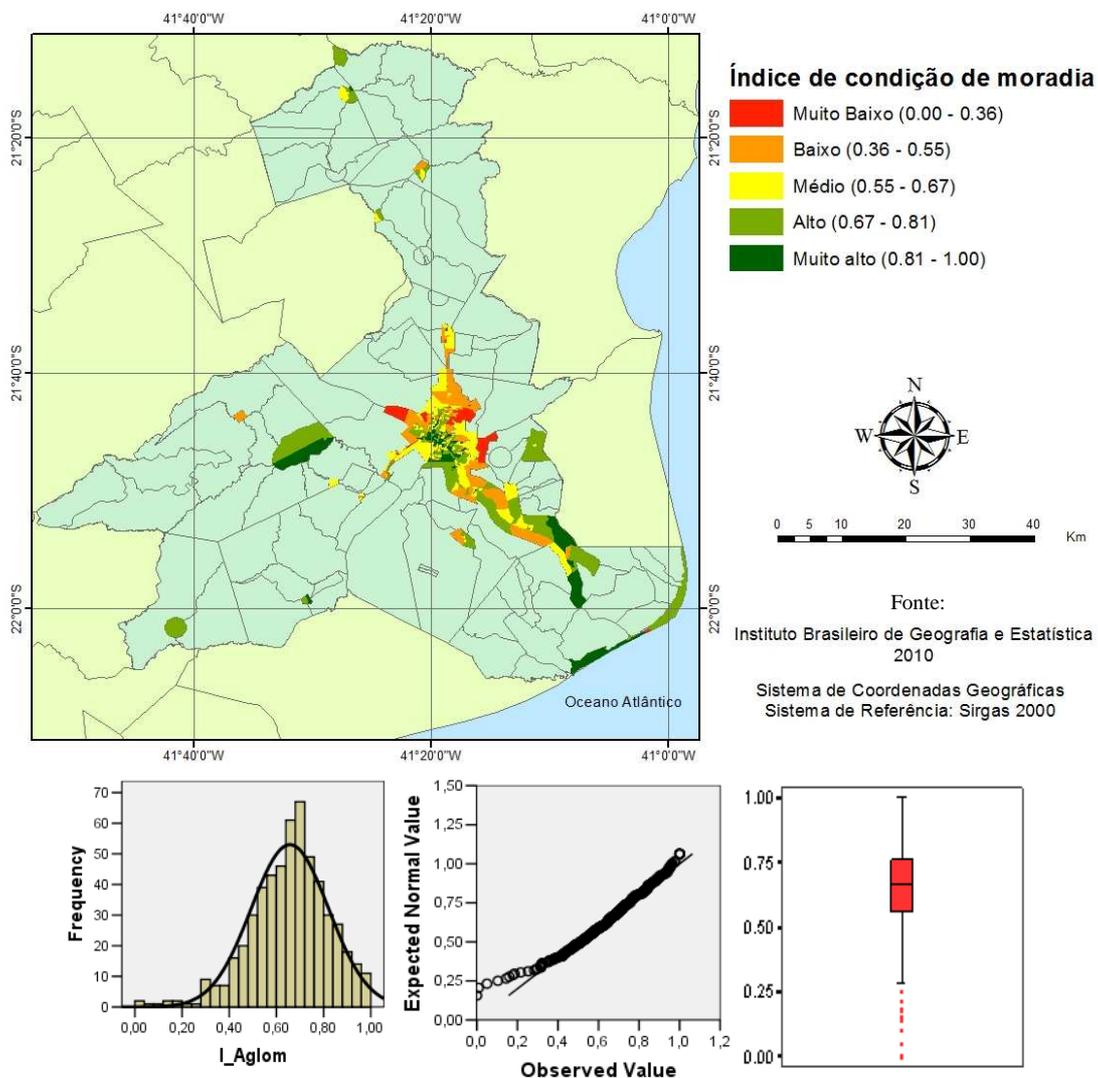


Figura 7: Mapa e gráficos da distribuição espacial do índice de condição de moradia

4.1.3 Análise espacial do índice de vulnerabilidade sócioeconômico (IVSE)

Com o objetivo de compreender a distribuição espacial do Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica (IVSE) e detectar um possível padrão espacial de associação, são aplicadas técnicas de Análise exploratória espacial.

No mapa da Figura 8 está a distribuição espacial do IVSE por quebras naturais. Quanto maior for o valor desse índice maior será a vulnerabilidade socioeconômica da população residente no setor censitário.

Os setores com IVSE baixo e muito baixo se concentram a sudoeste da região urbana central do município. Os que apresentam índices médios estão entre os setores com índices muito altos e os muito baixos e baixos, em sua maioria. Os setores urbanos isolados e os que se encontram em áreas periféricas da região urbana central são, em sua maioria, setores com IVSE altos e muito altos.

Pelo gráfico histograma e *Box plot* é observado que o índice possui uma distribuição mais simétrica e sem presença de *outliers*. No gráfico *QQ plot* a linearidade dos pontos sugere que os dados têm distribuição teórica normal.

Apesar de o índice ser construído a partir de uma média, a distribuição dos dados apresentou um comportamento quase simétrico e com possibilidade de distinção entre os setores censitários.

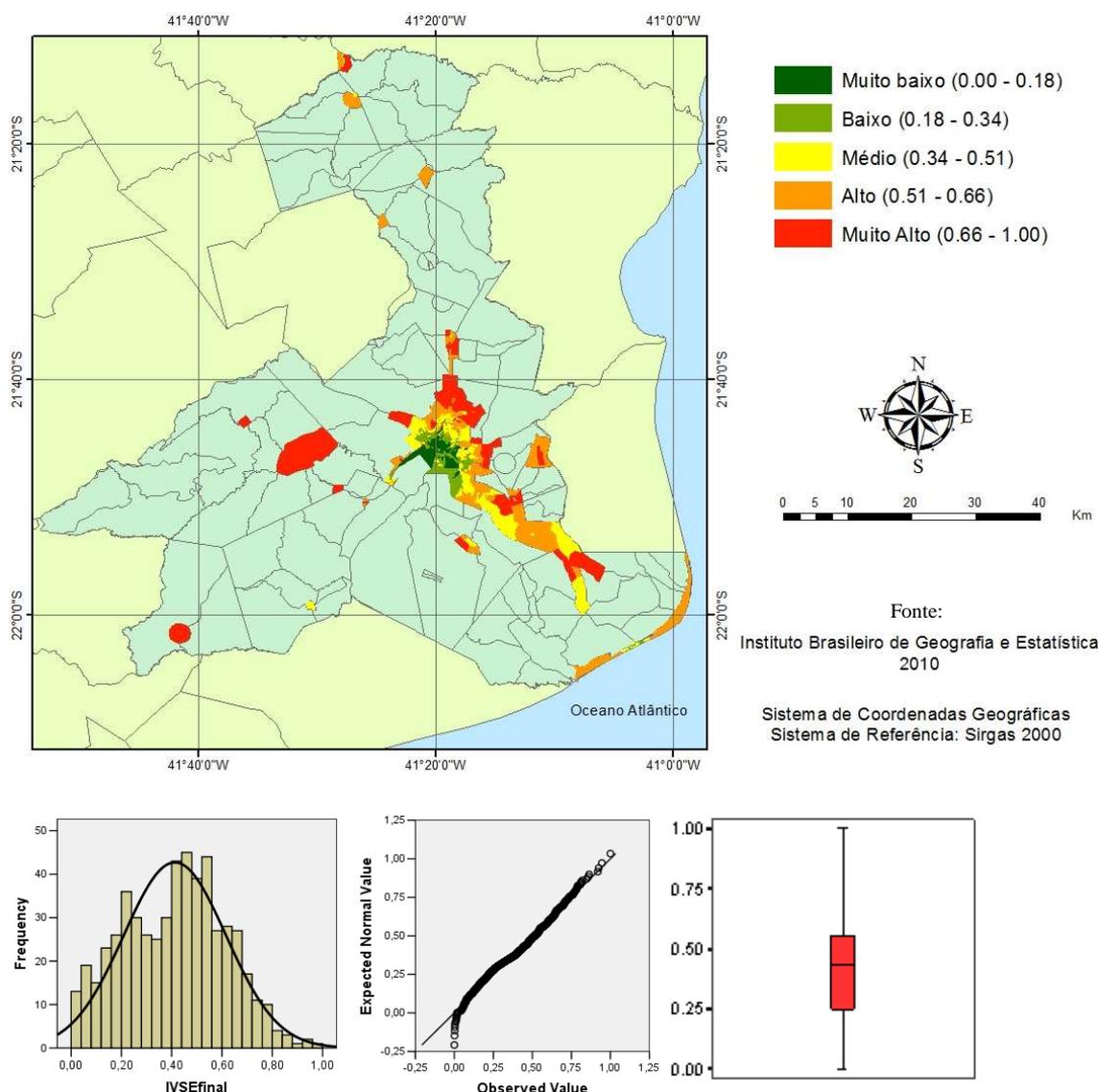


Figura 8: Mapa e gráficos da distribuição espacial do IVSE

O mapa da Figura 9 demonstra a distribuição espacial do IVSE em três classes. Optou-se por fazer também essa divisão para que fosse possível a comparação entre três classes principais (alto, médio e baixo) e também para possibilitar a comparação da frequência de asma em cada uma dessas classes.

É possível observar que os setores com menores índices se concentram a oeste da região central do município. Os maiores índices estão presentes em setores urbanos isolados e nos setores urbanos localizados em áreas periféricas ao norte, sul e leste da região central do município. Os setores com índice médios estão localizados, em geral, entre os setores com maiores índices e os setores com menores índices.

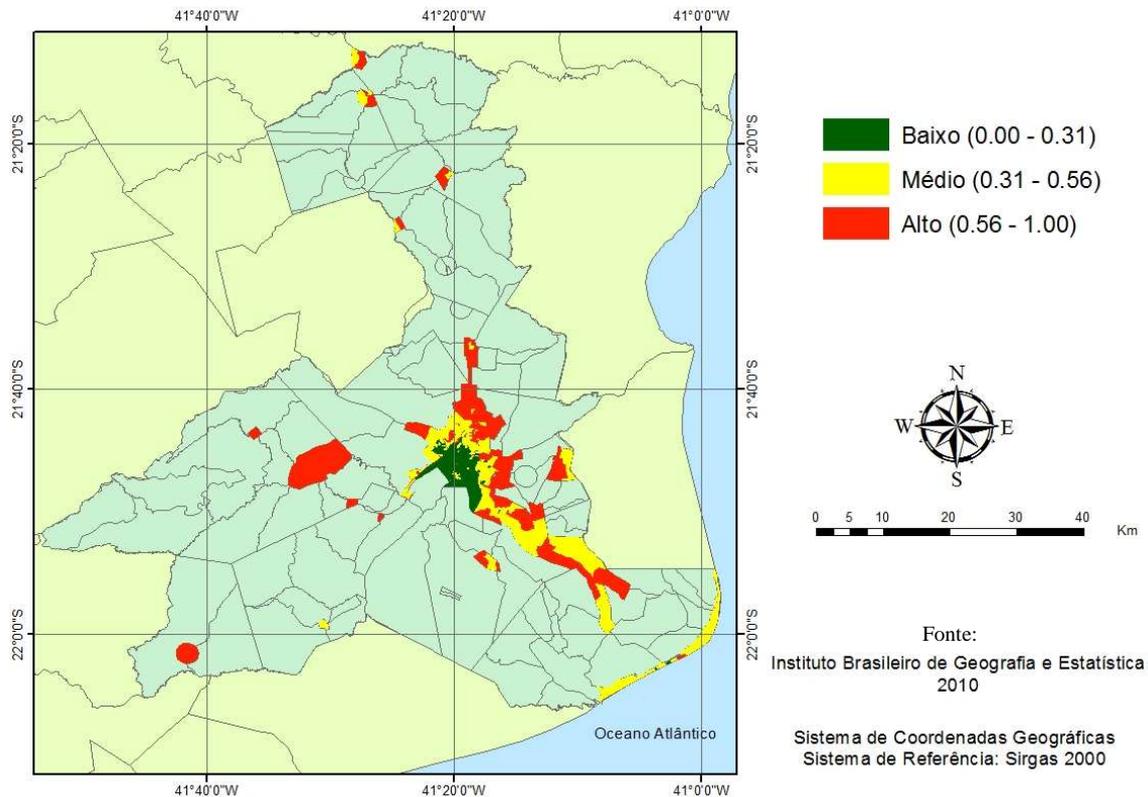


Figura 9: Mapa com a distribuição espacial do IVSE em três classes

4.2 Distribuição geográfica dos sintomas relacionados à asma em escolares de 6-7 anos e 13-14 anos de idade em Campos dos Goytacazes (RJ)

A Tabela 5 demonstra a frequência em percentual de resposta positivas a presença de chiado no peito alguma vez na vida (Q5) que foi de 43,2%, aumentando para 45% quando não são considerados os alunos que não responderam à questão. Cerca de metade desses alunos apresentam sintoma de asma nos últimos 12 meses (Q6), 49%, aumentando para 52,7% quando não considerado os alunos que não responderam à questão. Já quanto à questão de nos últimos 12 meses, o chiado foi tão forte a ponto de impedir que conseguisse dizer mais de 2 palavras entre cada respiração, a prevalência foi de 25,8%.

A maior parte dos entrevistados é do sexo feminino. Responderam à Q5, 521 (56,8%) escolares do sexo feminino e 396 (43,2%) do sexo masculino. Mas a prevalência dos sintomas de asma analisados foi maior no sexo masculino.

Tabela 5: Frequência absoluta e relativa dos sintomas respiratórios em escolares de 6 e 7 anos e de 13 e 14 anos, Campos dos Goytacazes, 2013 (n = 917)

Q5 - Alguma vez você teve chiado no peito?	Frequência	Percentual
Sim	396	43.2%
Não	469	51.1%
Não sabe/não lembra	13	1.4%
Não respondeu	39	4.3%
Q5 - Alguma vez você teve chiado no peito? (sexo feminino)	Frequência	Percentual
Sim	214	41.1%
Não	280	1,5%
Não sabe/não lembra	8	53,7%
Não respondeu	19	3,6%
Q5 - Alguma vez você teve chiado no peito? (sexo masculino)	Frequência	Percentual
Sim	182	46.0%
Não	189	47,7%
Não sabe/não lembra	5	1,3%
Não respondeu	20	5,1%
Q6 - Nos últimos 12 meses você teve chiado no peito?	Frequência	Percentual
Sim	194	49.0%
Não	167	42.2%
Não sabe/não lembra	7	1.8%
Não respondeu	28	7.1%
Q9 - Nos últimos 12 meses, o chiado foi tão forte a ponto de impedir que você conseguisse dizer mais de 2 palavras entre cada respiração?	Frequência	Percentual
Sim	50	25,8%
Não	132	68,0%
Não sabe/não lembra	7	3,6%
Não responderam	5	2,6%

A Tabela 6 mostra a frequência relativa de respostas positivas por escola à Q5 e estratificada por sexo, como também a frequência de respostas positivas para Q6 e Q9. A frequência relativa dessas respostas positivas levou em consideração os alunos que não responderam às questões.

Em relação ao sintoma de asma descrito na Q5, mais de 65% das escolas estudadas (14 escolas) possuíam uma prevalência superior a 40%. Somente a escola Lulo Ferreira de Araújo teve uma prevalência menor do que 20%.

Ainda em relação à Q5, a prevalência desse sintoma de asma entre as escolas foi maior no sexo masculino. Para análise dessa prevalência foi contabilizado os casos de alunos do sexo masculino com esse sintoma e dividido por todos os alunos do mesmo sexo da escola. A mesma conta foi realizada para o sexo feminino. Pelo menos sete escolas tiveram uma prevalência superior a 60% de alunos do sexo masculino com chiado no peito, enquanto a prevalência no sexo feminino foi de 60% em somente duas escolas. A escola Lídia Leitão Albernaz foi a única escola que teve uma alta prevalência de pelo menos 60%, tanto no sexo masculino, como no feminino.

As escolas municipais Jocilda Givanoite e Lídia Leitão de Albernaz obtiveram as maiores prevalências para Q5, com 60% e 65%, e para Q6 de 70,8% e 83,3%, respectivamente. A gravidade da asma também se apresenta alta nessas duas escolas com 41,2% para escola Lídia Leitão de Albernaz e 20% para Jocilda Givanoite.

Tabela 6: Frequência relativa das questões do ISAAC estudadas (Q5, Q6, Q9)

Escola	Q5	F (Q5)	M (Q5)	Q6/Q5	Q9/Q6
Lídia Leitão de Albernaz	64.9%	60.0%	70.6%	70.8%	41.2%
Jocilda Givanoite	60.0%	60.0%	60.0%	83.3%	20.0%
Professor Wilmar Cava Barros	57.1%	50.0%	100.0%	50.0%	0.0%
Getúlio Vargas	50.0%	33.3%	100.0%	50.0%	33.3%
Frederico Paes Barbosa	47.5%	43.7%	52.6%	39.0%	21.4%
Santo Antônio	47.0%	45.7%	48.4%	67.7%	23.8%
Ignácio Corrêa dos Santos	44.4%	33.3%	66.7%	50.0%	0.0%
29 de Maio	43.5%	35.3%	66.7%	50.0%	0.0%
Alcindor de Moraes Bessa	41.3%	47.8%	34.8%	52.6%	20.0%
Francisco Faria Barbosa	40.9%	43.4%	38.4%	39.3%	41.7%
Clóvis Tavares	40.9%	31.3%	66.7%	55.6%	40.0%
Sagrada Família	40.4%	39.3%	41.4%	65.2%	6.7%
Cláudia Almeida Pinto Oliveira	40.0%	45.0%	33.3%	28.6%	25.0%
José do Patrocínio	40.0%	37.0%	50.0%	42.9%	33.3%
Manoel Coelho	38.7%	45.5%	22.2%	41.7%	40.0%
Pequeno Jornaleiro	37.8%	30.0%	47.1%	71.4%	27.3%
Custódio Generoso Vieira	37.5%	33.3%	40.0%	55.6%	40.0%
Maria Lúcia	37.5%	23.1%	54.6%	22.2%	0.0%
Conselheiro Josino	33.3%	32.3%	35.0%	35.3%	16.7%
Rotary I	30.8%	42.9%	16.7%	75.0%	33.3%
Lulo Ferreira de Araújo	12.5%	0.0%	33.3%	100.0%	0.0%

Ainda na Tabela 6 é possível observar que quanto a questão 6 (Q6 - presença de chiado nos últimos 12 meses), dos alunos que tinham chiado no peito, pelo menos 50% deles tiveram presença de chiado nos últimos 12 meses, em 14 escolas. Os que tiveram

a prevalência mais baixa quanto à presença de chiado nos últimos 12 meses foram Conselheiro Josino, Cláudia Almeida Pinto Oliveira e Maria Lúcia.

Quanto a Q9 (presença de chiado forte impedindo-o de falar mais que duas palavras seguidas) a prevalência foi superior a 20% em treze escolas. A escola municipal Lídia Leitão Albernaz também apresentou uma das maiores prevalências de gravidade de asma com 41,2%, sendo menor somente que a escola municipal Francisco Faria Barbosa com 41,7%. Já escolas municipais Custódio Generoso Vieira, Manoel Coelho e Rotary I tiveram baixa prevalência de alunos com chiado no peito (Cerca de 30 a 40%), mas tiveram uma prevalência alta (superior a 25%) de alunos com chiado forte impedindo-o de falar mais que duas palavras seguidas.

Foi realizado o georreferenciamento das escolas municipais sorteadas pelo estudo ISAAC em Campos dos Goytacazes (RJ). Esse georreferenciamento visou a possibilidade de uma possível relação entre a frequência de sintomas de asma e a localização da escola.

O mapa da Figura 10 mostra a localização das escolas sorteadas para aplicação do questionário ISAAC. A maioria das escolas sorteadas está localizada na região urbana central do município, onde também maior parte da população de Campos dos Goytacazes (RJ) se localiza. Somente quatro escolas sorteadas se encontram em áreas urbanas isoladas distantes da região central do município, são elas: Cláudia Almeida Pinto Oliveira, Getúlio Vargas, Ignácio Corrêa dos Santos, Lulo Ferreira de Araújo.

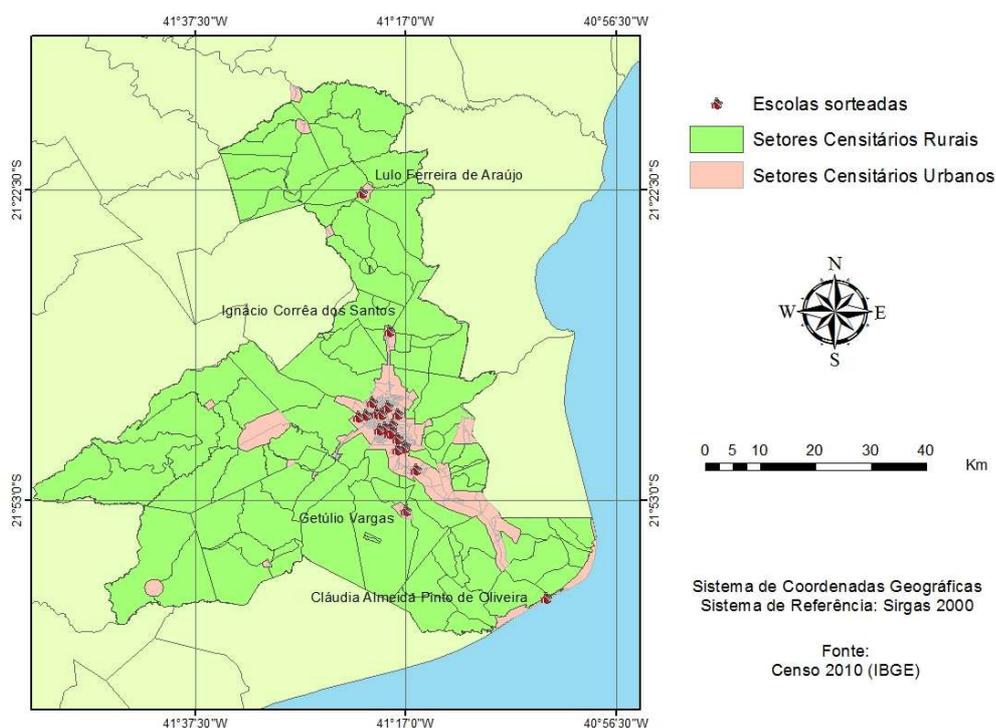


Figura 10: Localização das escolas em que foi aplicado o questionário ISAAC

A escola municipal Cláudia Almeida Pinto Oliveira, localizada na região litorânea no município, possui 40% de alunos que já tiveram chiado no peito, sendo que 28,6% tiveram esse sintoma nos últimos 12 meses. A presença de chiado no peito forte impedindo-o de falar mais que duas palavras seguidas (Q9) no período estudado foi de 25% entre os que responderam positivamente à Q6.

A escola municipal Getúlio Vargas localizada a sudoeste do município, em uma área urbana isolada, possui uma prevalência de 50% para Q5, sendo que 50% desses tiveram esse sintoma nos últimos 12 meses. A gravidade da asma esteve presente em 33,3% dos alunos que responderam positivamente à Q5.

A escola municipal Ignácio Corrêa dos Santos, localizada no extremo norte da região urbana central do município, possui 44,4% de respostas positivas para Q5, sendo que 50% desses alunos tiveram esse sintoma nos últimos de 12 meses. Já a gravidade de asma que corresponde à Q9, não teve nenhum caso nos anos estudados.

A escola municipal Lulo Ferreira de Araújo está localizada no extremo norte do município, em um setor censitário urbano isolado e possui uma prevalência de 12,5% para presença de chiado no peito (Q5) e não apresenta nenhum caso de chiado no peito forte impedindo-o de falar mais que duas palavras seguidas (Q9) no período estudado.

No mapa da Figura 11 é possível observar as escolas localizadas na região urbana central do município.

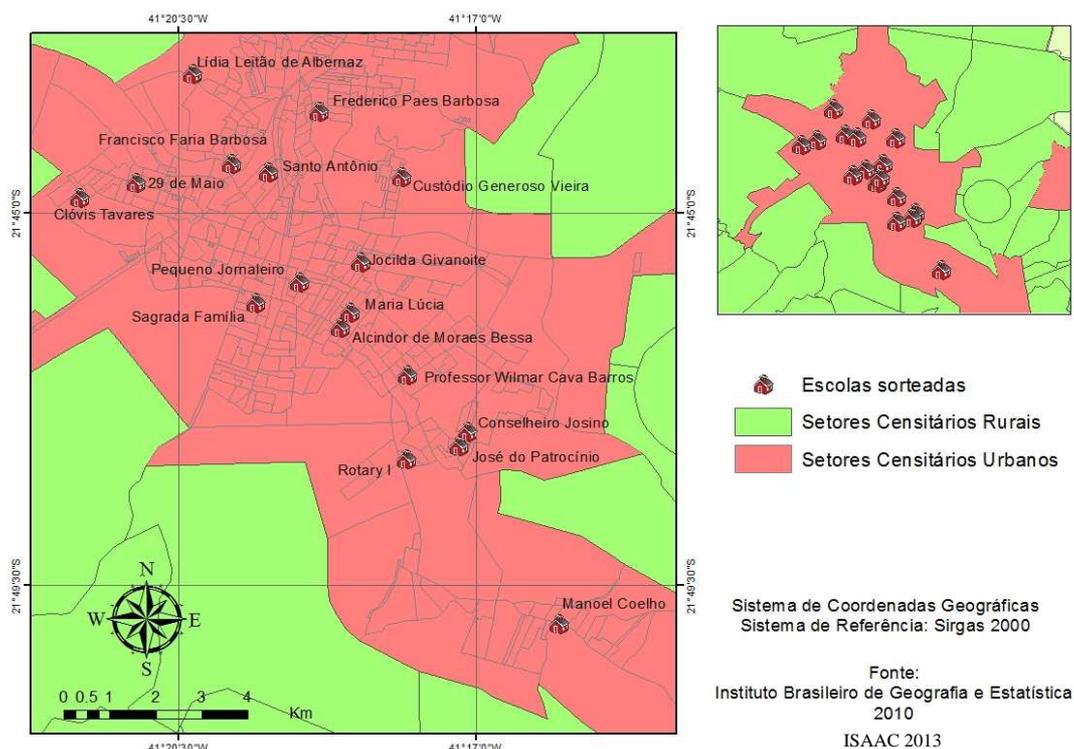


Figura 11: Escolas sorteadas localizadas na região urbana central de Campos dos Goytacazes (RJ).

As escolas com as maiores prevalências, Lídia Leitão de Albernaz e Jocilda Givanoite estão localizadas nessa região. A escola municipal Lídia Leitão de Albernaz está localizada mais ao norte da região urbana central do município, aparentemente mais isolada, e a escola Jocilda Givanoite estando ao centro dessa região.

As escolas municipais com as menores prevalências de chiado no peito (Q5) localizadas na região urbana central do município são Conselheiro Josino e Rotary I, localizadas mais ao sul dessa região, com 33,3% e 30,8%. Entretanto a escola Rotary I apresentou alta prevalência de chiado nos últimos 12 meses com 75%.

4.3 Correlação entre focos de queimadas de cana-de-açúcar e a prevalência de sintomas de asma em escolares

4.3.1 Possíveis correlações entre a distribuição geográfica dos sintomas de asma em escolares e focos de queimadas

Na Figura 12 é possível observar a localização das escolas e a área de influencia do estimador de densidade de *Kernel* gerado a partir dos pontos de focos de queimadas no município de Campos dos Goytacazes do ano de 2012 e 2013. Essa superfície gerada tem por objetivo calcular a densidade dos pontos de focos de calor. Ela permite ilustrar concentração de posições de pontos, analisando se sua distribuição exibe algum padrão sistemático, em oposição a uma distribuição aleatória.

O valor da densidade para cada célula é calculado adicionando os valores de todas as superfícies *Kernel* onde eles sobrepõem o centro da célula. Se dois o mais *Kernels* sobrepõem no centro da célula, o valor para aquela célula é a soma dos valores *Kernel* sobrepostos dividido pela área de cada raio de pesquisa. O valor de densidade é relatado em unidades específicas, tais como quilômetros quadrados. As áreas com maior densidade de focos estão em vermelho e são chamadas de *hot spots* (pontos quentes).

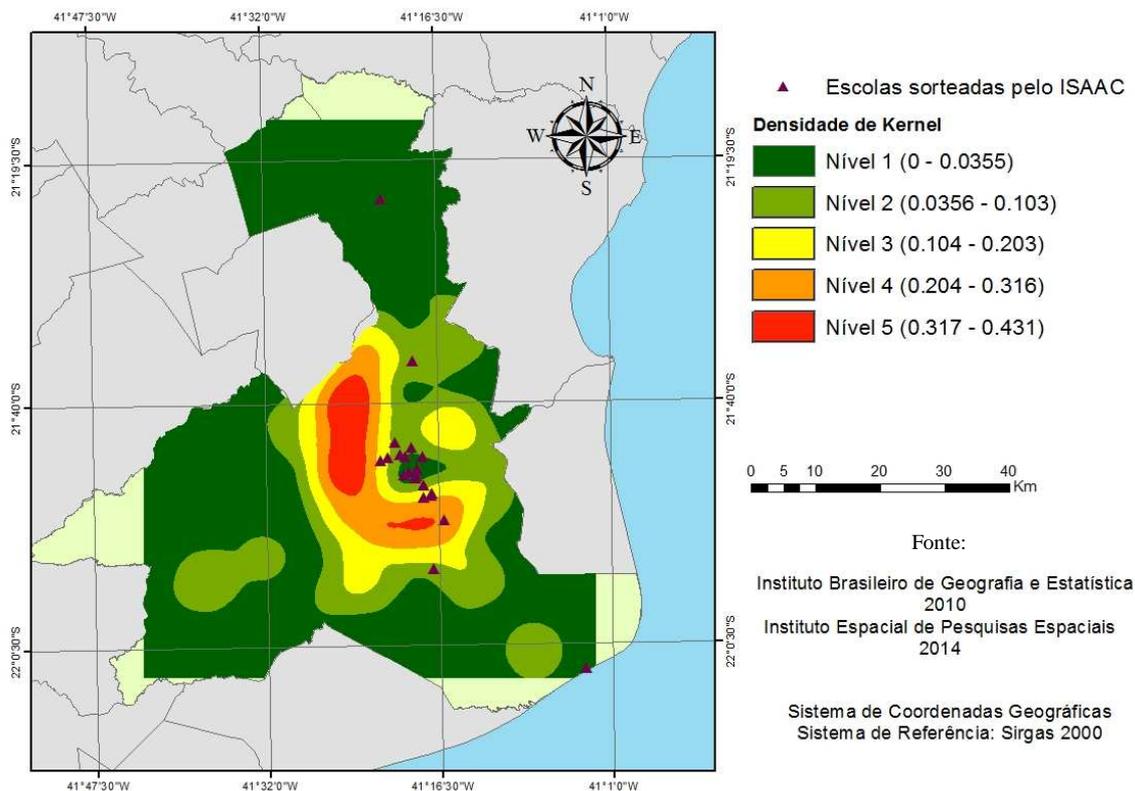


Figura 12: Estimador de *Kernel* dos focos de queimadas de 2012 e 2013

A partir da aplicação do estimador de *Kernel* foi possível classificar níveis de exposição aos focos de calor que a escola e os locais próximos a elas sofrem conforme sua localização na superfície contínua gerada. A área de influência foi calculada a partir da concentração de focos de calor e o raio de abrangência de 7,5 km². Considera-se que toda a área de estudo está exposta aos poluentes oriundos dos focos de queimadas, pois há outros fatores ambientais como direção e velocidade dos ventos que podem levar a exposição das queimadas de cana-de-açúcar. Os *hot spots* se concentram a oeste do município, nos setores censitários rurais. A maior parte das escolas se encontra dentro da área de influência nível 2 e 3 dos focos de queimadas.

O nível 1 é caracterizado como o menor nível de exposição, pois ao ser gerado a superfície do estimador da densidade de *Kernel*, essa área ficou com a menor classe de densidade.

O nível 2 é caracterizado no mapa da Figura 13 pela cor verde claro. Indica uma maior exposição aos focos de queimadas devido à proximidade à concentração desses pontos de foco. O nível 3 é caracterizado pela cor amarela no mapa da Figura 13 e é o nível máximo de exposição aos focos de queimadas que é enfrentado pelas escolas sorteadas para aplicação do questionário ISAAC. O nível 4 e 5 são os níveis máximos de exposição aos focos de queimadas. Entretanto não são encontradas escolas nessas áreas. Esses níveis são ilustrados no mapa da Figura 13 pela cor laranja e vermelha, respectivamente.

No Quadro 2 estão as posições das escolas sorteadas pelo ISAAC conforme os níveis de exposição.

Nível 1	Jocilda Givanoite, Alcindor de Moraes Bessa, Sagrada Família, Pequeno Jornaleiro, Maria Lúcia, Lulo Ferreira de Araújo, Cláudia Almeida Pinto Oliveira e Custódio Generoso Vieira.
Nível 2	Lídia Leitão de Albernaz, Getúlio Vargas, Professor Wilmar Cava Barros, Frederico Paes Barbosa, Santo Antônio, Francisco Faria Barbosa, Ignácio Corrêa dos Santos.
Nível 3	José do Patrocínio, Rotary I, Manoel Coelho, Clóvis Tavares, Conselheiro Josino e 29 de Maio.

Quadro 2: Níveis de exposição aos focos de calor das escolas estudadas

Na Tabela 7 é visto que 26,3% dos alunos entrevistados estão em áreas que estão sob o nível 1 de influência dos focos de queimadas. Quase 55% dos alunos estão em áreas consideradas de nível 2 de influencia de focos de queimadas e 19,1% estão em área de nível 3 influência.

Tabela 7: Quantidade de alunos por nível de influência dos focos de queimadas

Influência dos focos de queimadas	Alunos	Distribuição
Nível 1	241	26,3%
Nível 2	501	54,6%
Nível 3	175	19,1%
Total	917	100,0%

As escolas municipais Jocilda Givanoite, Alcidor de Moraes Bessa, Sagrada Família, Pequeno Jornaleiro, Maria Lúcia e Custódio Generoso Vieira se encontram na menor área de influência dos focos de queimadas de 2012 e 2013, sendo consideradas

escolas localizadas em setores censitários com nível 1 de influências desses focos. Porém, estão rodeadas por focos de queimadas. Já a escola municipal Lulo Ferreira de Araújo e Cláudia Almeida Pinto Oliveira estão localizadas em um setor censitário isolado e mais distante dos focos de queimadas. Essas escolas tiveram um total de 241 questionários respondidos.

Na Tabela 8 está a média, mediana, desvio padrão, máxima e mínima das escolas localizadas em setores que estão sob a influência do nível 1 dos focos de queimadas. É possível observar que entre os alunos que estudam nessas escolas, em média, 38,4% já tiveram presença de chiado no peito (Q5), sendo a prevalência maior entre o sexo masculino (43,1%). Quando foi questionado para esses alunos que responderam positivamente à Q5 sobre a presença de chiado no peito nos últimos 12 meses (Q6), a prevalência foi de 60,8%.

A gravidade da asma entre os alunos dessas escolas (Q9) é em média de 11,2%. A mediana não difere muito os valores da média em relação às variáveis analisadas. O valor máximo e mínimo de Q5 já apresenta uma alta disparidade, sendo o maior valor atribuído a escola Jocilda Givanoite e o menor valor à escola Lulo Ferreira de Araújo que está localizada em uma zona mais distante as demais escolas e também em uma área rural.

Tabela 8: Estatísticas básicas da prevalência de asma em escolas fora da área influência dos focos de queimadas analisados (nível 1)

Estatísticas	Q5	F (Q5)	M (Q5)	Q6/Q5	Q9/Q6
Média	38.4%	34.8%	43.1%	60.8%	11.2%
Mediana	38.9%	36.3%	40.7%	60.4%	8.8%
Desvio padrão	12.8%	18.1%	10.0%	26.7%	10.5%
Mínimo	12.5%	0.0%	33.3%	22.2%	0.0%
Máximo	60.0%	60.0%	60.0%	100.0%	28.6%

As escolas municipais Lídia Leitão Albernaz, Getúlio Vargas, Professor Wilmar Cava Barros, Frederico Paes Barbosa, Francisco Faria Barbosa, Santo Antônio e Ignácio Corrêa dos Santos estão dentro da área de influência dos focos, sendo classificado em nível 2 de influência dos focos. Essas sete escolas tiveram um total de 501 questionários respondidos, quase 55% do total de questionários.

Na Tabela 9 está a média, mediana, desvio padrão, máxima e mínima das escolas localizadas em setores que estão sob a influência do nível 2 dos focos de queimadas. É possível observar que entre os alunos que estudam nessas escolas, em média, 50,3% já

tiveram presença de chiado no peito (Q5), mais de 10% maior que nas escolas com nível 1 de influência dos focos, sendo a prevalência maior entre o sexo masculino (68,1%). Quando foi questionado para esses alunos que responderam positivamente à Q5 sobre a presença de chiado no peito nos últimos 12 meses (Q6), a prevalência foi de 52,6%, menor que a prevalência das escolas de nível 1.

A gravidade da asma entre os alunos dessas escolas (Q9) é em média de 15,3%, maior do que das escolas de nível 1 de influência. A mediana não difere em muito os valores da média em relação às variáveis analisadas. O valor máximo e mínimo de Q5 apresenta menor disparidade do que nas escolas de nível um de influência dos focos de calor, sendo o maior valor atribuído a escola Professor Wilmar Cava Barros e o menor valor à escola Custódio Generoso Ferreira.

Tabela 9: Estatísticas básicas da prevalência de asma em escolas dentro da área influência menor dos focos de queimadas analisados (nível 2)

Estatísticas	Q5	F (Q5)	M (Q5)	Q6/Q5	Q9/Q6
Média	50.3%	44.2%	68.1%	52.6%	15.3%
Mediana	47.5%	43.7%	66.7%	50.0%	16.1%
Desvio padrão	8.2%	9.3%	24.3%	12.4%	13.2%
Mínimo	40.9%	33.3%	38.4%	39.3%	0.0%
Máximo	64.9%	60.0%	100.0%	70.8%	33.3%

As escolas municipais José do Patrocínio, Rotary I, Manoel Coelho e Clóvis Tavares, Conselheiro Josino e 29 de Maio estão dentro do nível mais alto de intensidade de influência dos focos de queimadas, sendo caracterizado como nível 3 de influência. Essas cinco escolas tiveram 175 questionários respondidos.

Na Tabela 10 está a média, mediana, desvio padrão, máxima e mínima das escolas localizadas em setores que estão sob a influência do nível 3 dos focos de queimadas. É possível observar que entre os alunos que estudam nessas escolas, em média, 37,9% já tiveram presença de chiado no peito (Q5), sendo a prevalência maior entre o sexo masculino (42,9%). Quando foi questionado para esses alunos que responderam positivamente à Q5 sobre a presença de chiado no peito nos últimos 12 meses (Q6), a prevalência foi de 50,1%, menor que a prevalência das escolas de nível 1, porém maior que a prevalência de nível 2.

A gravidade da asma entre os alunos dessas escolas (Q9) é em média de 15,0%, maior do que nas escolas de nível 1 de influência dos focos de queimadas. A mediana não difere em muito os valores da média em relação às variáveis analisadas. Os valores

máximo e mínimos de Q5 apresentam menor disparidade do que nas escolas de nível 1 de influência dos focos de queimadas, sendo que o maior valor é atribuído a escola Lídia Leitão Albernaz e o menor valor à escola Rotary I.

Tabela 10: Estatísticas básicas da prevalência de asma em escolas dentro da área influência média dos focos de queimadas analisados (nível 3)

Estatísticas	Q5	F (Q5)	M (Q5)	Q6/Q5	Q9/Q6
Média	37.9%	37.4%	42.9%	50.1%	15.0%
Mediana	39.4%	36.2%	42.5%	46.4%	15.5%
Desvio padrão	4.8%	5.7%	21.7%	14.1%	8.8%
Mínimo	30.8%	31.3%	16.7%	35.3%	0.0%
Máximo	43.5%	45.5%	66.7%	75.0%	25.0%

Na Tabela 11 está a prevalência dos seguintes sintomas de asma: Q5 - Alguma vez na vida já teve chiado no peito, Q6 - Teve chiado no peito nos últimos 12 meses, Q9 - O chiado no peito foi tão forte que impedia falar duas ou mais palavras seguidas. Para esse cálculo foi somado o total de alunos em todas as escolas presentes em cada nível de influência dos focos de queimadas, assim como todos os casos de Q5, Q6 e Q9, para depois se chegar a frequência de casos.

Os casos de presença de chiado no peito alguma vez na vida (Q5) é maior no nível 2 de influência dos focos e a frequência de sintoma de asma grave (Q9) também. Apesar da frequência de sintoma de asma ser semelhante entre o nível 1 e o nível 2, a frequência de sintoma de asma grave do nível 3 é semelhante ao do nível 2 de influência dos focos.

Tabela 11: Prevalência dos sintomas de asma por nível de influência dos focos de queimadas

Influência dos focos de queimadas	Q5	Q6	Q9
Nível 1	37.3%	60.0%	22.2%
Nível 2	46.9%	47.2%	31.5%
Nível 3	37.7%	45.5%	30.0%

4.3.2 Relação entre a distribuição geográfica da prevalência dos sintomas de asma em escolares, os níveis de exposição aos focos de queimada e condição social e econômica da população

Para essa etapa do trabalho foi realizada a sobreposição de três *layer*: localização das escolas conforme coordenada geográfica, mapa de distribuição espacial do IVSE, mapa de densidade de *Kernel* dos focos de queimadas. Dessa forma, foi possível verificar a quantidade de alunos entrevistados que estudavam em escolas localizadas em locais com maior vulnerabilidade e com maior exposição aos focos de queimadas.

No Quadro 3 está a localização das escolas conforme a superfície gerada pela distribuição espacial do IVSE.

Quadro 3: Localização das escolas conforme a classificação do IVSE

IVSE	Escolas
Baixo	29 de Maio, Jocilda Givanoite, Pequeno Jornaleiro, Sagrada Família, Maria Lúcia, Dr. Alcidor de Moraes Bessa, Professor Wilmar Cava Barros
Médio	Clóvis Tavares, Conselheiro Josino, Custódio Generoso Vieira, Frederico Paes Barbosa, Ignácio Corrêa dos Santos, José do Patrocínio, Lídia Leitão de Albernaz, Manoel Coelho, Rotary I, Santo Antônio, Dr. Getúlio Vargas e Cláudia Almeida Pinto de Oliveira
Alto	Lulo Ferreira de Araújo, Francisco Faria Barbosa

No mapa da Figura 13 estão as escolas localizadas em setores com baixo IVSE e por isso consideradas áreas com baixa vulnerabilidade. Ao todo foram entrevistados 204 alunos em sete escolas.

É possível observar um padrão de agrupamento dos setores com baixo IVSE, onde quatro escolas estão localizadas mais ao centro dessa região, Pequeno Jornaleiro, Sagrada Família, Dr. Alcidor de Moraes Bessa e Maria Lúcia. As escolas municipais Jocilda Givanoite, 29 de Maio e Professor Wilmar Cava Barros estão em áreas limítrofes com setores de média vulnerabilidade.

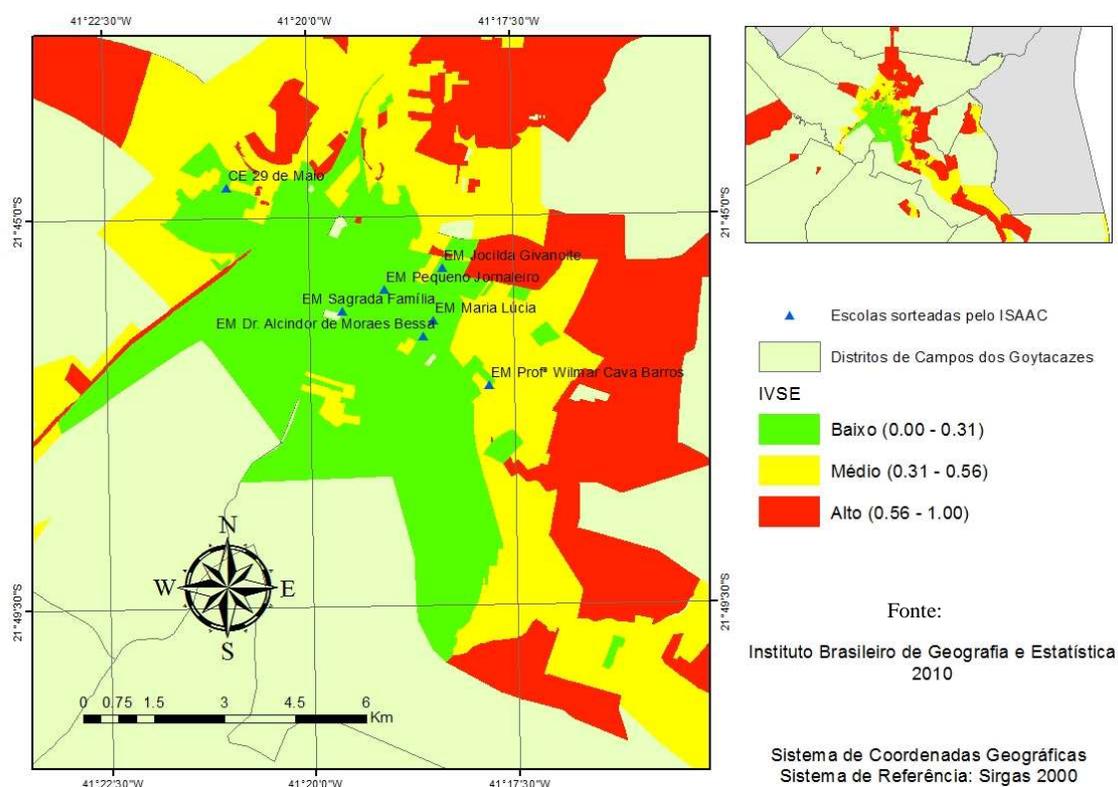


Figura 13: Localização de escolas em setores censitários com IVSE baixo

No mapa da Figura 14 é verificado que a maior parte dessas escolas estão localizadas em áreas com nível 1 de influência dos focos de queimadas, com exceção de duas escolas, Prof. Wilmar Cava Barros que está localizada em área com nível 2 de influência dos focos de queimadas e 29 de Maio que está no nível 3. Ambas estão localizadas na fronteira com setores censitários de média vulnerabilidade.

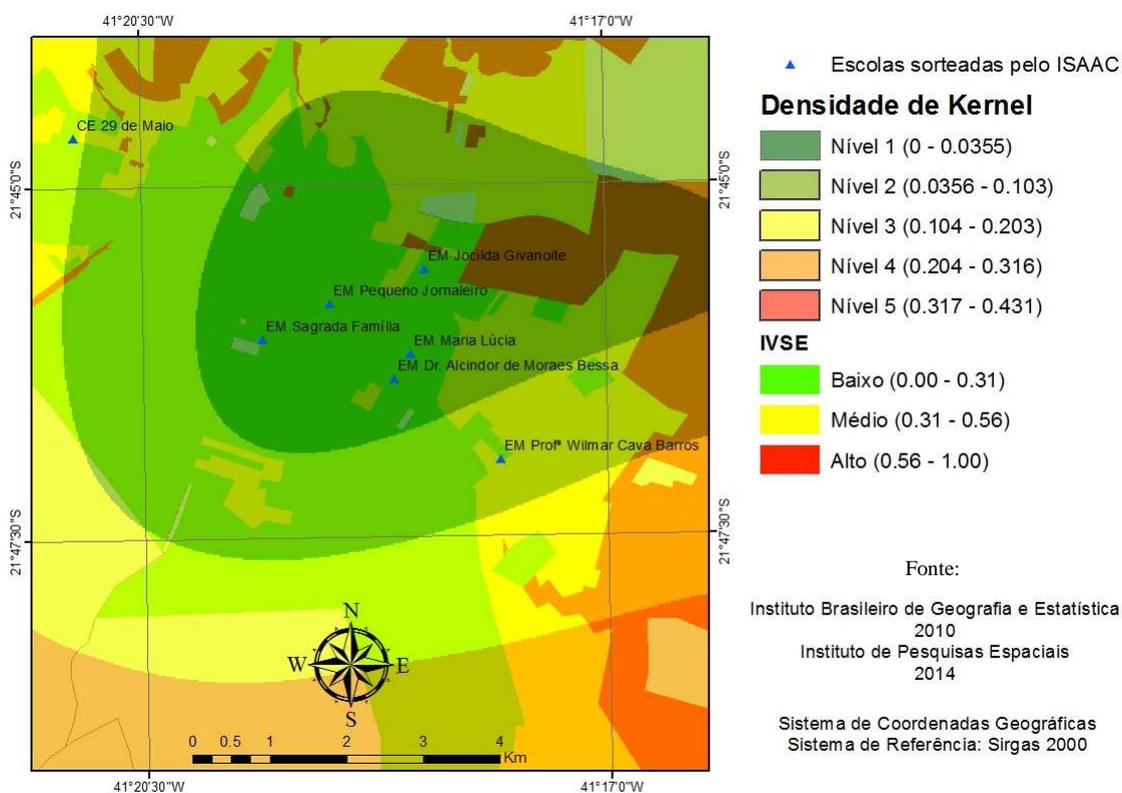


Figura 14: Localização de escolas em setores censitários com IVSE baixo e em nível 1 e 2 de influência dos focos de queimadas

O mapa da Figura 15 ilustra as escolas municipais localizadas em setores censitários com IVSE médio. Ao todo são 12 escolas e 556 alunos entrevistados presentes no grupo de setores com IVSE médio.

Essas escolas apresentam um padrão menos centralizado ao que é percebido nas escolas presentes em setores censitários com baixo IVSE. Em alguns momentos essas escolas estão em setores censitários mais próximos de setores com baixo IVSE e em outros mais próximos de setores com alto IVSE.

Os setores urbanos isolados em que se localizam as escolas municipais Dr. Getúlio Vargas e Cláudia Almeida Pinto de Oliveira apresentam IVSE médio e estão próximos de setores com vulnerabilidade alta.

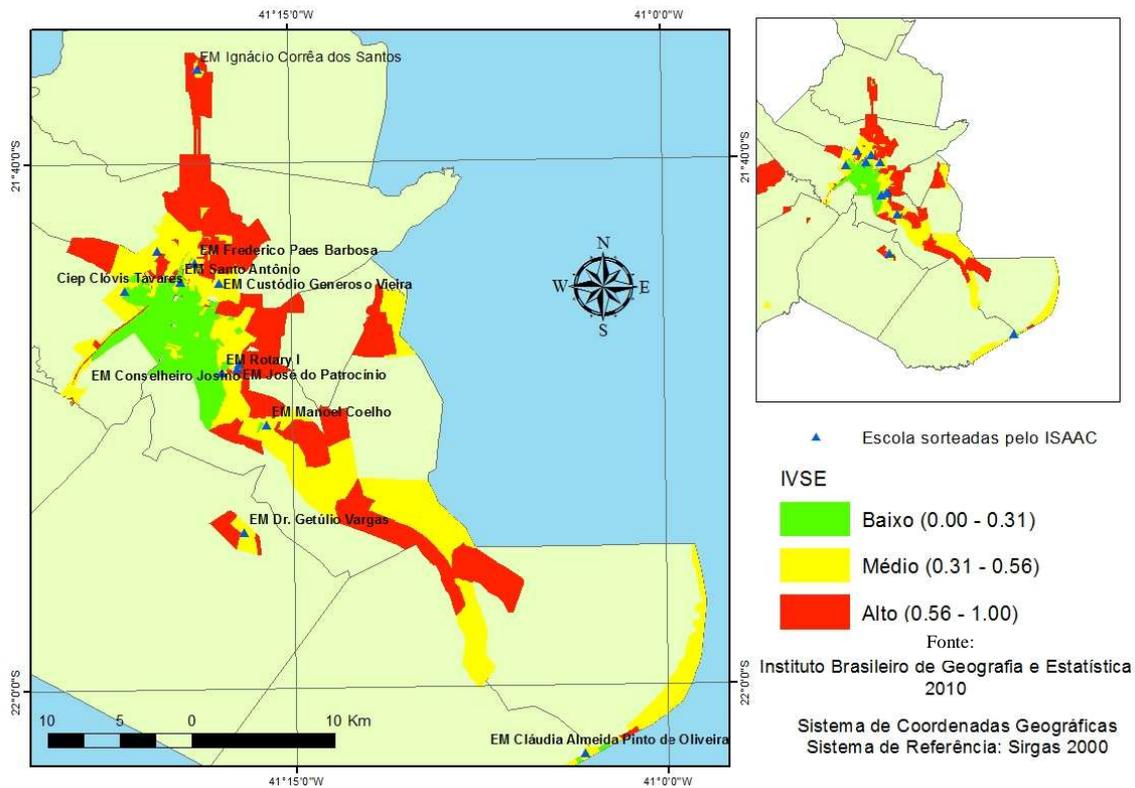


Figura 15: Localização de escolas em setores censitários com IVSE médio

O mapa da Figura 16 demonstra as escolas localizadas em setores com médio IVSE e conforme sua posição na superfície gerada pela densidade de *Kernel*. É possível observar que essas escolas estão em áreas sob a maior influência dos focos de queimadas, estando a maioria delas no nível 2 e 3, com exceção das escolas Custódio Generoso Vieira e Cláudia Almeida Pinto de Oliveira que está localizada em um setor censitário urbano isolado.

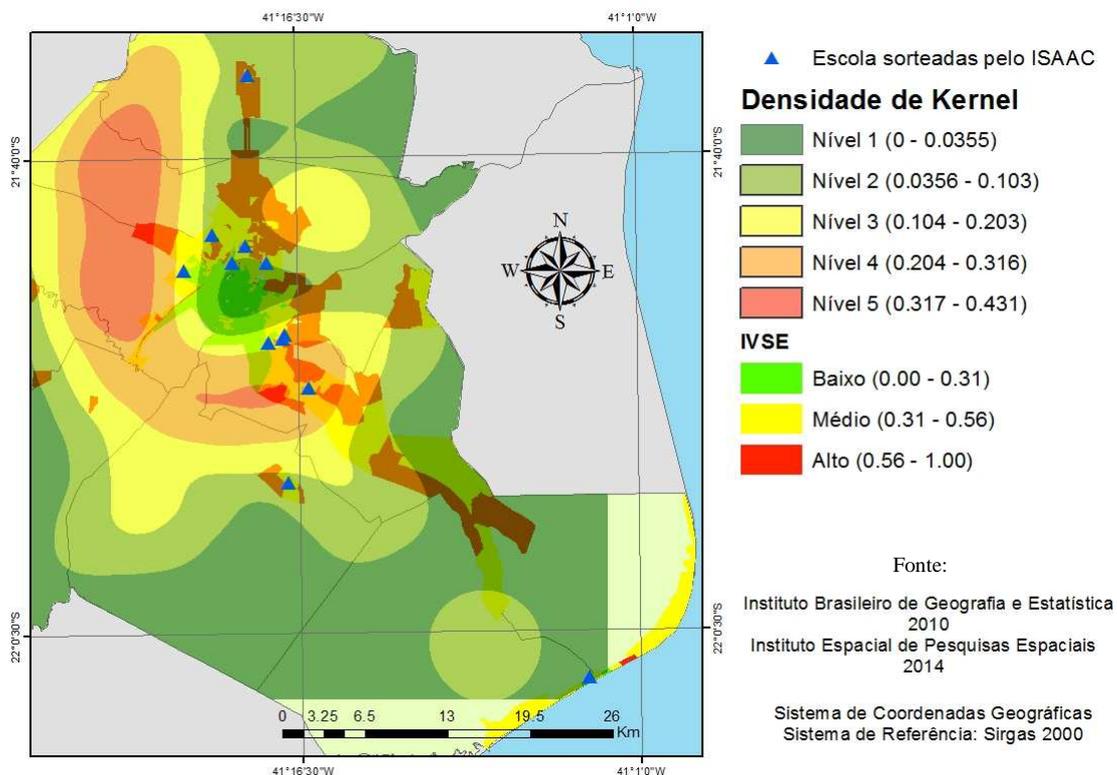


Figura 16: Localização de escolas em setores censitários com IVSE médio e em nível 2 e 3 de influência dos focos de queimadas

O mapa da Figura 17 ilustra as escolas municipais localizadas em setores censitários com IVSE alto, ou seja, alta vulnerabilidade socioeconômica. Somente duas escolas estão localizadas em setores com alta vulnerabilidade. A escola Lulo Ferreira de Araújo está localizada em um setor urbano isolado, já a escola Dr. Getúlio Vargas está localizada em um setor na região urbana central que tem como vizinhos setores com média e baixa vulnerabilidade. Ao todo elas possuem 157 alunos, sendo 149 somente da escola Dr. Getúlio Vargas.

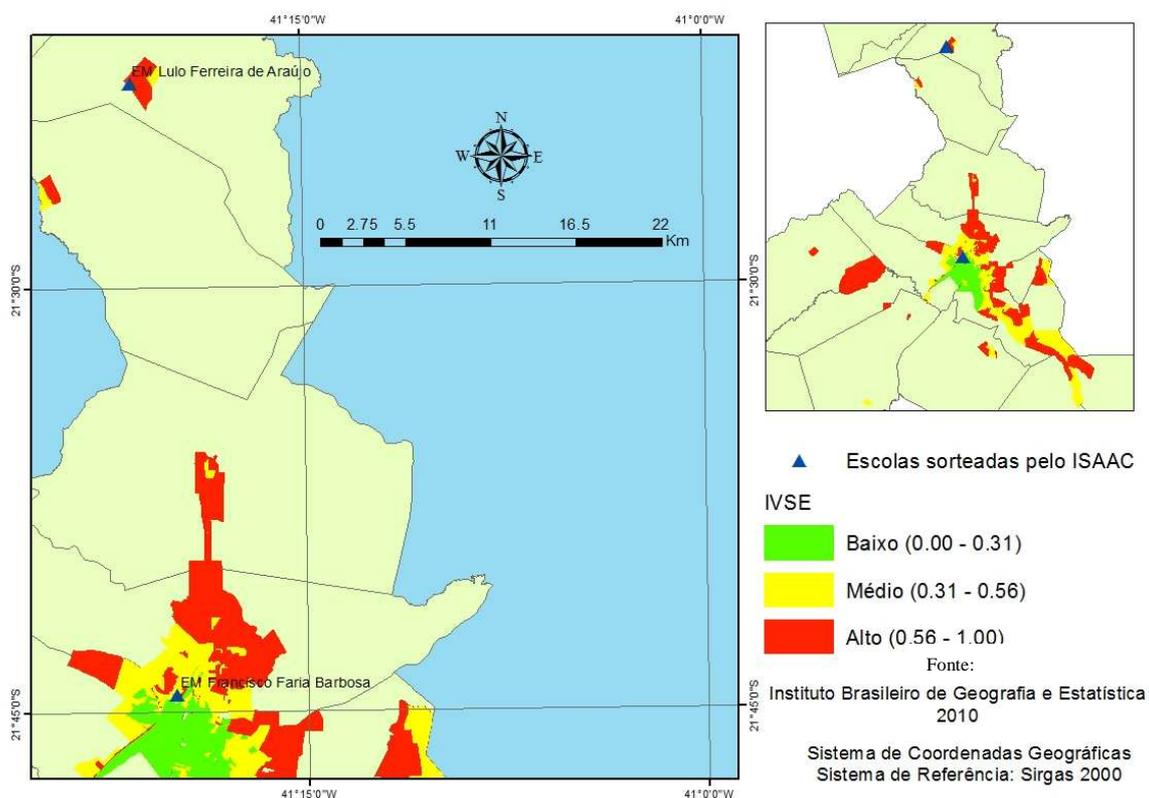


Figura 17: Localização de escolas em setores censitários com IVSE alto

O mapa da Figura 18 demonstra as escolas localizadas em setores com alto IVSE e conforme sua posição na superfície gerada pela densidade de *Kernel*. A escola Lulo Ferreira de Araújo é a escola sob a menor influência de focos de queimadas, nível 1. Já a escola Dr. Getúlio Vargas está sob o nível 2 de influência desses focos.

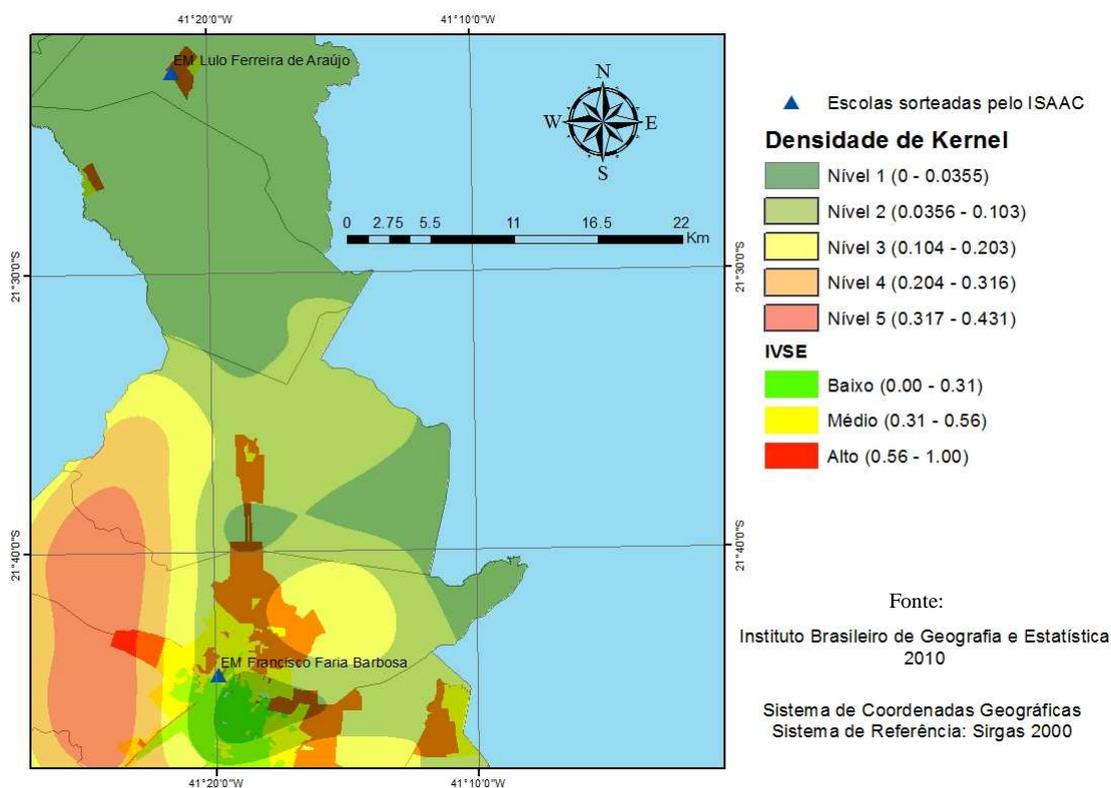


Figura 18: Localização de escolas em setores censitários com IVSE médio e em nível 1 e 2 de influência dos focos de queimadas

Na Tabela 12 é visto o quantitativo de alunos por nível de influência dos focos de queimadas e por nível de vulnerabilidade socioeconômica (IVSE). Dos alunos que estão em setores com baixo IVSE, mais de 85% estão em áreas com nível 1 de influência de focos de queimadas. Dos alunos que estão em setores com médio IVSE, 71,2% estão em áreas com nível 2 de influência de focos e quase 20% estão em áreas de nível 3 de influência. Quase 95% dos alunos de escolas localizadas em setores com alto IVSE se encontram dentro do nível 2 de influências dos focos.

Tabela 12: Quantitativo e porcentagem de alunos por nível de poluição e vulnerabilidade socioeconômica

Influência dos focos de queimadas	Baixo		Médio		Alto	
	Alunos	Distribuição	Alunos	Distribuição	Alunos	Distribuição
Nível 1	174	85.3%	59	10.6%	8	5.1%
Nível 2	7	3.4%	396	71.2%	149	94.9%
Nível 3	23	11.3%	101	18.2%	0	0.0%
Total	204	100.0%	556	100.0%	157	100.0%

Na Tabela 13 é possível observar que das escolas que estão em setores censitários com nível 1 de influência dos focos, 72,2% delas estão em setores com baixo

IVSE. Das escolas localizadas em áreas com nível 2 de influência dos focos, 71,7% estão em setores com médio IVSE e 27% em setores com alto IVSE. As escolas que estão sob a maior influência de focos, nível 3 estão em sua maioria, 81,5%, localizadas em setores que apresentam médio IVSE.

Tabela 13: Distribuição de alunos presentes em setores com níveis de influência de focos de queimadas conforme o IVSE (%)

Influência dos focos de queimadas	Baixo	Médio	Alto	Total
Nível 1	72.2%	24.5%	3.3%	100.0%
Nível 2	1.3%	71.7%	27.0%	100.0%
Nível 3	18.5%	81.5%	0.0%	100.0%

Na Tabela 14 está a frequência de alunos e os sintomas de asma descritos em Q5 e Q9. A maior parte dos alunos estuda em escolas localizadas em setores considerados de média vulnerabilidade. Os alunos que estudam em escolas que estão em setores censitários com baixo IVSE apresentam uma frequência de asma de 41,7% e uma gravidade de asma de 16%. As escolas presentes em setores com IVSE médio apresentam uma frequência de sintoma de asma, alguma vez na vida já teve chiado no peito, de 44,8%, com uma gravidade de 29,4%. Já as escolas que estão em setores com alto IVSE possuem uma frequência de resposta positiva a Q5 de 39,5%, mas com uma gravidade de 48%.

Tabela 14: Prevalência dos sintomas de asma descritos em Q5 e Q9 por nível do IVSE

IVSE	Alunos	Q5	Q9
Baixo	22,2%	41,7%	16,0%
Médio	60,6%	44,8%	29,4%
Alto	17,1%	39,5%	48,0%

4.3.3 Correlação entre a distribuição geográfica dos sintomas de asma em escolares e focos de queimadas

Para análise da correlação entre a prevalência dos sintomas de asma em escolares de 6-7 e 13-14 anos de idade e os setores censitários mais expostos aos focos de queimada de cana de açúcar, no município de Campos dos Goytacazes (RJ) foi calculado a média de densidade de *Kernel* por setor censitário onde se localizava a escola (Tabela 15). Para o cálculo dessa média foi realizado um processo no *ArcGis* denominado *Zonal Statistic*.

Tabela 15: Prevalência dos sintomas de asma descritos em Q5 e Q9 por nível do IVSE

Escolas	Média de influências	Q5	Q9/Q6
EM Manoel Coelho	0,235	38,70	40,00
Ciep Clóvis Tavares	0,172	40,90	40,00
EM Rotary I	0,171	30,80	33,30
EM José do Patrocínio	0,169	40,00	33,30
EM Conselheiro Josino	0,144	33,30	16,70
CE 29 de Maio	0,112	43,50	0,00
EM Dr. Getúlio Vargas	0,088	50,00	33,30
EM Lídia Leitão de Albernaz	0,072	64,90	41,20
EM Ignácio Corrêa dos Santos	0,069	44,40	0,00
EM Prof ^ª Wilmar Cava Barros	0,061	57,10	0,00
EM Frederico Paes Barbosa	0,053	47,50	21,40
EM Francisco Faria Barbosa	0,048	40,90	41,70
EM Custódio Generoso Vieira	0,037	37,50	40,00
EM Santo Antônio	0,035	47,00	23,80
EM Sagrada Família	0,020	40,40	6,70
EM Dr. Alcindor de Moraes Bessa	0,015	41,30	20,00
EM Maria Lúcia	0,015	37,50	0,00
EM Pequeno Jornaleiro	0,010	37,80	27,30
EM Jocilda Givanoite	0,009	60,00	20,00
EM Cláudia Almeida Pinto de Oliveira	0,007	40,00	25,00
EM Lulo Ferreira de Araújo	0,000	12,50	0,00

Fonte: DPI, 2014.

A correlação linear foi feita entre essa média de densidade de focos de queimadas por setor censitário e a frequência de sintomas definidos em Q5 e Q9. Não foi observada correlação entre a existência de chiado no peito alguma vez na vida (Q5) com a média de densidade de focos calculada pelo *Kernel*. Já em relação à gravidade da asma (Q9) foi observada uma correlação de 0,15 (Figura 14 e 15).

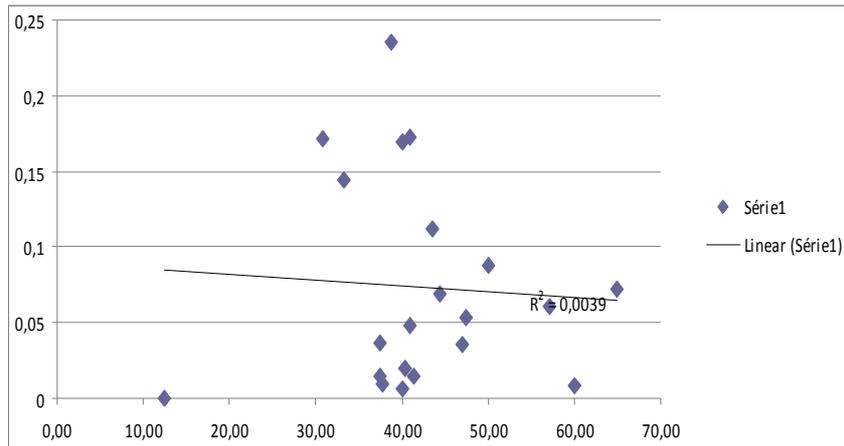


Gráfico 5: Correlação linear entre sintoma de asma (Q5) e densidade de focos de queimadas.

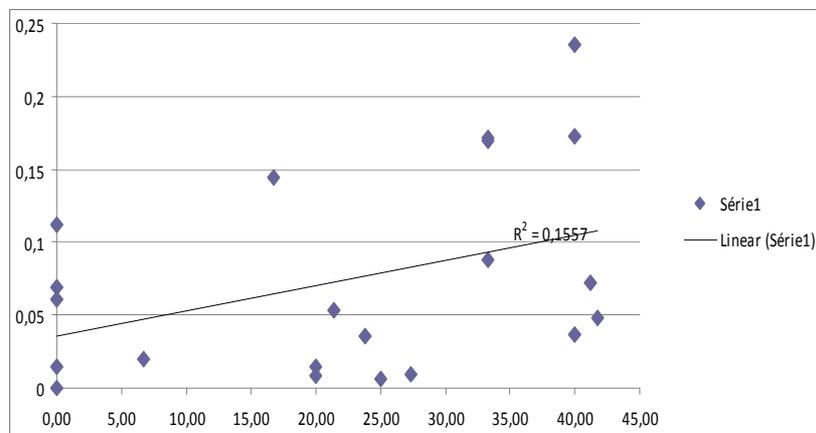


Gráfico 6: Correlação linear entre sintoma de asma grave (Q9) e densidade de focos de queimadas

5. Discussão

Através do estimador da densidade de *Kernel* verificou-se um padrão espacial de concentração dos focos de queimadas, onde os *Hot spots* (áreas de maior concentração de pontos) se concentram a oeste do município em uma área rural. Devido a esse fato, os maiores níveis de exposição aos focos de queimadas, níveis 4 e 5, também se concentram na área rural a oeste de Campos dos Goytacazes (RJ). Entretanto, a maior parte das escolas urbanas sorteadas se localizam em áreas com nível 3 e 2 de influência desses focos.

Mais de 50% dos alunos entrevistados estudam em escolas localizadas em áreas com nível 2 de exposição aos focos de queimadas. Esse nível de exposição é considerado médio. Verifica-se que, apesar de menor, há uma parte considerável de alunos em escolas com nível 3 de influência dos focos de queimadas, 110 alunos (12%). Mesmo os alunos que estudam em escolas localizadas em áreas com nível 1 de influência dos focos de queimadas podem estar sob exposição dos poluentes, pois a queima é frequente durante maior parte do ano e ocorre em áreas ainda relativamente próximas. Seria necessário estudar mais escolas localizadas fora dessa área de influência, como é o caso de alunos que estudam nas escolas Lulo Ferreira e Cláudia Almeida.

Vale ressaltar que variáveis climáticas como direção e velocidade do vento precisam ser estudadas de forma mais aprofundadas para que haja uma melhor adaptação do modelo de exposição dos focos de queimadas com a realidade local. Apesar de dados do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMET) demonstrarem que não há uma direção predominante do vento durante os meses estudados, sendo caracterizado como calmaria, é necessário um estudo mais apurado para que seja analisada a existência de dias do ano em que haja uma atuação mais ativa de ventos com velocidade e direcionada à zona urbana de Campos dos Goytacazes (RJ), onde se concentra a maior parte da população do município.

Escolas localizadas em setores censitários com nível baixo de vulnerabilidade (IVSE baixo) possuem 204 estudantes, 22,2% dos entrevistados. Mais de 85% deles se encontram em áreas com o menor nível de influência dos focos de queimadas (nível 1). Esses setores se concentram a oeste da região urbana central.

A maior parte das escolas sorteadas pelo ISAAC está localizada em setores considerados de nível médio de vulnerabilidade socioeconômica (IVSE médio). Cerca

de 60% (556 alunos) dos alunos entrevistados estudam nesses setores que estão localizados, em sua maioria, entre os setores com alta vulnerabilidade e setores com baixa vulnerabilidade.

Os setores com maior vulnerabilidade estão localizados em setores urbanos isolados e em áreas periféricas da região urbana central. Somente 17,1% dos alunos entrevistados estudam em escolas localizadas nesse grupo de setores censitários. A maior parte dos alunos entrevistados desses setores, 95%, estão em áreas de nível 2 de influência dos focos de queimadas.

Em relação aos sintomas de asma definido em Q5 (Alguma vez você teve chiado no peito?) e Q9 (Nos últimos 12 meses, o chiado foi tão forte a ponto de impedir que você conseguisse dizer mais de 2 palavras entre cada respiração?) é verificado um acréscimo na frequência de chiado no peito nos escolares analisados conforme há aumento do nível 1 ao nível 2 de influência dos focos de queimadas. Já em relação à Q9 também é visto um acréscimo da frequência desse sintoma conforme há um aumento do nível de influência dos focos de queimadas. Tal aumento da frequência de sintomas de asma, principalmente no que tange a gravidade da asma (Q9) demonstram uma possível correlação entre a doença e o aumento da exposição aos focos de queimadas. Cançado *et al.* (2006b) demonstram que estudos realizados na Europa e nos Estados Unidos encontraram associação entre internações hospitalares de pessoas com doenças crônicas, como a asma, e o aumento de PM 10, poluente encontrado comumente na queima de biomassa. Já no Brasil, demonstraram que estudos associam aumento de internações por asma em idosos e crianças com variações diárias de dióxido de enxofre e ozônio.

As escolas presentes em setores com baixa vulnerabilidade e que também se encontram dentro de uma área de influência dos focos de queimadas nível 2 e 3 estão em áreas limítrofes com setores de média vulnerabilidade. Já os setores com o nível de vulnerabilidade alto (IVSE alto) possuem o menor número de escolas, somente duas, com 157 alunos, estando a maior parte deles, 95%, em nível 2 de influência dos focos de queimadas.

A frequência de chiado no peito alguma vez na vida é maior em alunos que estudam em escolas localizadas em setores de nível médio de vulnerabilidade socioeconômica. Já o sintoma de chiado no peito tão forte que impedia falar duas palavras entre cada respiração (asma grave) é maior em escolas com nível alto de vulnerabilidade socioeconômica.

Foi observado que setores censitários com uma população mais vulnerável socioeconomicamente, também são os setores mais expostos aos focos de queimadas. As escolas localizadas em setores com média vulnerabilidade socioeconômica são as mais atingidas pelos focos de queimadas. As escolas localizadas em setores de baixa vulnerabilidade socioeconômica são as que estão sob menor influência dos focos de queimada.

O aumento do sintoma caracterizado como chiado no peito forte, asma grave, conforme há aumento da vulnerabilidade socioeconômica da população do município também aponta para uma necessidade de maior análise dessa relação para que seja possível uma correlação causa-efeito. Em estudo realizado por Felizola *et al.* (2005) também se observou maiores taxas de sintomas relacionados à asma e à sua gravidade em grupos de escolares de 6 à 7 anos e 13 à 14 anos de idade que tinham as piores condições socioeconômicas. Já em estudo realizado por Stewart *et al.* (2001), que também utilizou o questionário ISAAC, foi encontrada associação positiva entre PIB *per capita* e sintomas de asma caracterizado como chiado no peito, em que quanto menor fosse esse PIB menor era a prevalência da doença. Entretanto os autores afirmam que a associação tem força moderada e que outros fatores ambientais não foram considerados.

A correlação entre a exposição aos focos de queimadas e o sintoma de asma caracterizado como chiado no peito foi feita através da correlação linear de Pearson. A falta de correlação linear entre chiado no peito e nível de influência dos focos de queimadas pode ser decorrente da baixa quantidade de dados como também do método adotado que não considerou outras variáveis com o clima e outras fontes de poluição atmosférica. A frequência de sintoma de asma por escola reduziu o efeito a somente 21 dados espaciais existentes, em um estudo mais apurado poderá ser feito o georreferenciamento dos 917 alunos e assim observar a frequência de resposta positiva para chiado no peito e a proximidade aos *Hot spots* gerados pelo *Kernel*.

Para o sintoma relacionado à gravidade da asma, chiado forte que impede dizer mais de 2 palavras entre cada respiração, foi observada uma correlação de 0,15 com o nível de influência dos focos de queimadas. Em estudo realizado por Anderson *et al.* (2012) não foi encontrada evidência positiva de associação entre poluição do ar e asma a nível de comunidade e não a nível individual. Nesse estudo também foi utilizado o

questionário ISAAC e dados de satélites relacionados à PM 2,5 e NO2 e examinada a associação ao longo dos anos de 2001 a 2003.

6. Conclusão

Através desse trabalho foi possível verificar que Campos dos Goytacazes (RJ) caracteriza-se por ter uma população majoritariamente urbana que se concentra na região central do município. Outra característica intrínseca ao município que tange a sua população é sua estratificação em pelo menos três grupos de setores separados por níveis de vulnerabilidade socioeconômica. As populações mais vulneráveis tendem a se concentrar em áreas urbanas isoladas e em áreas periféricas a leste do município e as populações menos vulneráveis se concentram a oeste do município, enquanto os setores de média vulnerabilidade se concentram entre os dois primeiros estratos.

Já a prevalência dos sintomas de asma apresentados pelos escolares demonstra ser bem mais alto do que a média brasileira que é de 20%, contra a média de 40% de Campos dos Goytacazes (RJ). Foi possível verificar através do processo de georreferenciamento das escolas sorteadas, que, como o esperado, elas se localizavam em sua maioria na região urbana central do município. Devido a esse fato, elas também demonstram estar em locais mais propensos a exposição aos focos de queimadas de cana-de-açúcar.

A técnica aplicada pela densidade de *Kernel* para definir a área de abrangência dos focos de queimadas e a ocorrência dos sintomas de asma em escolares nessas áreas demonstrou uma possível correlação entre esses dois fatores. Os sintomas de asma são maiores em escolas localizadas em áreas com maior densidade de focos, assim como, os sintomas de asma grave.

Há uma relação entre a distribuição geográfica da prevalência dos sintomas relacionados à asma em escolares de 6-7 e 13-14 anos de idade, os níveis de exposição aos focos de queimada de cana-de-açúcar e condições social e econômica da população por setor censitário em Campos dos Goytacazes (RJ). Populações mais vulneráveis socioeconomicamente estão localizadas em setores censitários que estão sob maior influência dos focos de queimadas e apresentam maior número de escolares com sintomas de asma grave. A relação entre vulnerabilidade socioeconômica, exposição aos focos de queimadas e frequência de sintomas de asma precisa ser analisada de forma mais profunda através de métodos estatísticos de correlação.

Foi verificada uma correlação baixa entre a prevalência dos sintomas de asma grave em escolares e a exposição a esses focos de queimadas. Mas não foi verificada uma correlação linear da média de densidade de focos de queimadas com a frequência dos sintomas de asma definidos como chiado no peito. Ao se sortear as escolas para aplicação do ISAAC não foram consideradas as áreas de influência dos focos. A correlação seria evidenciada com maior clareza se fossem consideradas tais áreas. Adicionalmente é necessária a aplicação de outros modelos que considerem mais variáveis como direção do vento e outras fontes poluidoras do ar no município.

Foi possível observar padrões espaciais de dinâmicas socioeconômicas e ambientais no território de Campos dos Goytacazes (RJ) através de métodos de análise espacial e estatística simples que permitiram um maior conhecimento do município. A frequência tão acentuada de sintomas de asma em crianças e adolescentes demonstra que o município possui um sério problema de saúde pública relacionado a doenças respiratórias. A prática histórica no município de queimadas de plantações de cana-de-açúcar demonstra estar relacionada a esse problema de saúde. Atualmente, a existência de métodos de colheita de cana-de-açúcar menos ofensivos a saúde respiratória da população local, como a colheita mecanizada, demonstra ser uma prática a ser aplicada no município com o máximo de urgência.

O estudo demonstrou que a queima da cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes (RJ) tem influência sobre o padrão espacial na distribuição dos sintomas de asma grave em escolares de 6-7 anos e 13-14 anos de idade. Entretanto, são necessários mais estudos que demonstrem se há uma maior correlação entre sintoma de asma grave e focos de queimadas. A implantação de métodos mais completos de estatística espacial que considerem variáveis climáticas e outras fontes poluidoras do ar presentes em Campos dos Goytacazes (RJ) podem demonstrar uma correlação entre asma e poluição do ar por queima de cana-de-açúcar que seja mais próxima da realidade vivida pela população do município.

7. Referências bibliográficas

- ADGUER, W. N. Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam. **World Development**, Londres, v. 27, n. 2, p. 249-269, 1999.
- ALCÂNTARA, V. S., STRAUCH, J. C. M., AJARA, C. Metodologia para análise da vulnerabilidade socioambiental: estudo de caso na macrorregião da Costa Verde. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 65, n.3, p. 555-570, 2013.
- ALVES, P. P. **Índices sintéticos para caracterização dos municípios paulistas na perspectiva do cultivo da cana-de-açúcar, no período de 2005 a 2009**. 2009. 205f. Dissertação (Mestrado em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, 2009.
- ANDERSON, H. R.; BUTLAND, B. K.; DONKELAAR, A. V.; BRAUER, M.; STRACHAN, D. P.; CLAYTON, T.; DINGENEN, R. V.; AMANN, M.; BRUNEKREEF, B.; COHEN, A.; DENTENER, F.; LAI, C.; LAMSAL, L. N.; MARTIN, R. V. Satellite-based estimates of ambient air pollution and global variations in childhood asthma prevalence. **Environmental Health Perspectives**, Washington, v. 120, n. 9, 1333-1339, 2012.
- ARBEX, M. A. **Avaliação dos efeitos do material particulado proveniente da queima de plantação de cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória na população de Araraquara (SP)**. 2001. 204f. Tese (Doutorado em Medicina) – Faculdade de medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- ASHER, M. I.; STEWART, A. W.; MALLOL, J; MONTEFORT, S; LAI, C. K. W.; AÏT-KHALED, N; ODHIAMBO, J. Which population level environmental factors are associated with asthma, rhinoconjunctivitis and eczema? Review of the ecological analyses of ISAAC Phase One. **Respiratory Research**, Londres, v. 11, n.8, 2010. Disponível em: <http://respiratory-research.com/content/11/1/8>. Acesso em 13 jan. 2014.
- BARATA, M.M.L.; MAMEDE, E.; ARAÚJO, M.S.M.; ABRAMOVAY, R.; DOMINGUES, E.. Riscos e incertezas. In: BUSTAMANTE, M. M. C.; ROVERE E.L.L.. (Org.). PBMC, 2014: Mitigação das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 3 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. 1ed. Rio de Janeiro: COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.
- BARATA, M. M. L.; CONFALONIERI, U. E. C.; LIMA, A. C. L.; MARINHO, D. P.; LUIGI, G.; SIMONE, G., C.; FERREIRA, I. B.; PINTO, I. V.; TOSTA, F. O.; SILVA, H. V. O.; VALADARES, A. S. **Mapa de vulnerabilidade da população do Estado do Rio de Janeiro aos impactos das mudanças climáticas nas áreas social, saúde e ambiente**. 2011. Relatório de Pesquisa, Rio de Janeiro, 2011.
- BARATA, M. M. L.; KLIGERMAN, D. C.; MINAYO, C. A. Gestão Ambiental no Setor Público: Uma Questão de Relevância Social. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2006.
- BARBOSA, E. M.; BARATA, M. M. L.; HACON, S. S. A saúde no licenciamento ambiental: uma proposta metodológica para a avaliação dos impactos da indústria de petróleo e gás. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.17, n.2, 299-310, 2012.

- BEGGS P. J.; BAMBRICK, H. J. Is the global rise of asthma an early impact of anthropogenic climate change? **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 11, n.3, 745-52. 2006.
- BENÍCIO, M. H. A., FERREIRA, M. U., CARDOSO, M. R. A., KONNO, S. C., MONTEIRO, C. A. Wheezing conditions in early childhood: prevalence and risk factors in the city of São Paulo, Brazil. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 82, n. 7, 516-522, 2004.
- BLAIKE, P. M.; CANNON, T.; DAVIS, I.; WISNER, B. **At Risk: Natural Hazards, People Vulnerability to disasters**. London Rutledge, 1994.
- BOOPATHY R, ASRABADI BR, FERGUSON TG. Sugar cane (*Saccharum officinarum* L) burning and asthma in Southeast Louisiana, USA. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 68, n. 2, 173-9, 2002.
- BRAGA T. M.; FREITAS, A. P. G.; DUARTE, G. S.; CAREPA-SOUZA, J. Índice de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 14, n.3, 11-33, 2004.
- BRASIL. Resolução nº 003, de 28 de junho de 1990. **Diário Oficial da União**, Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), Brasília, DF, 1990.
- BRITTO, M. C. A.; BEZERRA, P. G. M.; BRITO, R. M. C. M.; REGO, J. C.; BURITY, E. F.; ALVES, J. G. B. Asma em escolares de Recife - comparação de prevalências: 1994-95 e 2002. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 80, n.5, p. 391-400, 2004.
- BRITTO, M. C. A.; FREIRE, E. F. C.; BEZERRA, P. G. M.; BRITO, R. C. C. M.; REGO, J. C. Baixa renda como fator de proteção contra asma em crianças e adolescentes usuários do Sistema Único de Saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 34, p. 251-255, 2008.
- CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S.; FUCKS, S.; MONTEIRO, A. M. Análise Espacial e Geoprocessamento. In: FUCKS, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. M. (Org.). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2004. Cap.1.
- CAMINO, R.; MÜLLER, S. **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores**. San José, Série Documentos de Programas IICA, v. 38, 1993.
- CANÇADO, J. E. D.; SALDIVA, P. H. N.; PEREIRA, L. A. A.; LARA, L. B. L. S.; ARTAXO, P.; MARTINELLI, L. A.; ARBEX, M. A.; ZANOBATTI, A.; BRAGA, A., L. F. The impact of sugar cane-burning emissions on the respiratory system of children and the elderly. **Environmental Health Perspectives**, Washington, v. 114, n. 5, p. 725-729, 2006a.
- CANÇADO, J. E. D.; BRAGA, A.; PEREIRA, L. A. A.; ARBEX1, M. A.; SALDIVA, P. H. N.; SANTOS, U. P. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, v. 32, p. 5-11, 2006b.
- CARVALHO, M. S. **Aplicação de métodos de análise espacial na caracterização de áreas de risco à saúde**. 1997. 149f. Tese (Doutorado em Ciências). Faculdade de Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

CASTRO, G. C.; SOUSA, L. K. C.; VERA, P. V. S.; LIMA, H. O.; OLIVEIRA, E. A. R.; LIMA, R. F. S.; MAGALHÃES, L. F. B.; ARAÚJO, N. L.; LOPES, M. V. O. Sintomas e fatores de risco para asma entre escolares piauienses. **Acta Paulista de Enfermagem**, São Paulo, v.25, n. 6, p. 926-32, 2012.

CASTRO, H. A.; HACON, S. S.; ARGENTO, R.; JUNGER, W. L.; CASTIGLIONI JUNIOR, N.; COSTA, J. G. Air pollution and respiratory diseases in the municipality of Vitoria, Espírito Santo state, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 630-642, 2007.

CHIESA, A. M.; WESTPHAL, M. F.; AKERMAN, N. M. Doenças respiratórias agudas: um estudo das desigualdades em saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 24, n.1, p. 55-69, 2008.

CHIESA, A. M.; WESTPHAL, M. F.; AKERMAN; N. M. Geoprocessamento e a promoção da saúde: desigualdades sociais e ambientais em São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 5, p. 559-67, 2002.

DAHLGREN, G.; WHITEHEAD, M. **European Strategies for Tackling Social Inequities in Health: Levelling up Part 2**. 3.ed., Copenhagen: Wholis, 2006.

DANIEL, O.; COUTO, L.; SIVA, E.; PASSOS, C. A. M.; GUARCIA, I. J. R. Sustentabilidade em sistemas agro florestais: indicadores socioeconômicos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.10, n.1, p.159-175, 2000.

DECANINI, M. M. S. **Cartografia temática: métodos de classificação de dados geográficos quantitativos**. 2003. Notas de aula. Departamento de geografia. UNESP. Presidente Prudente, 2003.

DIVISÃO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS (DPI). **Queimadas** – vegetation fires. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/ajuda1.html>>. Acesso em: 01 jan. 2014.

FARSARI, Y; PRASTACOS, P. Sustainable Development indicators: an overview. International Conference "Citizens, Sustainable Development, Environment". **Foundation for Mediterranean Cooperation**, Atenas, 2002. Disponível em: <<http://www.iacm.forth.gr/regional /papers/Asteras-English.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2014.

FELIZOLA, M. L. B. M., VIEGAS, C. A. A., ALMEIDA, M., FERREIRA, F., SANTOS, M. C. A. Prevalência de asma brônquica e de sintomas a ela relacionados em escolares do Distrito Federal e sua relação com o nível socioeconômico. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**; Brasília, v. 31, n. 6, p. 486-91, 2005.

FRANÇA, D. A. **Emissões associadas à queima da palha da cana-de-açúcar no estado de São Paulo e seus impactos na qualidade do ar**. 2013. 117f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos.

FRANÇA, D. A.; AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T. **Relação entre queima da cana-de-açúcar e saúde: estudo preliminar em municípios da Região Administrativa de Araçatuba – SP**. 2009. Trabalho apresentado ao 14º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, 2009.

FREITAS, C. M.; GIATTI, L. L. Indicadores de sustentabilidade ambiental e de saúde na Amazônia Legal, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, n.6, p. 1251-1266, 2009.

- FREITAS, C. M.; XIMENEZ, E. F. Enchentes e saúde pública – uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1601-1615, 2012.
- FREITAS, C. M.; CARVALHO, M. L.; XIMENES, E. F.; ARRAES, E. F.; GOMES, J. O. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência – lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1577-1586, 2012.
- GALLOPIN, G. C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. **Springer Netherlands**, Frankfurt, v.1, n.3, p. 101-117, 1996.
- GOLDEMBERG, J., COELHO, S., T., GUARDABASSI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. **Energy Policy**, v. 36, p. 2086-2097, 2008.
- GONÇAVES, K. S.; SIQUEIRA, A. S. P.; CASTRO, H. A.; HACON, S. S. Indicador de vulnerabilidade socioambiental na Amazônia Ocidental. O caso do município de Porto velho, Rondônia, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 9, p. 3809-3817, 2014.
- GOUZEE, N.; MAZIEN, B. E; BILLHARZ, S. **Indicators of sustainable development for decision making**. Report of the Workshop of Ghent, Bélgica, 1995.
- HAINING, R. **Spatial data analysis: theory and practice**. 2. ed. Cambridge, 2004.
- HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. **Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. 1.ed. Washington: WRI, 1995.
- HARDI, P. & BARG, S. **Assessing sustainable development: principles in practice**. 1 ed. Winnipeg: IISD, 1997.
- HOLLING, C. The resilience of terrestrial ecosystems: Local surprise and global change. In Clark, W. and Munn, R. (Org.). **Sustainable Development of Biosphere**. 1 ed. Londres: Cambridge, 1987. 292–317.
- IBGE. **Resultados do Universo por setor censitário**. 2010. Documentação do arquivo (Base de informações do Censo Demográfico 2010). Rio de Janeiro. 2011.
- IBGE. **Perfil dos municípios brasileiros**. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/munic2009/sel_tema.php?munic=310010&uf=31&nome=>. Acesso em: 14 nov. 2013.
- IPCC. **The physical science basis: part of the working group I contribution to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Nova York: Cambridge University, 2007.
- JANNUZZI, P. M. **Indicadores Sociais no Brasil: conceitos, fontes de dados e aplicações**. 3. ed. Campinas: Editora Alínea/PUC-Campinas, 2006.
- LIMA, C. S. **Estudo da prevalência e gravidade da asma em Itaboraí**. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado em Vigilância em Saúde na área de Saúde Pública). Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2013.
- LIN, C. A., MARTINS, M. A., FARHAT, S. C., POPE III, C. A., CONCEIÇÃO, G. M., ANASTÁCIO, V. M., HATANAKA, M., ANDRADE, W. C., HAMAUE, W. R.,

B.OHM, G. M., & SALDIVA, P. H. N. Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brazil. **Paediatric and perinatal Epidemiology**, n. 13, p. 475–488; 1999.

LOPES F. S. & RIBEIRO, H. Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações à exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Epidemiologia**; n. 9, v. 2, p. 215-225, 2006.

MACEDO, I. C. **Sugarcane's Energy: Twelve Studies on Brazilian Sugarcane Agribusiness and its Sustainability**. 2. ed. São Paulo: Berlendis, p. 195, 2005.

MCCONNELL, R.; BERHANE, K.; YAO, L.; JERRETT, M.; LURMANN, F.; GILLILAND, F.; KÜNZLI, N.; GAUDERMAN, J.; AVOL, E.; THOMAS, D.; PETERS, J. Traffic, Susceptibility, and Childhood Asthma. **Environmental Health Perspectives**, v. 114, n. 5, 2006.

NARDO, M., SAISANA, M. SALTELLI, A., TARANTOLA, S., HOFFMAN, A., GIOVANNINI, E. **Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide OECD Statistics Working Paper**. 3 ed. Organisation de Coopération et de Développement Economiques. 2005.

NASCIMENTO, L. F. C.; MEDEIRO, A, P, P. Admissions due to pneumonia and biomass burning: a spatial approach. **Jornal de Pediatria**, v. 88, n. 2, 2012.

NEVES, M. C.; RAMOS, F. R.; CÂMARA, G., MONTEIRO, A. M. V.; CAMARGO, E. C. G. Análise exploratória espacial de dados socioeconômicos de São Paulo. In: V CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO DA AMÉRICA LATINA, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: Gisbrasil, FatorGis, 2000. p. 16-21

OCED. Core set of indicators for environmental performance reviews: A synthesis report by the group on the state of the environment. **OCED**, Paris, n. 83, 1993.

OLIVEIRA, M. E. C. de; HOLANDA, F. S. R.; RIBEIRO, G. T. & CARVALHO, E. C.. A criação de indicadores para avaliação de sustentabilidade em agroecossistemas apícolas de Sergipe. **Revista da Fapese**, v.3, n.1, p. 79-86, 2007.

PASTORINO, A. C. **Estudo da prevalência das doenças alérgicas, da sensibilização a aeroalérgenos e da exposição a fatores ambientais em escolares com ou sem asma**. 2005. 172f. Tese (Doutorado em Ciências). Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

RIBEIRO, A. L. **Modelo de indicadores para mensuração do desenvolvimento sustentável na Amazônia**. 2002. 280f. Tese (Doutorado em Ciências: Desenvolvimento Socioambiental). Núcleo de altos estudos amazônicos. Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.

RIBEIRO, H. Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória. **Revista de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 42, n.2, p.370-6, 2008.

RIBEIRO, H.; CARDOSO, M R A. Air pollution and children's health in Sao Paulo (1986-1998). **Social Science & Medicine**, Grã-Bretanha, v. 57, p. 2013-2022, 2003.

RIGUERA, D. 54 f. **Prevalência de asma e Rinite em escolares expostos às emissões da queima de Cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde), Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto, 2010.

RIGUERA, D.; ANDRE, P. A.; ZANETTA, D. M. **Sugar cane burning pollution and respiratory symptoms in schoolchildren in Monte Aprazivel, Southeastern Brazil.** *Revista de Saude Publica*, v. 45, n. 5, p. 878-86, 2011.

ROHREGGER, B. Social determinants of health: The role of social protection in addressing social inequalities in health. **Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)**. 2011.

ROMERO-LANKAO, P. Governing Carbon and Climate in the Cities: An Overview of Policy and Planning Challenges and Options. **European Planning Studies**, v. 20, n. 1, 2012.

RONA, R. J. Asthma and poverty. **Thorax**. v.55, p. 239-44, 2000.

ROSA, A. M.; IGNOTTI, E.; HACON, S. S.; CASTRO, H. A. Prevalência de asma em escolares e adolescentes em um município na região da Amazônia Brasileira. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, n. 35, p. 7-13, 2009.

SANTANA, E.; CUNHA, K. B.; FERREIRA, A. L.; ZAMBON, A. **Padrões de qualidade do ar: experiência comparada Brasil, EUA e União Européia**. 1. ed, São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2012.

SBPT (Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia). Diretrizes da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia para o Manejo da Asma. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, v.38, Suplemento 1, p.S1-S46, 2012.

SILVA, T. B.; ROCHA, W. J. S. F.; ANGELO, M. F. Quantificação e análise espacial dos focos de calor no Parque Nacional da Chapada Diamantina (BA). In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, **Anais...** Foz do Iguaçu: Inpe, 2013.

SOBRAL, H. R. **Poluição do Ar e doenças respiratórias em crianças da Grande São Paulo: um estudo de Geografia Médica**. Tese (Doutorado em geografia), Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

SOLÉ, D. International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC): o que nos ensinou?. **Jornal de Pneumologia**, v. 1, p. 1, 2005.

SOLÉ, D.; NASPITZ, C. K. Epidemiologia da asma: Estudo ISAAC (International Study of Asthma and Allergies in Childhood). **Revista Brasileira de Alergia e Imunopatologia**, São Paulo, v. 21, n.2, p. 38-45, 1998.

SOLÉ, D.; WANDALSEN, G. F.; CAMELO-NUNES, I. C.; NASPITZ, C. K. ISAAC - Brazilian Group. Prevalence of symptoms of asthma, rhinitis, and atopic eczema among Brazilian children and adolescents identified by the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) - Phase 3. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro; v.82, n. 5, p. 341-6, 2006.

SOUZA, N. P.; SILVA, E. M. G. C.; TEIXEIRA, M. D.; LEITE, L. R.; REIS, A. A.; SOUZA, L. N.; ACERBI JUNIOR, F. W.; RESENDE, T. A. Aplicação do Estimador de Densidade *kernel* em Unidades de Conservação na Bacia do Rio São Francisco para análise de focos de desmatamento e focos de calor. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Inpe, 2013.

STEWART, A. W.; MITCHELL, E. A.; PEARCE, N.; STRACHAN, D. P.; WEILAND, S. K. The relationship of per capita gross national product to the prevalence

of symptoms of asthma and other atopic diseases in children (ISAAC). **International Journal of Epidemiology**, Great Britain, v. 30, p. 173-179. 2001

TEIXEIRA, L. R. **Tabelas e gráficos**. Rio de Janeiro: CESTH, ENSP, Fiocruz, 2013. Apresentação em Power Point.

TUNSTALL, D. Developing environmental indicators: Definitions, framework and issues. **Technical report**, Washington, D.C. World Resources Institute, 1992.

VIANNA, C. M.; STRAUCH, J. C. M.; CARDOSO, S. C. Avaliação de sustentabilidade nos municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul. In: 18 SINAPE Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, 2008, Estância de São Pedro. **Anais...** Estância de São Pedro: Associação Brasileira de Estatística, 2008.

VICTORA, C. G. Fatores de risco nas IRAs baixas. In: BENGUIGUI, Y.; ANTUÑANO, F. J. L., SCHMUNIS, G.; YUNES, J. (Org). **Infecções respiratórias em crianças**. Washington DC: Organização Pan-Americana da Saúde. 1. ed. Washington DC: Organização Pan-Americana da Saúde; 1998. p. 43-61.

WIENS, S.; SILVA, C. L. Indicadores de qualidade ambiental: uma análise comparativa. In: I Seminário de Sustentabilidade. Minas Gerais. v. 1, 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UNIFAE, 2006.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). Air quality guidelines global update 2005. In: Working Group Meeting, Bonn. 2005, Alemanha. **Anais...** Copenhagen: World Health Organization; 2005.

YUNES, J.; DÍAZ, A. Situação da saúde materno-infantil e suas tendências na América Latina e no Caribe. In: BENGUI, Y., LAND, S., PAGANINI, J. M., YUNES, J. (Org). **Ações de saúde materno-infantil em nível local, segundo a cúpula mundial em favor da criança**. 1. ed. Washington DC: Organização Pan-Americana da Saúde; 1997. p. 1-16.

Apêndice

Folha Metodológica

1. OCUPAÇÃO

1.1. INDICADOR

Proporção de domicílios particulares permanentes próprios e quitados

Nome: Ocupação

Definição: Situação de apropriação do domicílio se é próprio, alugado, cedido ou tem outra condição de ocupação.

Unidade de Medida: Proporção

Ano de Referência: 2010

1.2. RELEVÂNCIA PARA O ESTUDO

Propósito: Avaliar a unidade domiciliar segundo o grau de estabilidade e fixação familiar em determinado território.

Relevância em relação ao tema do presente trabalho: A forma de fixação das famílias pode remeter a diferentes graus de estabilidade interferindo nas condições de vida. Chiesa, Westphal & Akerman (2002), em seu estudo sobre fatores sociais e econômicos que influenciam no surgimento de doenças infecciosas respiratórias agudas, já utilizavam esse indicador.

1.3. DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

Método de Mensuração: Razão entre domicílios particulares permanentes próprios e quitados e domicílios particulares permanentes por setor censitário.

Vantagens do Indicador: Ser coletado por uma fonte oficial.

Limitações do indicador: O indicador possui uma grande limitação que consiste no fato do mesmo ser censitário e, portanto, coletado de 10 em 10 anos pelo IBGE.

1.4. AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS

Variáveis necessárias para a construção do indicador: Domicílios particulares permanentes (V002), Domicílios particulares permanentes próprios (V006) e quitados e domicílios particulares permanentes em processo de quitação (V007).

Fórmula:
$$\text{Ocupação} = \frac{V006 + V007}{V002}$$

Disponibilidade dos dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

2. RENDA

2.1. INDICADOR

Proporção de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* de 1/8 a 1 salário mínimo

Nome: Renda *per capita* domiciliar

Definição: Corresponde aos domicílios com menos de um salário mínimo *per capita*.

Unidade de Medida: Proporção

Ano de Referência: 2010

2.2. RELEVÂNCIA PARA O ESTUDO

Propósito: Avaliar a unidade domiciliar segundo o grau de poder aquisitivo.

Relevância em relação ao tema do presente trabalho: A condição de vulnerabilidade tem sido associada ao baixo poder aquisitivo. Em vários estudos são vistas associações entre esse indicador e alta incidência de doenças respiratórias. No estudo sobre a prevalência de asma brônquica e de sintomas a ela relacionados em escolares do Distrito Federal e sua relação com o nível socioeconômico, Felizola *et al.* (2005) afirmam que o grupo economicamente desfavorecido, caracterizado como tendo renda *per capita* de até dois salários mínimos, apresentava prevalências maiores de sintomas de asma, assim como crises de maior gravidade. Também a prevalência de asma provável foi maior neste grupo que a de asma diagnosticada, o que sugere seu subdiagnóstico.

2.3. DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

Método de Mensuração: Razão entre domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* de até um salário mínimo e domicílios particulares permanentes por setor censitário.

Vantagens do Indicador: Ser coletado por uma fonte oficial.

Limitações do indicador: O indicador possui uma grande limitação que consiste no fato do mesmo ser censitário e, portanto, coletado de 10 em 10 anos pelo IBGE. Entretanto isso não foi uma limitação para o presente estudo.

2.4. AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS

Variáveis necessárias para a construção do indicador: Domicílios particulares permanentes (V002), domicílios particulares improvisados (V001), domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* de até 1/8 salário mínimo (V005), domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* de mais de 1/8 a 1/4 salário mínimo (V006), domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* de mais de 1/4 a 1/2 salário mínimo (V007), domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* de mais de 1/2 a 1 salário mínimo (V008).

Fórmula:
$$\text{Renda} = \frac{(V005 + V006 + V007 + V008)}{(V001 + V002)}$$

Disponibilidade dos dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

3. ALFABETIZAÇÃO

3.1. INDICADOR

Proporção de responsáveis alfabetizados (as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios particulares.

Nome: Responsáveis alfabetizados.

Definição: Responsáveis alfabetizados (as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios particulares.

Unidade de Medida: Proporção

Ano de Referência: 2010

3.2. RELEVÂNCIA PARA O ESTUDO

Propósito: Avaliar o grau de instrução do chefe de família.

Relevância em relação ao tema do presente trabalho: Identifica vulnerabilidade social frente o nível de informação do chefe de família. Compreende-se que quanto menor for seu grau de instrução, menor será sua capacidade de resposta e ação para a prevenção da asma. Felizola *et al.* (2005) para avaliar a prevalência de asma e sintomas a ela relacionados no Distrito Federal e sua relação com o nível socioeconômico, utilizando o questionário escrito do ISAAC usou dados de nível de escolaridade junto dados de renda para caracterizar socioeconomicamente as regiões administrativas do Distrito Federal.

3.3. DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

Método de Mensuração: Razão entre responsáveis alfabetizados (as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios e responsáveis por setor censitário.

Vantagens do Indicador: Ser coletado por uma fonte oficial.

Limitações do indicador: O indicador possui uma grande limitação que consiste no fato do mesmo ser censitário e, portanto, coletado de 10 em 10 anos pelo IBGE. Entretanto isso não foi uma limitação para o presente estudo.

3.4. AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS

Dados necessários para a construção do indicador: Responsáveis alfabetizados (as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios (V078), responsáveis por setor censitário (V001).

Fórmula:
$$\text{Alfabetização} = \frac{V078}{V001}$$

Disponibilidade dos dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

8. INFRAESTRUTURA

4.1. INDICADORES

Proporção de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral; com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial e com lixo coletado por serviço de limpeza.

Nome: Acesso à infraestrutura domiciliar

Definição: Domicílios particulares permanente com acesso à rede de distribuição de água tratada, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial e com lixo coletado por serviço de limpeza.

Unidade de Medida: Proporção

Ano de Referência: 2010

4.2. RELEVÂNCIA PARA O ESTUDO

Propósito: Avaliar a infraestrutura da unidade domiciliar segundo o grau de acesso a serviços públicos.

Relevância em relação ao tema do presente trabalho: Identifica vulnerabilidade social frente ao risco de propagação de doenças. Para caracterizar a condição socioeconômica da população, muitos estudos utilizam dados referentes a abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo (BARATA *et al.*, 2011; ALCÂNTARA, STRAUCH E AJARA, 2013; OLIVEIRA, 2013). Esses indicadores são utilizados para analisar condições habitacionais que podem levar a maior vulnerabilidade.

4.3. DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

Método de Mensuração: Razão entre a soma de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral, domicílios com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial e com lixo coletado por serviço de limpeza divididos pelos domicílios particulares permanentes por setor censitário.

Vantagens do Indicador: Ser coletado por uma fonte oficial.

Limitações do indicador: O indicador possui uma grande limitação que consiste no fato do mesmo ser censitário e, portanto, coletado de 10 em 10 anos pelo IBGE. Entretanto isso não foi uma limitação para o presente estudo.

4.4. AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS

Variáveis necessárias para a construção do indicador: Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral (V012), domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial (V017), domicílios particulares permanentes com lixo coletado por serviço de limpeza (V036) e domicílios particulares permanentes (V002).

Fórmula:
$$\text{Infraestrutura} = \frac{(V012 + V017 + V036)}{V002}$$

Disponibilidade dos dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

5. CONDIÇÃO DE MORADIA

5.1. INDICADOR

Proporção de domicílios particulares permanentes com 6 ou mais moradores

Nome: Aglomeração domiciliar

Definição: Número de pessoas que compartilham o domicílio particular permanente.

Unidade de Medida: Proporção

Ano de Referência: 2010

5.2. RELEVÂNCIA PARA O ESTUDO

Propósito: Avaliar o grau de aglomeração de pessoas em um mesmo domicílio.

Relevância em relação ao tema do presente trabalho: Identifica vulnerabilidade social frente ao risco de propagação de doenças. Chiesa, Westphal & Akerman (2008), afirmam que indicadores de infraestrutura junto com os indicadores aglomeração domiciliar e tipo de construção retratam as condições de conforto em relação à exposição da criança às friagens ou a outro fator deletério à saúde respiratória aguda. Esses autores utilizaram número de pessoas por quarto, porém como esse dado não está disponível ao nível de setor censitário para o censo de 2010, foi utilizada a estimativa de 6 pessoas por domicílio.

5.3. DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

Método de Mensuração: Razão entre domicílios particulares permanentes com 6 ou mais moradores e domicílios permanentes por setor censitário.

Vantagens do Indicador: Ser coletado por uma fonte oficial.

Limitações do indicador: O indicador possui uma grande limitação que consiste no fato do mesmo ser censitário e, portanto, coletado de 10 em 10 anos pelo IBGE. Entretanto isso não foi uma limitação para o presente estudo.

5.4. AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS

Dados necessários para a construção do indicador: Domicílios particulares permanentes com seis moradores (V055), domicílios particulares permanentes com sete moradores (V056), domicílios particulares permanentes com oito moradores (V057), domicílios particulares permanentes com nove moradores (V058), domicílios particulares permanentes com dez ou mais moradores (V059) e domicílios particulares permanentes (V002).

Fórmula:
$$\text{Aglomeração} = \frac{(V055 + V056 + V057 + V058 + V059)}{V002}$$

Disponibilidade dos dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.