



## A EVOLUÇÃO DO USO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO EM ESTUDOS SOBRE QUEIMA DE BIOMASSA EM AMBIENTES *OUTDOOR* E EFEITOS ADVERSOS À SAÚDE HUMANA

**Fábio Silva Lopes**

Doutorando – Faculdade de Saúde Pública / USP  
FCI – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
[flopes@usp.br](mailto:flopes@usp.br)

**Helena Ribeiro**

Faculdade de Saúde Pública / USP  
[lena@usp.br](mailto:lena@usp.br)

### RESUMO

No contexto da saúde ambiental, ainda são poucos os estudos que associam as variáveis queima de biomassa em ambientes denominados *outdoor* e efeitos adversos à saúde humana. No entanto, vários fatores socioeconômicos vêm ampliando a discussão neste campo. A evolução das queimadas no território brasileiro suscita questionamentos a respeito dos problemas sócio-ambientais envolvidos, em especial, sobre a saúde das populações que vivem no entorno de áreas impactadas. Por outro lado, a literatura científica ainda carece de contribuições mais convincentes sobre estas questões. Os estudos existentes trabalham com variáveis agregadas em cenários propícios à inserção de vieses que podem reduzir a confiabilidade dos resultados. Este trabalho objetiva desenvolver um estudo exploratório sobre o uso de elementos geográficos em desenhos das pesquisas que envolvem poluição do ar proveniente de queima de biomassa em ambientes *outdoor* e efeitos adversos à saúde humana. Vários estudos foram identificados na literatura e classificados quanto ao desenho, aspectos geográficos utilizados e resultados obtidos. Consideraram-se pesquisas realizadas dentro e fora do Brasil, abordando queimadas de biomassa acidentais ou programadas, com o intuito de verificar alguma relação causal com incidências de problemas respiratórios. Embora sejam poucos os trabalhos nesta linha, neles existe certa variabilidade de desenhos e usos de técnicas de geoprocessamento. Ferramentas de análise espacial ainda estão em fase embrionária nesta área do conhecimento humano. Futuros estudos de orientação empírica devem ser desenvolvidos para um aprofundamento maior neste campo de pesquisa, na eminência de reduzir vieses e ampliar a confiabilidade dos estudos que trabalham com dados agregados.

**Keywords:** queima de biomassa, problemas respiratórios, geoprocessamento.

### INTRODUÇÃO

O interesse por estudar associações causais entre os produtos da queima de biomassa e os possíveis efeitos à saúde humana não é novo. Literatura científica e história mostram isso de forma longa, na eminência de obter resposta para diversas questões inerentes ao tema.

Estas questões são ou foram estudadas em frentes de pesquisa, com distintas abordagens, atreladas aos mesmos descritores. Isto ocorre em função da riqueza de possibilidades que esta área interdisciplinar proporciona.

Cabe aqui ressaltar que os problemas respiratórios não estão restritos a divisões geopolíticas. Existem relatos nos 5 continentes, alguns estudando efeitos em escala local, outros em escala global, ou seja, o fator gerador ocorreu muito distante de onde se observou o efeito.

Embora haja interesse e relevância envolvidos nesta área do conhecimento, ainda são poucos os estudos relatados na literatura científica e muitas questões sobre o tema ainda não foram resolvidas (RIBEIRO, 2008).

Em primeira instância, os estudos desta linha podem ser categorizados quanto à exposição, *indoor* ou *outdoor*<sup>1</sup>. Os estudos *indoor*, *lato sensu*, estão atrelados ao problema do uso de biomassa como combustível para aquecimento de residências, cozimento de alimentos ou como fonte de energia.

Nesta linha, ARBEX et al (2004) fazem uma extensa revisão de trabalhos que relatam doenças como DPOC (doença pulmonar obstrutiva crônica), pneumoconiose, catarata, cegueira, tuberculose e efeitos adversos na gestação, associadas à exposição em ambientes fechados à fumaça de fogões que funcionam com queima de biomassa. Foram realizados estudos na Bolívia, Índia, México, Nepal, Nova Guiné e Paquistão sobre este tema.

Na mesma abordagem, são consideradas algumas facilidades no controle de variáveis de confusão, pois existe regularidade na exposição e o desenho do estudo é focado no indivíduo, geralmente em escala local, permitindo identificar vieses em fatores como tabagismo e doenças crônicas, entre outros. No entanto, os estudos feitos nos países em desenvolvimento apresentam limitações metodológicas como melhor determinação da exposição ao poluente, o caráter observacional dos estudos, e os elementos de confusão não avaliados adequadamente (ARBEX et al, 2004).

Já a abordagem *outdoor* tem gerado estudos de difícil condução, e, conforme coloca BRAUER (1999, p. 225), "... mesmo os melhores estudos irão prover resultados equivocados devido a variáveis de confusão e classificações errôneas de exposição."

Um fator que contribui para a ocorrência de resultados equivocados foi descrito por SAMET e SPEIZER (1993) quando relatam que as investigações que associam poluição do ar e morbidade coletam rotineiramente dados de estatística vital da população de uma localidade alvo. Já a exposição ao poluente é estimada a partir dos dados de monitoramento do ar, e assume-se que são representativos para aquela população.

Complementar é fato de que muitos estudos *outdoor* estão associados a episódios acentuados de poluição atmosférica, que ocorrem em áreas não isentas de outras fontes poluidoras, ou fatores geradores de um determinado efeito adverso.

BRAUER (1999) analisou diversos estudos relacionados aos episódios de queimadas no Sudeste da Ásia e salienta ser provável uma associação causal entre os referidos episódios e o aumento da taxa de mortalidade diária. No entanto, ele pondera que estes estudos encontram-se relativamente em uma única categoria de exposição, na qual os efeitos agudos são altamente prováveis, mas os níveis de exposição são muito baixos, especialmente em termos de duração.

Assim como é evidente a dificuldade de determinar a população exposta, existe a complexidade em se obter o registro das medições dos poluentes aos quais a população esteve exposta.

Nesta linha, pesquisadores vêm desenvolvendo estudos que envolvem medições de poluentes em diversas escalas geográficas, objetivando associar episódios, com medição acima dos padrões considerados seguros, e impactos na saúde da população exposta.

As medições são planejadas e realizadas no local do estudo, ou adquiridas por estações de medição automática. Em ambos os casos, existem limitações. As medições em campo são realizadas em períodos de campanha planejados para o desenho do estudo, assim, não há continuidade de aquisição dos dados por períodos muitos extensos devido ao custo das

---

<sup>1</sup> Estes termos são utilizados para definir ambientes internos ou abertos, respectivamente.

análises, disponibilidade de equipamento, ou pessoal de operação. No caso da medição automática, existe a continuidade de leitura, que permite amostras para análises de series temporais, porém, são poucas as unidades em funcionamento, limitando os estudos em muitas localidades desprovidas de dados desta natureza.

Avanços significativos na área de sensoriamento remoto em conjunção com modelos computacionais estão permitindo a construção de modelos de simulação, como é o caso do CATT-BRAMS (*Coupled Aerosol and Tracer Transport to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System*), que foi desenvolvido inicialmente para estudar fluxo de superfícies e transporte atmosférico de emissões provenientes de queima de biomassa na América do Sul (FREITAS et al, 2006). Este modelo prognostica concentrações CO e PM<sub>2,5</sub> através de dados obtidos por satélite, que são inseridos no modelo acoplado de forma simultânea e consistente com as condições atmosféricas geradas pelo modelo BRAMS.

Os estudos sobre queimadas e efeitos adversos à saúde elaborados no Brasil, em sua maioria, estão associados às queimadas de cana-de-açúcar na região Sudeste ou, mais recentemente, às queimadas na Amazônia.

## **METODOLOGIA**

O presente trabalho foi elaborado a partir da análise das revisões desenvolvidas por RIBEIRO E ASSUNÇÃO (2002), ARBEX et al (2004) e RIBEIRO (2008) que exploram a temática dos efeitos das queimadas na saúde humana.

Os referidos trabalhos apontaram vários estudos identificados na literatura e classificados quanto ao desenho, aspectos geográficos utilizados e resultados obtidos. Consideraram-se pesquisas realizadas dentro e fora do Brasil, abordando queimadas de biomassa acidentais ou programadas, com o intuito de verificar alguma relação causal com incidências de problemas respiratórios.

O estudo avaliou 46 trabalhos, dentre os quais, 27 foram identificados como estudos de poluentes atmosféricos na modalidade *outdoor* que utilizaram ferramentas de geoprocessamento. Considerando os estudos selecionados, foram identificados os delineamentos dos desenhos de pesquisa, análises espaciais elaboradas e ferramentas utilizadas.

Por fim, foram avaliados os diferentes formatos e usos de ferramentas de análise espacial e elaborou-se um quadro comparativo dos resultados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Em primeiro plano, observa-se que os estudos na modalidade *indoor* estão mais difundidos, com considerável volume de publicações. Estes trabalhos são relevantes devido ao delineamento focado no indivíduo, que trata variáveis em condições de maior controle, aumentando a grau de confiança dos resultados apresentados.

Vários trabalhos têm alertado para os efeitos negativos à saúde de queima de biomassa em ambientes internos, sobretudo nos Países em Desenvolvimento, nos quais ainda se usa muito fogão de lenha ou carvão sem exaustão adequada para a fumaça. Estudos epidemiológicos transversais e caso controle demonstraram que nesses países a exposição à fumaça de biomassa é o principal fator de risco de Doenças Pulmonares Crônicas entre mulheres, conduzindo ao *cor pulmonale*. Grosso modo, são estimadas 1,6 milhões de mortes prematuras no mundo devido a esta poluição interna (WHO, 2003).

Nesta modalidade, autores descrevem desenhos metodológicos característicos de estudos epidemiológicos como Coorte, Caso-controle, estudos transversais e longitudinais, cujos dados, coletados por questionários ou fichas hospitalares, são submetidos ao instrumental da estatística descritiva.

Entre os estudos na modalidade *outdoor*, 35 trabalhos foram selecionados. No entanto, 8 deles foram descartados pois estão associados a temas como saúde do trabalhador rurícola, abordando problemas relacionados a esforço físico, transporte de poluentes em escala regional e exposição de trabalhadores a contaminantes atmosféricos.

Os 27 trabalhos restantes apresentam elementos geográficos no desenho do estudo. Neste ponto, vale ressaltar que os delineamentos consideraram o cruzamento de duas ou mais variáveis dos grupos descritos a seguir:

Quanto à abrangência:

- polígono municipal;
- polígono da macro-área administrativa;
- polígono estadual;
- hospitais próximos das áreas de impacto.

Quanto às variáveis utilizadas:

- medições de poluentes atmosféricos (índices diários / partículas depositadas);
- internações hospitalares selecionadas por diagnóstico Capítulo X da CID 10;
- internações de causa cardiorespiratória;
- internações causadas por determinadas doenças como diagnóstico principal;
- procedimentos hospitalares como inalações;
- entrevistas / questionários;
- testes com função pulmonar e função espirométrica;

Sobre as análises espaciais, observou-se carência de variação. Embora as ferramentas de geoprocessamento disponibilizem diversos recursos para análises desta natureza, seu uso não se reflete nos trabalhos analisados. Entre os trabalhos analisados, somente foram citados o uso de Análise Cluster, Índice I de Moran e Mapas Coropléticos. A Figura 1 apresenta a síntese dos delineamentos encontrados.

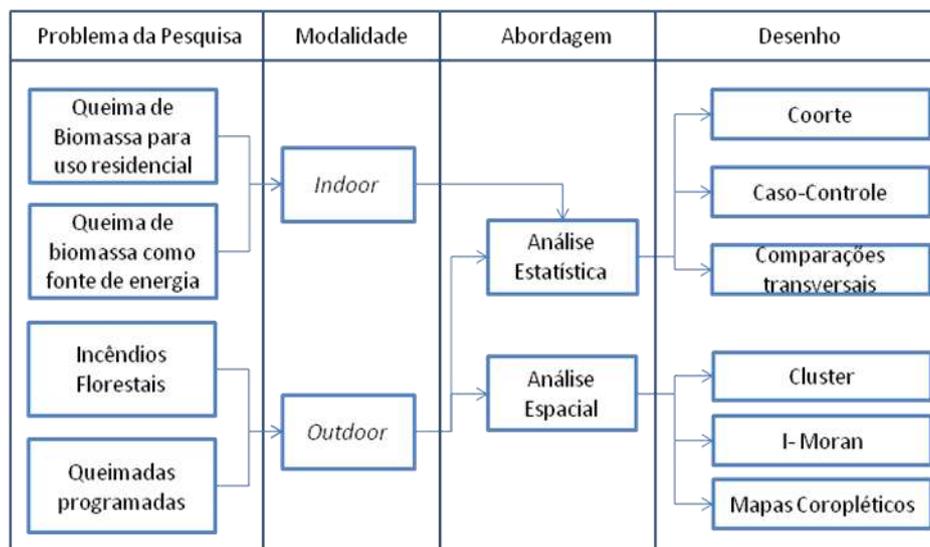


Figura 1: Resumo dos delineamentos encontrados nas pesquisas sobre queima de biomassa e efeitos adversos à saúde humana.

Os trabalhos na modalidade *indoor* tendem a utilizar a abordagem da análise estatística utilizando desenhos epidemiológicos conhecidos como estudos de Coorte, Caso-Controlle e

Comparações transversais com os dados individualizados, fato este que difere dos estudos outdoor, onde os dados agregados são mais utilizados. Isso requer a generalização de algumas variáveis, que pode incorrer em resultados equivocados.

Este fato é advertido por autores em trabalhos nas duas modalidades, quando esclarecem que a intensidade e gravidade dos efeitos à saúde dependem de: características dos poluentes, características da população exposta, exposição individual, susceptibilidade do indivíduo exposto e fatores de confusão.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Embora exista certa variabilidade nos estudos analisados, o uso de ferramentas de análise espacial ainda está em fase embrionária neste campo de conhecimento. Os poucos trabalhos existentes ainda não exploram todo o potencial que estas ferramentas disponibilizam ao pesquisador.

Ressalta-se a necessidade de futuros estudos de orientação empírica, à luz de um aprofundamento maior sobre estas questões, na eminência de reduzir vieses e ampliar a confiabilidade dos desenhos de pesquisa que trabalham com estimativas e dados agregados.

### **AGRADECIMENTOS**

Ao VIGIAR, SVS – Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde, que contribuiu com apoio financeiro parcial, por meio de projeto de pesquisa junto ao Fundo Nacional de Saúde.

À Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, que cedeu material, computadores e estrutura física do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Saúde Ambiental.

### **REFERÊNCIAS**

ARBEX, M.B. et al. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia** n. 30(2), p. 158 – 175, Mar/Abr 2004.

BRAUER, M. Health Impacts of Biomass Air Pollution. **Health Guidelines for Vegetation Fire Events: Background Papers**. WHO – World Health Organization, 1999. Disponível em < [http://www.who.int/docstore/peh/Vegetation\\_fires/vegetationfirbackgrtoc.htm](http://www.who.int/docstore/peh/Vegetation_fires/vegetationfirbackgrtoc.htm) > Acesso em: 27 junho 2009.

FREITAS, S.R. et al. The coupled aerosol and tracer transport model to the Brazilian developments on the regional atmospheric modeling system (CATT-BRAMS) – Part 1: Model description and evaluation. **Atmospheric Chemistry and Physics Discussions** n. 7, p. 8525 – 8569, 2007.

RIBEIRO, H. Sugar cane burning in Brazil: respiratory health effects. **Revista de Saúde Pública**, n. 42(2), p. 370-376, fev 2008.

RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J.V. Efeitos das queimadas na saúde humana. **Estudos Avançados**, n. 16(44), p. 125-148, 2002.

SAMET, J.M.; SPEIZER, F.E. Assessment of Health Effects in Epidemiologic Studies of Air Pollution. **Environmental Health Perspectives Supplements**, n. 101, Supplement 4, Dez 1993.

WHO – World Health Organization. The World Health Report. Reducing Risk Promoting Healthy Life. relatório técnico. WHO, 2002.