

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE AO CONTÁGIO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS DA POPULAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE- RS

Péterson Oliveira
Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: petriz.oliveira@hotmail.com

Laurindo Antonio Guasselli
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
E-mail: laurindo.guasselli@ufrgs.br

Nelson Rego
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
E-mail: nelson.rego@ufrgs.br

RESUMO

Doenças respiratórias relacionadas a poluição atmosféricas são um dos principais problemas de saúde que envolvem grandes centros urbanos no mundo. Atuam no organismo gerando complicações à saúde conforme se intensifica o acúmulo de poluentes, e o sistema respiratório é afetado mais gravemente. Esse trabalho propõe definir um índice de vulnerabilidade ao contágio de doenças respiratórias na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA). Utiliza como variáveis pessoas nas faixas etárias de 0 a 9 anos e acima de 60 anos, registro de internações hospitalares por doenças respiratórias; registro de óbitos; número de veículos registrados e registro de indústrias, em escala municipal. Em ambiente SIG, foi aplicado o método de sobreposição ponderada para análise espacial e atribuídos pesos e valores de influência para cada variável. Os resultados mostram que os municípios com maior índice de vulnerabilidade ao contágio de doenças respiratórias foram Arroio dos Ratos, Santo Antônio da Patrulha, Triunfo e São Jerônimo.

Palavras-chave: SIG; poluição atmosférica; vulnerabilidade; problemas de saúde; RMPA.

1. INTRODUÇÃO

A associação entre poluição atmosférica e problemas na saúde da população, inclusive com relação ao aumento da mortalidade e morbidade, são abordadas em revisão sistêmica por Dapper et al. (2016). Essas associações ocorrem também em relação a outros agravos à saúde, como o baixo peso de recém-nascidos, a incidência e mortalidade por câncer, o número de partos prematuros e anemia falciforme.

Ao avaliar os impactos da poluição atmosférica na saúde, em municípios brasileiros, a partir de indicadores para fins de vigilância em saúde Freitas et al. (2013) observaram que as internações por doenças respiratórias em menores de cinco anos e as internações por doenças respiratórias totais se mostraram indicadores robustos e com maior consistência estatística sobre os avaliados.

Doenças respiratórias são um dos principais problemas de saúde nos grandes centros urbanos (GALVÃO, 2011). Essas doenças atuam de forma constante no organismo e aumentam os malefícios à saúde na medida em que se torna mais intenso o acúmulo de poluentes (CASTRO; SILVA; ARAÚJO, 2013). Estudos têm procurado estimar, a partir de modelagem da pluma de dispersão, a quantidade de poluentes emitidos e a sua composição química (CUNHA, 2002; SALDANHA, 2005; TISSOT, 2010). Outros avaliaram os impactos de determinados poluentes na saúde humana (GALVÃO, 2011; ARBEX et al., 2012; CASTRO; SILVA; ARAÚJO, 2013).

Em revisão teórica sobre a qualidade do ar e os principais poluentes atmosféricos, Castro et al. (2013) avaliaram que estão entre os poluentes de maior importância: monóxido de carbono (CO); óxidos de nitrogênio (NOx); dióxido de enxofre (SO₂); ozônio (O₃); fumaça, materiais particulados (MP) usualmente citados como (PM₁₀ e PM_{2,5}); e partículas em suspensão, com destaque para os materiais particulados. Os efeitos desses poluentes na saúde variam, com chances de câncer de pulmão, doenças respiratórias crônicas, arteriosclerose, bronquite, asma. Doenças tanto no sistema respiratório como no cardiovascular.

Ao definir grupos vulneráveis ao contágio de doenças respiratórias, Arbex et al. (2012) destacaram três grupos: (a) crianças devido ao metabolismo basal acelerado e a maior atividade física, quando comparadas aos adultos, e ao sistema imunológico não totalmente desenvolvido; (b) idosos devido ao sistema imunológico não tão eficiente no combate aos poluentes, e ao declínio da função pulmonar que obstrui as vias aéreas; (c) portadores de doenças crônicas pré-existentes, independentemente da idade, com asma, DPOC e fibrose; e doenças circulatórias: arritmias, hipertensão e doenças isquêmicas do coração. Destacaram os efeitos na saúde humana associados a altas concentrações de oxidantes e pró-oxidantes nos poluentes, como material particulado de diversos tamanhos, gases e óxidos de nitrogênio, que, em contato excessivo com o sistema respiratório, acabam levando à inflamação e outros agravos.

Análises espaciais de dados de saúde, a partir de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), podem contribuir para melhor entender questões espaciais e temporais relacionadas à dinâmica da saúde da população, conforme demonstrado por estudos que desenvolvem uma multiplicidade de métodos (OLIVEIRA; CARVALHO; TRAVASSOS, 2004; LANDIM, 2005; SANTOS; BARCELLOS, 2006; MULLER; CUBAS; BASTOS,

2010; BENÍTEZ, 2015; COSTA; MARDINI; BARRETO, 2017; LOURENÇO; LUENAM; PUTTANAPONG, 2019).

Análise de agrupamento a partir do Índice de Moran foi utilizada por Benítez (2015) para espacializar a vulnerabilidade da população em relação a doenças de veiculação hídrica, cruzando variáveis socioeconômicas e ambientais. Utilizando abordagem geoestatística, Lourenço e Landim (2005) mapearam áreas de risco a saúde e identificaram áreas contaminadas com altas concentrações de metais pesados no solo associadas a agravos a saúde da população local, em zona urbana e industrial.

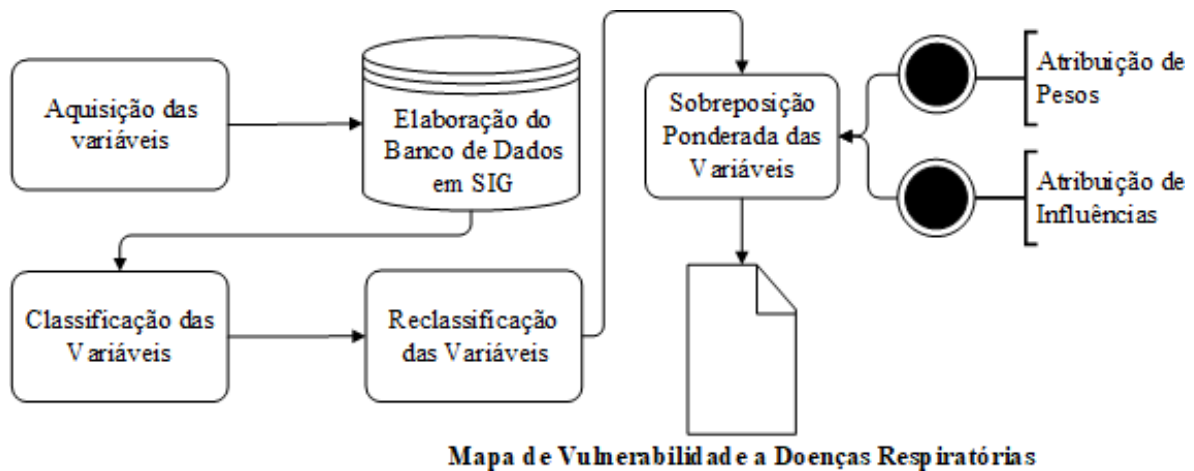
Determinar variáveis no processo de contágio de doenças respiratórias e espacializar suas relações em ambiente SIG pode contribuir na elaboração de modelos estatísticos espaciais capazes de definir zonas com populações vulneráveis ao contágio de enfermidades relacionadas a poluição atmosférica. Mapear essas dinâmicas em estudos de macro escala pode ser o ponto de partida para estudos em escalas de maior detalhe, como setores censitários, bairros ou mesmo o cadastro de endereços. Além disso, análises espaço-temporais podem contribuir para elaborar estratégias em programas de promoção da saúde.

Assim, esse artigo propõe relacionar em ambiente SIG, focos de poluição do ar e populações vulneráveis na RMPA, a partir um banco de dados de saúde, indicadores de qualidade do ar e variáveis socioeconômicas, para definir um índice de vulnerabilidade ao contágio de doenças respiratórias na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA).

2. METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos, a metodologia segue o fluxograma da Figura 1:

Figura 1 - Fluxograma metodológico.



Fonte: elaborado pelo autor.

Aquisição das Variáveis: as variáveis do estudo tratam dos fatores que são determinantes, segundo a literatura consultada, para a ocorrência de doenças respiratórias nas populações mais vulneráveis. Essa primeira parte do trabalho trata do *download* das variáveis envolvidas nesse processo, Tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis utilizadas na pesquisa.

Variável	Fonte	Ano de Referência da Informação	Acesso
Óbitos por doenças respiratórias	Ministério da Saúde	2001 - 2017	5/10/2019
Internações por doenças respiratórias		2008 - 2015	6/11/2019
Registro de Veículos	PROCERGS	2018	7/11/2019
Pessoas entre 0 e 10 anos	IBGE CENSO 2010	2010	7/11/2019
Pessoas acima de 65	IBGE CENSO 2010	2010	7/11/2019
Indústrias	SEMA	2018	5/10/2019

Fonte:

elaborado pelo autor.

Elaboração do Banco de Dados em SIG: a tabela com as variáveis foi relacionada com um arquivo vetorial do tipo *shapefile* dos municípios da RMPA segundo a lista disponível no site da Metroplan (2019). As demais bases de dados vetoriais podem ser conferidas na Tabela 2:

Tabela 2 - Bases vetoriais utilizadas no projeto.

Dado	Fonte	Ano	Acesso
Limite Municípios RS	SEMA	2018	15/10/2019
Limite UF	IBGE	2015	16/11/2019
Sedes Municipais	SEMA	2018	15/10/2019
Edificações Industriais	SEMA	2018	15/10/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

Classificação das Variáveis: classificação de cada variável em 5 (cinco) intervalos utilizando o método de quebras naturais (JENKS; CASPALL, 1971). Esse método minimiza a diferença dos valores relativos a uma mesma classe, destaca o intervalo entre classes (RAMOS et al, 2016) e melhor diferencia os dados de forma individual quando representados espacialmente.

Reclassificação das Variáveis: após a classificação, as variáveis foram reclassificadas. A reclassificação serviu para converter intervalos em números inteiros, necessário na ferramenta de sobreposição ponderada. Os intervalos foram entre 1 e 5, onde 1 corresponde ao menor intervalo, e 5 ao maior intervalo de valores, Tabela 3:

Tabela 3 - Reclassificação de Intervalos.

Valor Reclassificado	Pessoas de 0 a 9 Anos de Idade	Pessoas Acima de 60 Anos de Idade	Doenças Respiratórias		Registro de Veículos	Registro de Indústrias
			Registro de Internações	Registro de Óbitos		
1	0,101~0,107	0,070~0,084	0,000~0,001	0,008~0,010	3632~26803	2~6
2	0,108~0,119	0,085~0,098	0,002~0,003	0,011~0,012	26804~51701	7~10
3	0,120~0,128	0,099~0,111	0,004~0,008	0,013~0,014	51702~123281	11~16
4	0,129~0,137	0,112~0,132	0,009~0,014	0,015~0,016	123282~197042	17~28
5	0,138~0,147	0,133~0,149	0,015~0,027	0,017~0,018	197043~840856	29~57

Fonte: elaborado pelo próprio autor

Sobreposição Ponderada das Variáveis: é a principal etapa da metodologia. Utiliza a ferramenta *Weighted Overlay*, que sobrepõe vários arquivos do tipo considerando as

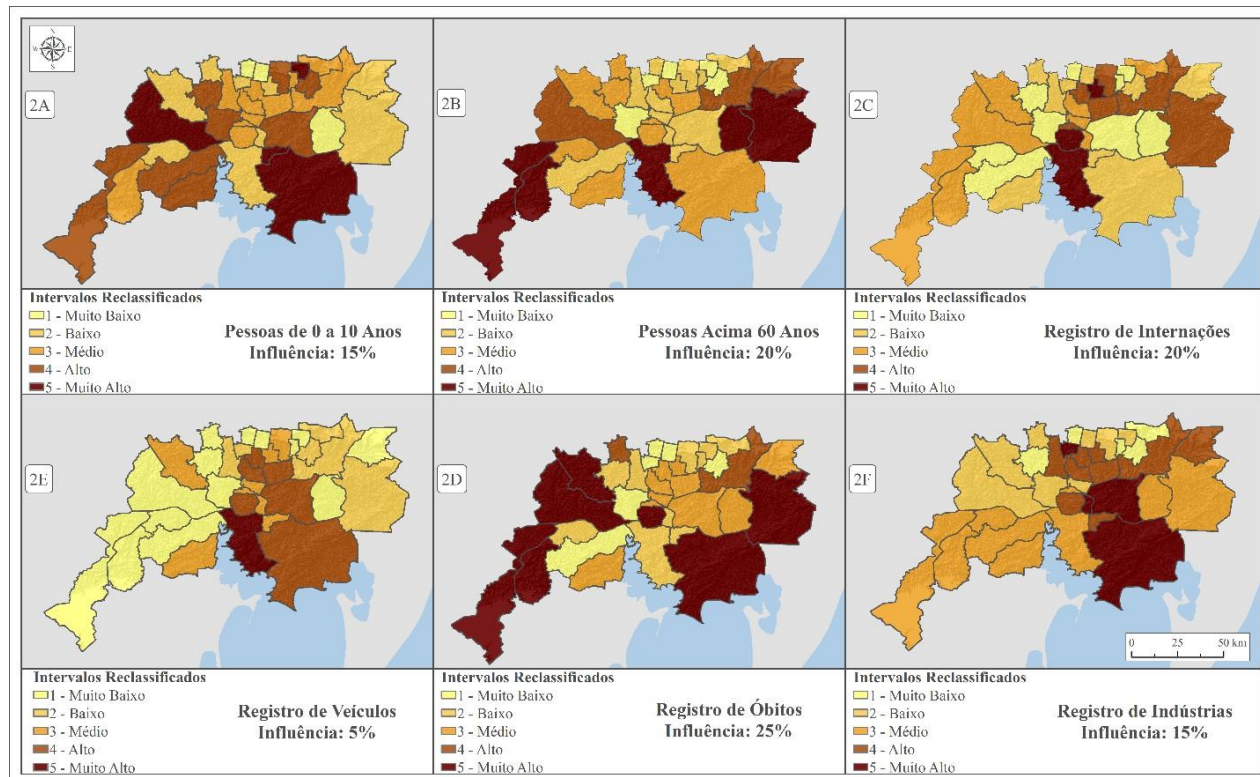
influências atribuídas a cada variável e o peso de cada um dos seus intervalos de valores. Nessa ferramenta, fica a critério do autor determinar as influências atribuídas a cada variável. As influências e pesos das variáveis foram atribuídos a partir da consulta de artigos científicos na área da saúde, e selecionados os principais fatores relacionados às doenças respiratórias em seres humanos.

Mapa de Vulnerabilidade a Doenças Respiratórias: a sobreposição ponderada resulta no mapa de vulnerabilidade da população a doenças respiratórias.

3. RESULTADOS

A espacialização das classes das variáveis e o valor das influências utilizadas como critério de vulnerabilidade na sobreposição ponderada, no período entre 2001 e 2017, Figura 2, considera: pessoas entre 0 e 10 anos, pessoas acima de 60 anos, internações por doenças respiratórias, registro de veículos, óbitos por doenças respiratórias, e o registro de indústrias, com intervalos definidos por quebras naturais.

Figura 2 - Classes e as influências das variáveis como critério de vulnerabilidade, entre 2001 e 2017, Região Metropolitana de Porto Alegre - RS.

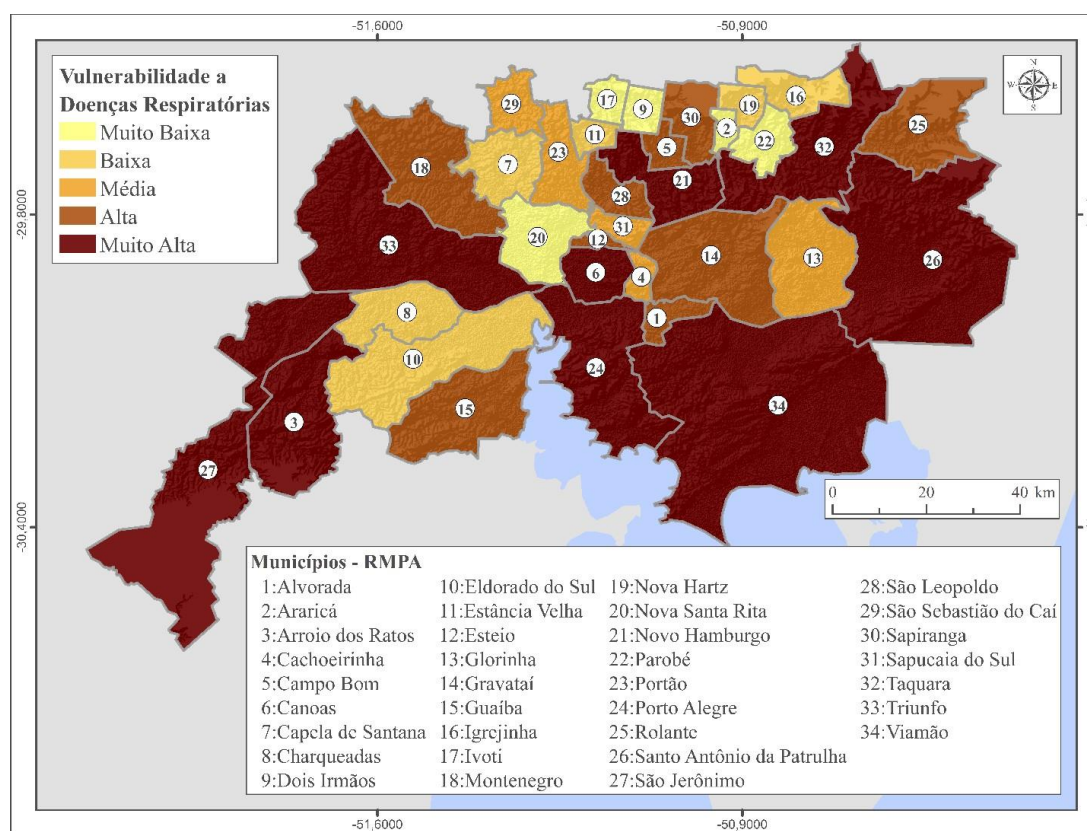


Fonte: elaborado pelo autor.

A análise individual das variáveis mostra que alguns municípios se destacaram na classe 5 (Muito Alta). Para as variáveis relacionadas a População: pessoas de 0 a 10 Anos, figura 2A, os municípios de Montenegro, Nova Hartz, Viamão e Alvorada; pessoas Acima de 60 anos, figura 2B, Porto Alegre, São Jerônimo, Arroio dos Ratos, Santo Antônio da Patrulha e Glorinha. Para as variáveis relacionadas a Doenças Respiratórias: Registro de Internações, figura 2C, Porto Alegre, Canoas e Campo Bom; Registro de Óbitos, figura 2D, São Jerônimo, Arroio dos Ratos, Triunfo, Montenegro, Canoas, Viamão e Santo Antônio da Patrulha. Para as variáveis relacionadas ao Registro de Veículos, figura 2E, somente Porto Alegre é classe 5. Em Registro de Indústrias, figura 2F, Viamão, Gravataí, Cachoeirinha e Estância Velha.

As classes de vulnerabilidade a doenças respiratórias, figura 3, resultaram da sobreposição ponderada a partir das classes e influências, com intervalo definido pelo método de quebras naturais.

Figura 3 - Mapa de vulnerabilidade a doenças respiratórias, entre 2001 e 2017.



Fonte: elaborado pelo autor.

No mapa de classes de vulnerabilidade a doenças respiratórias, os municípios da RMPA foram classificados nas seguintes classes:

Classe 1 (Muito Baixa): Nova Santa Rita, Dois Irmãos, Araricá, Parobé e Ivoti;

Classe 2 (Baixa): Charqueadas, Eldorado do Sul, Capela Santana, Estância Velha, Nova Hartz e Igrejinha;

Classe 3 (Média): Cachoeirinha, Sapucaia do Sul, Glorinha, Portão, São Sebastião do Caí;

Classe 4 (Alta): Guaíba, Montenegro, São Leopoldo, Campo Bom, Sapiranga, Rolante, Alvorada e Gravataí;

Classe 5 (Muito Alta): Porto Alegre, Viamão, Canoas, São Jerônimo, Arroio dos Ratos, Triunfo, Santo Antônio da Patrulha, Taquara e Novo Hamburgo.

4. DISCUSSÕES

Variáveis Utilizadas no Estudo

Na área da saúde, no âmbito das doenças respiratórias, as faixas etárias entre 0 e 18 anos compõem grupos vulneráveis classificados como crianças, e acima de 60 anos grupos vulneráveis classificados como idosos (DAPPER et al., 2016). Crianças até 9 anos tem a saúde prejudicada facilmente devido às mudanças na qualidade do ar a que são expostas (MACHIN; NASCIMENTO, 2018). Segundo Matos et al. (2019) o incremento nos níveis de concentração dos poluentes atmosféricos aumenta o risco de atendimento em emergência por doenças respiratórias.

Mesmo dentro dos limites estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde, os poluentes estão associados ao maior risco para atendimento por doenças respiratórias em crianças de 0 a 6 anos. Pessoas acima de 60 anos são ainda mais vulneráveis do que crianças até 9 anos (CASTRO; GOUVEIA; ESCAMILLA-CEJUDO, 2003; ARBEX et al., 2012; FREITAS et al., 2013; DAPPER; SPOHR; ZANINI, 2016).

A espacialização do número de internações hospitalares contribui para a análise das populações mais vulneráveis a doenças respiratórias. Quando ocorre maior frequência de internações com sintomas dessas doenças, problemas relacionados à qualidade do ar podem ser estabelecidos (DAPPER; SPOHR; ZANINI, 2016). Essa relação, entretanto, não é direta (DAPPER; SPOHR; ZANINI, 2016) e deve ser compreendida com ressalvas. Porto Alegre e Canoas são municípios com altas taxas de internações por doenças respiratórias, mesmo

normalizando o número total da população por município. Entretanto, Réquia; Roig (2016) sugerem, em relação ao processo de normalização dos dados, que não é uma regra que em todos os casos haverá uma relação linear entre a população residente e a respectiva área ocupada.

Esses municípios são centros de referência de saúde para internações hospitalares mais complexas, o que pode explicar a classe 5 (Muito Alta). Como a base de dados trata das internações hospitalares, esses registros são somente dos casos mais graves, com entrada em hospitais de um mesmo município. Não necessariamente o paciente é atendido em seu município de residência. Casos mais complexos, que exigem hospitais melhor equipados, recebem pacientes de municípios vizinhos sem infraestrutura hospitalar. No caso da região estudada, isso explica a concentração de municípios que fazem parte do eixo da BR-116, região mais desenvolvida da RMPA, estarem nas classes 3,4 e 5, majoritariamente.

Uma informação que poderia substituir essa variável, caso fosse de acesso público, é o registro das unidades básicas de saúde do bairro. Para ocorrerem internações mais complexas nesses municípios, os pacientes consultam nos postos de saúde ou UPAs de seus municípios de residência. Esse registro é mais fidedigno ao local de exposição ao poluente atmosférico.

Com base nessas limitações, o registro de óbitos por problemas respiratórios contribui de forma mais eficaz do ponto de vista espacial no modelo de sobreposição, diferente do registro de internação hospitalar de onde a pessoa foi internada. Entretanto, os dados de registros de óbitos trazem outro problema, os dados disponíveis são relativos a qualquer problema respiratório, sem necessariamente ter relação com doenças a partir da exposição direta ou indireta a poluentes atmosféricos em sua residência e/ou ambiente de trabalho. Mas esse registro poderia ser refinado, utilizando um banco de dados que contenha a ficha completa da perícia após a morte e o histórico dos pacientes.

Para avaliar a relação espacial entre poluição do ar e saúde em áreas urbanas, quando há limitações na disponibilidade de dados, Réquia; Roig (2016) propuseram um método baseado em procedimentos orientado a objetos, para integrar um banco de dados geográficos, considerando dados de internações e inventário de poluição do ar, e obtiveram uma relação significativa ($p < 0,05$) entre poluição e saúde.

Em relação às fontes de poluição, Dapper et al. (2016) e Castro et al. (2003) abordaram as fontes de poluição fixas e móveis como critérios para estudos sobre doenças

respiratórias. Fontes de poluição fixas, como indústrias, e móveis, como veículos automotores, indicam locais onde as populações ficam mais vulneráveis a doenças respiratórias. Teixeira et al. (2008) e Chovert (2016) analisaram as fontes de poluição móveis e seus impactos na qualidade do ar na RMPA, e mostraram que a população em grandes centros urbanos está constantemente exposta, com variações no tempo e na quantidade. Ribeiro et al. (2019) sugerem que há associação entre residir em áreas com alta densidade de tráfego e internações por câncer do aparelho respiratório.

O impacto na qualidade do ar oriundos das emissões de gases por veículos automotores por município, entretanto, foi considerado como critério indireto para o contágio de doenças respiratórias. Isso, entretanto, não significa dizer que o número de automóveis tenha menor importância que outras variáveis no modelo. Ferreira; Oliveira (2016), ao modelarem a estimativa de emissões veiculares de CO e NOx, mostraram relação entre o fluxo de veículos automotores e a emissão. Na relação entre os dados estimados e o índice de qualidade do ar, evidenciaram um agravamento da qualidade do ar em vias mais estreitas e com alto fluxo de automóveis.

Entretanto, ainda faltam estudos na área da saúde que abordem a importância dessas variáveis. Segundo o IPEA (2011), ainda há deficiências nas políticas públicas no que diz respeito a amenizar problemas ambientais relacionados ao trânsito urbano. Essas políticas se limitam a restringir o controle das emissões dos veículos, à mistura de bicomcombustíveis aos combustíveis fósseis e à melhora da qualidade do diesel e da gasolina.

A concentração de indústrias e a quantidade constante de poluentes influenciam diretamente na qualidade do ar local e podem ser utilizadas como indicadores para o modelo de sobreposição. De acordo com Campos (2019), as neoplasias do sistema respiratório podem ser consideradas como tipos de agravos capazes de operarem como marcadores de saúde importantes dos impactos da poluição do ar e, por conseguinte, das atividades industriais nas condições de vida das pessoas. Bordin et al. (2017) destacam enfermidades relacionadas ao aparelho respiratório agravadas pela existência de um complexo industrial próximo a bairros residenciais, consequentemente com material particulado na atmosfera em contato com a população. Os autores destacam ainda que a ausência de espaços públicos e áreas verdes piora a situação.

Saldanha (2005) e Tissot (2010) destacam que o exame das fontes de poluição fixa na RMPA, se essas fossem monitoradas por estações de qualidade do ar, poderia

evidenciar comportamentos prejudiciais à saúde das populações no seu entorno, devido aos poluentes concentrados em condições do tempo com sistemas pré-frontais e pós-frontais, caracterizados pela baixa umidade do ar e fraca intensidade dos ventos.

Essa variável poderia ser mais bem ponderada no modelo, se, junto do registro das indústrias, houvesse o registro da quantidade de poluentes emitidos ou a média das emissões de cada indústria. Além da localização da indústria, poderia ser quantificado o que cada uma emite naquela região e melhor avaliação dos impactos na qualidade do ar e, conseqüentemente, da saúde da população.

Modelos de Análise Espacial na Área da Saúde

A localização espacial dos eventos em saúde a partir de SIG tem se tornando mais frequentes na literatura da área de saúde pública (CARVALHO e SOUZA-SANTOS, 2005). Modelos de análise espacial na área da saúde podem ser utilizados como ferramentas de gestão e análise como, por exemplo, organizar e espacializar informações sobre a população local atendida.

Em pesquisa descritiva e operacional em uma Unidade Básica de Saúde (UBS), Muller et al. (2010) espacializaram informações de pacientes na área de atuação das Equipes de Saúde da Família. Ao geocodificar as informações, ou seja, atribuir uma localização espacial ao conjunto de informações da UBS de cada paciente, os pesquisadores possibilitaram uma melhor compreensão do território de atuação e, conseqüentemente, diversas correlações espaciais que tornaram possível adaptar as estratégias que vinham sendo utilizadas.

Utilizando sobreposição ponderada como método de modelagem estatística espacial, Cunha et al. (2011) e Lourenço et al. (2015) definiram, a partir de referenciais teóricos, as influências e pesos de cada variável e sua importância em modelos estatísticos. Mas há diferenças importantes nas metodologias empregadas. Destaca-se, entretanto que enquanto nesses trabalhos foram utilizadas, em sua maioria, variáveis físicas e ambientais, na área da saúde predominam variáveis socioeconômicas e de caráter comportamental para determinar as influências e pesos das variáveis além de outros trabalhos na área da saúde.

Na análise da dinâmica espacial, o uso de modelos espaciais estatísticos pode auxiliar no monitoramento de áreas com maior probabilidade de contágio a partir da correlação das variáveis envolvidas. Utilizando um modelo ecológico, Ribeiro et al. (2019)

avaliaram a relação entre o número de internações por câncer do aparelho respiratório em cada área de ponderação e as covariáveis padronizadas: densidade de tráfego e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) como indicador de status socioeconômico.

Técnicas de agrupamento podem ser utilizadas para identificar áreas de maior contágio de doenças e locais de possíveis surtos. Técnicas de agrupamento, como o Índice de Moran, além de agrupar os valores mais altos, utilizam estatística zonal para identificar valores intermediários próximos dos valores mais altos. Na área da saúde, isso pode indicar áreas onde há tendência de aumento de casos. No caso de análise de surtos, poderia fornecer a direção para onde o surto da doença está se alastrando.

O uso de ferramentas para análises de vulnerabilidade da população em relação a doenças respiratórias, utilizando cruzamento de variáveis socioeconômicas e ambientais a partir do Índice de Moran e análises de padrões temporais de agrupamento espacial, permite identificar áreas onde os recursos de assistência à saúde devem ser locados. Para Carvalho e Souza-Santos (2005) os problemas não estão na técnica, mas nas dificuldades encontradas na construção de indicadores, matrizes de vizinhança e interface entre pacotes estatísticos e SIG.

5. CONCLUSÕES

Os municípios de Arroio dos Ratos, Santo Antônio da Patrulha, Triunfo e São Jerônimo, foram incluídos na classe mais alta de vulnerabilidade a doenças respiratórias. Essa classificação está relacionada ao elevado número de mortes por essas doenças nesses municípios e a elevada população nas faixas etárias consideradas vulneráveis.

Destacamos, entretanto, alguns limites a serem considerados na análise desse trabalho. A escala espacial utilizada, em nível municipal, generaliza muitas informações que deveriam ser contextualizadas em escalas de maior detalhe, como bairros ou mesmo setores censitários. A base de dados utilizada é de acesso público, e em alguns casos está desatualizada e/ou os dados não foram refinados. Além disso, a inexistência de trabalhos que utilizaram metodologias semelhantes também é limitante, e não permite comparar os resultados de forma direta.

São necessárias mais pesquisas nessa temática, abordando os critérios na escolha das variáveis relacionadas ao contágio de doenças respiratórias nas populações vulneráveis. A análise espacial para definir indicadores de vulnerabilidade pode ser utilizada e avaliada como

um avanço no conhecimento científico para melhorar a gestão na área da saúde e diminuir as mortes evitáveis por determinados tipos de doenças.

Apesar das limitações apresentadas nesse estudo, reforçamos a importância da ampliar na área da saúde o uso de técnicas de análise espacial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARBEX, M. A. et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. **J Bras Pneumol**, [s. l.], v. 38, n. 5, p. 643–655, 2012. Disponível em: <<http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/40293/S1806-37132012000500015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

BAQUERO, O. S.; MACHADO, G. Spatiotemporal dynamics and risk factors for human Leptospirosis in Brazil. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 1-14, 2018.

BENÍTEZ, D. J. R. **Vulnerabilidade Social e ocorrência de doenças gastrointestinais associadas com inundações no Município de São Paulo**. 2015. Universidade de São Paulo, [s. l.], 2015.

BIERQUE, E. et al. A systematic review of *Leptospira* in water and soil environments. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 1-22, 2020.

BORDIN, R. L.; SOUZA, E. B.; SILVA, R. A.; PEREHOUSKEI, N. A. Análise espacial com foco na poluição atmosférica e suas consequências na saúde respiratória em Rondonópolis, Mato Grosso. **Biodiversidade**, v. 16, n. 2, p. 98-111, 2017.

CAMPOS, J. M. **Poluição industrial e saúde humana: limitações e potencialidade do uso de bancos de dados públicos em pesquisas empíricas**. Dissertação. 2019. Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde, Programa de Pós-Graduação em Informação e Comunicação em Saúde. Rio de Janeiro, 2019.

CARVALHO, M. S.; SOUZA-SANTOS, R. S. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas. **Cad. Saúde Pública**, 21(2), p. 361-378, 2005.

CASTRO, A. H.; SILVA, G. M.; ARAÚJO, R. S. Qualidade Do Ar - Parâmetros De Controle E Efeitos Na Saúde Humana: Uma Breve Revisão. **Holos**, [s. l.], v. 5, p. 107, 2013.

CASTRO, H. A. De; GOUVEIA, N.; ESCAMILLA-CEJUDO, J. A. Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 135-149, 2003.

COSTA, E. T.; MARDINI, L.; BARRETO, S. Instrumento De Identificação De Município De Risco - Iimr / 2017. Porto Alegre, p. 19, 2017.

CUNHA, R. C. Da et al. Utilizando Inferência Inferência Fuzzy Fuzzy E E Zoneamento Das Estudo Do Do Caso Hidrográfica Hidrográfica Do Do Ribeirão Ribeirão Do Do Feijão , Feijão , São Carlos -. **Geociências**, [s. l.], v. 30, p. 399–414, 2011.

CUNHA, R. M. P. Da. **Estudo do Transporte de Poluentes na Região do Polo Petroquímico, localizado em Triunfo - RS**. Dissertação. 2002. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2002.

DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R. R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: Uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estudos Avancados**, [s. l.], v. 30, n. 86, p. 83–97, 2016.

FERREIRA, C. C.; OLIVEIRA, D. E. Estimativa da poluição veicular e qualidade do ar nas principais vias do sistema viário da região central da cidade de Juiz de Fora - MG. **Revista do Departamento de Geografia**, Volume Especial, p. 98-114, 2016.

FREITAS, C. U. De et al. Poluição do ar em cidades brasileiras: selecionando indicadores de impacto na saúde para fins de vigilância. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 445–454, 2013. Disponível em: <http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742013000300009&lng=en&nrm=iso&tlng=en>

GALVÃO, J. B. F. Poluição do AR Poluição do AR. [s. l.], 2011.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros, Carvalho, C. H. R. Texto para Discussão 1606. **IPEA**, 2011. 46p.

JENKS, G. F.; Et.al.. Error on Choropleth Maps: Definition, Measurement, Reduction. **Annals of the Association of American Geographers**, [s. l.], v. 61, n. 2, p. 217–244, 1971.

LOURENÇO, R. W. et al. METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DE ÁREAS APTAS À INSTALAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS CONSORCIADOS UTILIZANDO SIG. **Ciência e Natura**, [s. l.], v. 37, n. 3, 2015. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaenatura/article/view/15973>>

LOURENÇO, R. W.; LANDIM, P. M. B. Mapeamento de áreas de risco à saúde pública por meio de métodos geoestatísticos. **Cadernos de Saúde Pública**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 150–160, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2005000100017&lng=pt&tlng=pt>

LUENAM, A.; PUTTANAPONG, N. Spatial and statistical analysis of leptospirosis in Thailand from 2013 to 2015. **Geospatial Health**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 121–127, 2019. Disponível em: <<https://www.geospatialhealth.net/index.php/gh/article/view/739>>

MATOS, E. P.; REISEN, V. A.; SERPA, F. S.; PREZOTTI FILHO, P. R.; LEITE, M. F. S. Análise espaço-temporal do efeito da poluição do ar na saúde de crianças. **Cad. Saúde Pública**, 35(10):e00145418, 2019.

METROPLAN. **Municípios da RMPA, RMSG e Aglomerações Urbanas**. 2019. Disponível em: <http://www.metroplan.rs.gov.br/conteudo/1242/?Municípios_da_RMPA%2C_RMSG_e_Aglomerações_Urbanas>. Acesso em: 10 out. 2019.

MULLER, E. P. L.; CUBAS, M. R.; BASTOS, L. C. Georreferenciamento como instrumento de gestão em unidade de saúde da família. **Revista Brasileira de Enfermagem**, [s. l.], v. 63, n. 6, p. 978–982, 2010. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=267019463017%0AComo>>

OLIVEIRA, E. X. G. De; CARVALHO, M. S.; TRAVASSOS, C. Territórios do Sistema Único de Saúde: mapeamento das redes de atenção hospitalar. **Cadernos de Saúde Pública**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 386–402, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2004000200006&lng=pt&tlng=pt>

RAMOS, A. P. M. et al. Avaliação qualitativa e quantitativa de métodos de classificação de dados para o mapeamento coroplético. **Revista Brasileira de Cartografia**, [s. l.], v. 68, n. 3, p. 609–629, 2016.

RÉQUIA, W. J.; ROIG, H. L. Avaliação espacial entre poluição do ar e saúde em áreas com limitação de dados. **Bol. Ciênc. Geod.**, v. 22, n. 4, p.807-812, 2016.

RIBEIRO, A. G.; BAQUERO, O. S.; ALMEIDA, S. L.; FREITAS, C. U.; CARDOSO, M. R. A.; NARDOCCI, A C. Influência da densidade de tráfego veicular na internação por câncer do aparelho respiratório no Município de São Paulo, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, 35(1), e00128518, 2019.

SALDANHA, C. B. **UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE E MODELAGEM NUMÉRICA PARA O ESTUDO DA DISPERSÃO DE POLUENTES NAS USINAS TERMOELÉTRICAS DE CHARQUEADAS E SÃO JERÔNIMO**. 2005. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2005.

SANTOS, S. M.; BARCELLOS, C. **Abordagens Espaciais na Saúde Pública**. Brasília - DF: Ministério da Saúde, 2006.

TISSOT, R. C. M. **ESTUDO DA DISPERSÃO DE MATERIAL PARTICULADO (PTS), EMITIDO PELA USINA TERMELÉTRICA DE CHARQUEADAS**. 2010. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2010.

ABSTRACT

Respiratory diseases related to air pollution are one of the main health problems for large urban centers across the world. They affect the body, causing health problems as the accumulation of pollutants gets worse, and it is the respiratory system which is most badly affected. This work proposes a definition for an index of vulnerability to contracting respiratory illness in the Metropolitan Region of Porto Alegre (RMPA). Its variables are: people in age groups 0 to 9 years old and those above 60, hospital admission records for respiratory illness, records of deaths, numbers of registered vehicles and registered industries, all on a municipal level. Using a GIS model, a weighted spatial analysis overlay was applied, with weighted attributes and influence values assigned to each variable. The results show that the municipalities with the highest index of vulnerability to contracting respiratory illnesses were Arroio dos Ratos, Santo Antônio da Patrulha, Triunfo and São Jerônimo.

Keywords: SIG, air pollution, vulnerability, health problems, Metropolitan Region of Porto Alegre

Recebido: 03/02/21

Aceito: 25/03/22

