

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E O RISCO DE EXACERBAÇÃO DA ASMA

CLIMATE CONDITIONS AND ASTHMA RISK EXACERBATION

**Amaury de Souza¹, Débora Aparecida da Silva Santos²
Alexandra Zampieri Kofanovski³, Elvira Kovač-Andrić⁴**

RESUMO

Objetivo: Foi investigada a associação entre diferenças horárias da poluição do ar e exacerbação da asma em Campo Grande, usando dados relacionados com internações por asma e verificada a sazonalidade e status socioeconômico com uma resolução temporal horária. **Metodologia:** Foi aplicado caso de cruzamento estratificada ajustado para o tempo; o atraso foi estratificado com 1 e 6, 7 e 12, 13 e 18, 19 e 24, 25 e 48, e 49 e 72 hs; (95% intervalo de confiança), o aumento do intervalo interquartil foi após 19 e 24 para O₃. **Resultados:** O efeito foi de lag 25 e 48 h no inverno para o ozônio (O₃). Os efeitos para o O₃ foram para a idade de baixo estatus socioeconômico modificado em lag 7e12 h (1,252 (1.04 e 1.51)). O O₃ aumentou o risco de exacerbação da asma. Níveis mais altos de O₃ foram associados com risco aumentado de exposição das exacerbações da asma. **Conclusão:** Os efeitos adversos da estação do ano do O₃ foram modificados por idade. Os resultados indicam que a política de saúde no município deve se concentrar nas populações vulneráveis, como portadores de asma.

Descritores: Poluição do Ar; Asma; Risco.

ABSTRACT

Objective: We investigated the association between time differences of air pollution and exacerbation of asthma in Campo Grande, MS, using data related hospitalizations for asthma and verified seasonality and socioeconomic status with an hourly temporal resolution. **Methodology:** Stratified cross case was applied to set the time. It was laminated with the delay 1 and 6, 7, 12, 13, 18, 19 and 24, 25 and 48, and 49 and 72 h. Odds ratio (95% confidence interval), the interquartile range was increased after 19 and 24 h to O₃. **Results:** The effect was lag 25 and 48 h in winter for ozone (O₃). The effects for O₃ were to the age of low socioeconomic status modified lag 7e12 h (1,252 (1:04 and 1:51)). The O₃ increased the risk of asthma exacerbations. Higher levels of O₃ were associated with increased risk of exposure of asthma exacerbations. **Conclusions:** The adverse effects of O₃ of the season were modified by age. The results indicate that health policy in the municipality should focus on vulnerable populations, such as people with asthma.

Descriptors: Air Pollution; Asthma; Risk.

¹ Doutor em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, MS, Brasil.

² Doutora em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, PB, Brasil.

³ Mestre em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, MS, Brasil.

⁴ PhD em Química da Atmosfera pela University of Osijek, Osijek, Croácia.

Introdução

As principais mudanças mundiais são as que envolvem o ambiente e o clima, incluindo o aquecimento global induzido por fatores antropogênicos, com impacto sobre a biosfera e o ambiente humano. Estudos sobre os efeitos das mudanças climáticas sobre a alergia respiratória ainda faltam e o conhecimento atual é fornecido por estudos epidemiológicos e experimentais sobre a relação entre doenças alérgicas respiratórias, asma e fatores ambientais, como variáveis meteorológicas, alérgenos e poluição do ar. Estudos têm demonstrado que a urbanização, altos níveis de emissões de poluentes por veículos e estilo de vida ocidentalizado estão correlacionadas com um aumento da frequência de alergia respiratória, principalmente em pessoas que vivem em áreas urbanas em comparação com as pessoas que vivem em áreas rurais.

Pesquisas sugerem um caminho complexo etiológico para a asma¹⁻⁵. A poluição do ar é um dos fatores ambientais que podem estar envolvidos na patogênese da doença, mas os efeitos dos poluentes sobre a saúde parecem de acordo com variações dependentes da concentração no tempo, do tamanho de partícula e da natureza dos poluentes^{6,7}.

Entre os diversos poluentes do ar, tem-se o ozônio (O_3) que varia muito durante o dia. Este é formado através de reações químicas e a forte luz solar acelera essa reação. Devido a isto, sua concentração tende a ser elevada durante o dia, a primavera ou o verão. No entanto, os efeitos sazonais na saúde do O_3 não estão claramente entendidos, como alguns estudos sugerem que os efeitos de O_3 são maiores em tempo frio do que no tempo quente^{8,9}, enquanto que outros estudos têm demonstrado efeito sinérgico de alta temperatura e os níveis de O_3 nos meses de verão¹⁰.

O ozônio é o componente da poluição do ar que tem recebido mais atenção como um indutor da inflamação brônquica¹¹⁻¹⁵. Este agente é gerado ao nível do solo por meio de reações fotoquímicas entre dióxido de azoto, hidrocarbonetos e radiação ultravioleta. A inalação do ozônio induz danos epiteliais e consequentes respostas inflamatórias nas vias aéreas superiores e inferiores¹²⁻¹⁹. Níveis elevados de ozônio parecem estar ligados a asma e seus sintomas semelhantes, tanto a curto prazo e a longo prazo. A longo prazo, a exposição contínua a níveis elevados de ozônio prejudicam a função respiratória^{14, 15, 18} e a inflamação das vias aéreas em asmáticos atópicos. Além disso, poderia haver uma interação entre a poluição e fatores climáticos, de modo que um clima particular poderia provocar um efeito da poluição sobre a saúde^{13, 17}.

Uma possível explicação para a associação entre a prevalência de asma e zonas climáticas mais amenas poderia ser a concentração de ozônio na atmosfera; ozônio é conhecido para atingir os níveis mais elevados a temperaturas mais elevadas.

A maioria dos estudos investigaram a associação entre poluentes atmosféricos e seus efeitos na saúde em uma escala de tempo diária, mas raramente a uma resolução temporal mais fina.

O presente estudo objetivou quantificar o efeito de aumentos nos níveis de O_3 em exacerbações de asma em um curto espaço de tempo e avaliar as exacerbações da asma e os dados de hora em hora sobre as concentrações ambientes de poluentes atmosféricos coletados. Foram analisados também o efeito das estações e características demográficas sobre a associação entre níveis de ozônio e exacerbações da asma após o ajuste para variáveis meteorológicas.

Metodologia

População do estudo

Este estudo foi realizado entre 1 de Janeiro de 2006 a 31 de dezembro de 2013, em Campo Grande Os dados de internações hospitalares por causas respiratórias segundo local de residência foram obtidos nos bancos de dados informatizados do Ministério da Saúde, através das Autorizações de Internações Hospitalares (AIH) do Sistema Único de Saúde (SUS).

Os dados secundários de fonte oficial, neste estudo foram respeitados todos os aspectos éticos de pesquisa com seres humanos, de acordo com a Resolução nº 466/2012¹⁹.

Dados de Ozônio de Superfície

Registros diários da concentração de O_3 presentes na atmosfera durante o estudo foram cedidos pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), em cujo Campus localiza-se a estação de monitorização. As medidas de O_3 são feitas através de coleta de amostras de ar que são aspiradas sobre o solo através de um tubo, por uma bomba de ar e através de uma válvula solenoide. Essa amostra é levada para a célula de absorção. A amostra de ar uma vez passa pelo

conversor catalítico, outra vez pela célula de absorção diretamente. O conversor catalítico funciona como um destruidor de ozônio, transformando-o rapidamente em oxigênio (O_2).

Com este procedimento tem-se ora medidas com ozônio, ora sem ozônio, o que serve para localizar o zero absoluto do aparelho. A luz ultravioleta (UV) gerada pela lâmpada de mercúrio incide na célula de absorção que contém ozônio. A intensidade da luz é atenuada proporcionalmente à concentração de ozônio, sendo esta medida pelo detector principal. Este contém um fotodiodo que transforma o sinal ótico em eletrônico, que por sua vez é detectado por um eletrômetro, sendo transformado em pulsos. A frequência ou taxa de pulsos é proporcional a corrente de entrada, e, portanto, proporcional à intensidade de luz, podendo ser usadas diretamente para as medidas.

As concentrações medidas pelo aparelho são dadas em partes por milhão (ppm). Os valores medidos pelo analisador são mostrados em um display e registrados em um computador podendo ser armazenados ou impressos. Para se produzir uma medida da concentração de ozônio, o seguinte ciclo é realizado: a) O gás passa através de um ciclo seletivo de O_3 , em uma câmara ventilada (3 segundos); b) A medida de i_0 é feita através de um detector de medida de UV, usando uma medida de UV como referência. Passando para uma válvula como solenóide; c) O gás passa diretamente para uma câmara de medida, onde permanece mais 3 segundos; d) A medida de i é feita através da medida de UV, comparando com o UV de referência. Um ciclo completo dura aproximadamente dez segundos.

Variáveis meteorológicas

Dados meteorológicos, incluindo temperaturas horárias médias ($^{\circ}C$), umidade relativa do ar (%) foram obtidos a partir do Centro de Monitoramento de Clima e Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul - CEMTEC e registrados como médias para 1 e 24 h para um único dia. Chuva num determinado dia foi expresso como uma variável binária, com precipitação > 0 mm foram identificados como dias de chuva.

Análises de sensibilidade

Explorou-se as janelas de tempo das 6 h, 12 h e 24 h. Todas as três janelas de tempo mostraram consistência comparável para o tamanho do efeito da defasagem do ozônio. O efeito do ozônio sobre as internações foi avaliado por meio de modelos de poluente individual para confirmar a coerência.

Como pode haver um comportamento de defasagem para os efeitos do poluente, ou seja, a internação ocorrer tanto no mesmo hora (lag 0) como também em horas posteriores (lag 1, lag 2, ...), fez-se um modelo de defasagem (lag) de 1 a 6; 7 a 12; 13 a 18; 19 a 24; 25 a 48 e 49 a 72 horas o poluente em estudo.

A estimativa do risco para internações por asma em decorrência da exposição ao poluentes foi feita com o uso do modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson. Para isso, os poluentes atmosféricos foram sempre analisados em conjunto em modelo unipolvente, ajustado por umidade e temperatura mínima, e controlados por dia da semana e sazonalidade.

Análise estatística

Os dados de temperatura e de umidade relativa do ar foram fornecidos pelo Centro de Monitoramento de Recursos Hídricos e Clima do Mato Grosso do Sul - CEMTEC_MS e, a partir deles, foi calculada a temperatura aparente, que é função da temperatura e umidade. A temperatura aparente considera a experiência fisiológica da exposição combinada da umidade e temperatura e permite avaliar com maior eficiência a resposta dessas variáveis sobre a saúde do indivíduo²⁰.

Variáveis relacionadas a temperatura aparente, sazonalidade e efeitos de calendário (dia da semana) foram incluídas para ajustar o modelo.

Para avaliar as possíveis correlações entre as internações e os níveis de ozônio usou-se o teste coeficiente de correlação de Spearman. Como os efeitos da exposição aos poluentes ambientais podem acarretar internação no mesmo dia ou em dias posteriores, foram investigados os efeitos no aparelho respiratório no dia da internação (lag 0) e também nos horários subsequentes lag (1 e 6 h, 7 e 12 h, 13 e 18 h, 19 e 24 h, 25 e 48 h, 49 e 72 h). Usou-se o modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson, pois o desfecho é uma variável quantitativa discreta. Os resultados do risco de internação se referem à exposição ao ozônio ajustado por temperatura aparente, sazonalidade e dia da semana²¹.

Resultados e Discussões

Características gerais

As características dos pacientes que tiveram atendimentos por asma durante o período do estudo foram analisados (Tabela 1). Um total de 13.272 atendimentos por asma foram internados, destes, 7.180 (54,1%) foram internações masculinas e 5.680 (42,8%) internações para pacientes com idade <4 anos. A média do número de internações por asma variou por temporada, variando de 109 (7%) no verão, 116 (9,42%) no outono, 132 (9,51) no inverno e 152 (8,42%). A duração média geral entre o início dos ataques de asma e a internação levou um tempo de 181 min.

Tabela 1- Características demográficas das internações hospitalares relacionados com asma em Campo Grande, MS, 2006 e 2013.

Variáveis	Categoria	N(%)	Interquartil 3
Total		13272(100)	-
Gênero	Homem	7190(54,1)	-
	Mulher	6082(45,9)	-
Idade	0-4	6370(48)	-
	5-60	3583(27)	-
	>60	3318(25)	-
Estatus socioeconômico SES	Alto	11945(90)	-
	baixo	1327(10)	-
Estações do ano	verão	104(6,3)	-
	outono	166(9,9)	-
	inverno	161(9,7)	-
	primavera	122(7,4)	-
Duração em minutos ^a	total	-	181.0 (66.0 e 372.0)
	verão	-	162.0 (62.0 e 354.0)
	outono	-	164.0 (64.0 e 357.0)
	inverno	-	184.0 (71.5 e 403.5)
	primavera	-	180.0 (66.0 e 381.0)

^aA duração foi calculada como a diferença entre o início dos ataque de asma e tempo de internação e é apresentado como mediana (valores 1º quartil e 3º quartil), enquanto outras variáveis são apresentados como número e porcentagem (%).

Exposições ambientais

A distribuição dos níveis de exposição ambiental médias horárias durante o período de estudo foi analisado (Tabela 2). A centralização horária com (média, 25 th e 75th quartil) do ozônio, para o período de estudo global e em qualquer época do ano e foi mais alto durante o inverno (19,16 ppb) e menor durante o outono (15, 16 ppb). As correlações de níveis horários entre as diferentes variáveis mostraram que a temperatura tinha uma correlação negativa significativa com concentrações ozônio (Tabela 3).

Tabela 2 - Análise descritiva das variáveis estudadas para a asma

Variável	Média	Desvio padrão	Coef Var	1 quartil	Mediana	3 quartil
ASMA	162,28	44,73	27,57	125,75	158,50	188,25
T.med	23,56	2,04	8,65	22,39	24,24	25,13
T.max	29,95	1,91	6,39	28,89	30,29	31,37
T.min	18,80	2,39	12,69	16,51	19,23	20,56
U.med	66,65	9,94	14,92	59,92	68,32	74,03
U.max	82,80	10,01	12,08	79,53	84,56	90,40
U.min	44,87	12,05	26,85	37,90	46,21	49,81
prec	117,90	83,70	70,97	55,90	98,90	186,00
veloc	5,89	0,74	12,55	5,29	5,63	6,52
Ozônio	35,04	17,49	25,48	12,95	16,43	20,73

Tabela 3 - Coeficiente de correlação de Spearman entre as horas das variáveis ambientais

ASMA	T.inst	T.max	T.min	U.inst	U.max	U.min	chuva	veloc m/s	ozônio
Coeficiente de Spearman (rs)=	-0,647	-0,533	-0,7112	-0,4627	-0,5047	-0,3839	-0,62	0,3214	0,0586
t =	-4,9473	-3,6731	-5,8985	-3,043	-3,4089	-2,4243	-4,608	1,9791	0,3422
(p)=	< 0,0001	0,0008	< 0,0001	0,0045	0,0017	0,0207	< 0,0001	0,0559	0,7343

Associação entre os níveis de poluição do ar e crises de asma

No modelo de poluente único (Tabela 4), os níveis de O₃ foram associados com um aumento no risco de internações relacionadas com a asma para os que se deslocam nos períodos médios de atraso de 19 e 24, 25 e 48, ou 49 e 72 horas antes da exacerbação da asma com odds ratio de 1,101 (IC 95%; 1.041e1.161), 1,091 (1.011e1.171), e 1,121 (1.041e1.211), respectivamente.

Tabela 4 - Estimativa dos riscos relativos para os efeitos dos lags (defasagens) no ozônio, usando o número de internações por asma

	Média móvel, lag (hs)	RR com IC 95%
Ozônio	1-6	1.031 (0.971 e 1.081)
	7-12	1.041 (0.981 e 1.101)
	13-18	1.061 (1.001 e 1.111)
	19-24	1.101 (1.041 e 1.161)
	25-48	1.091 (1.011 e 1.171)
	49-72	1.121 (1.041 e 1.211)

Efeito do ozônio por estação do ano

Foram encontrados efeitos específicos da estação do ano nas internações relacionadas com a asma para O₃ (Tabela 5). O efeito do O₃ variou por estação e mostrou uma associação positiva na primavera (1,111 (1.021e1.221)) e

no verão (1,091 (1.002e1.181)), tanto no 19 e 24 h lag (defasagem), e maior associação no inverno em lag (defasagem) 25 e 48 h (1,252 (1.031 e 1.511)).

Tabela 5 - Média móvel e riscos relativos para o ozônio na internações por asma em função das estações do ano

		Verão	Outono	Inverno	Primavera
	Média	IC 95%	IC 95%	IC 95%	IC 95%
movel, lag (hs)	RR com IC 95%	RR com IC 95%	RR com IC 95%	RR com IC 95%	RR com IC 95%
Ozônio	1-6	1.031 (0.942 e 1.112)	1.021(0.911e1.142)	0.992(0.851e1.161)	1.061(0.971e1.161)
	7-12	1.021(0.941 e 1.121)	1.001(0.891e1.132)	1.061(0.911 e1.251)	1.061(0.971e1.161)
	13-18	1.041 (0.951 e 1.142)	1.032(0.921e1.161)	1.123(0.961 e1.311)	1.051(0.971e1.161))
	19-24	1.091 (1.002 e 1.181)	1.061(0.951e1.192)	1.142(0.971 e1.341)	1.111(1.021e1.221)
	25-48	1.081 (0.963 e 1.231)	1.142(0.971e1.353)	1.252(1.031 e1.511)	1.001(0.881e1.141)
	49-72	1.141 (1.011 e 1.291)	1.113(0.941e1.312)	1.091(0.901e1.331)	1.131(1.001e1.281)

Neste estudo, foram comparadas as variações do dia-a-dia e de hora em hora dos parâmetros climáticos e as variações do dia-a-dia de hospitalizações por asma e estimou os efeitos de curto prazo dos parâmetros climáticos e faixa de temperatura diurna (DTR) sobre a asma. Encontrou-se os efeitos adversos significativamente agudos de DTR em admissões por asma. As associações entre DTR e asma eram robustos para o ajuste de temperatura absoluta (média ou mínimo) e concentrações de poluição do ar e foram significativamente maiores na estação fria, em crianças e homens. A variação de temperatura dentro de um dia é um novo fator de risco ambiental que pacientes com asma e cuidadores devem estar cientes.

César *et al.*²² estimaram a associação entre exposição ao material particulado fino com as internações por pneumonia e asma em crianças com até 10 anos, em Taubaté e usaram o modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson para estimar o risco relativo, com defasagem de zero até cinco dias após a exposição; o modelo unipolvente foi ajustado pela temperatura aparente, medida definida a partir da temperatura e umidade relativa do ar, sazonalidade e dia da semana. Os valores dos riscos relativos para internações por pneumonia e asma foram significativos para lag 0 (RR=1,051; IC95% 1,016-1,088); lag 2 (RR=1,066; IC95% 1,023-1,113); lag 3 (RR=1,053; IC95% 1,015-1,092); lag 4 (RR=1,043; IC95% 1,004-1,088) e no lag 5 (RR=1,061; IC95% 1,018-1,106). A exposição aos materiais particulados esteve associada às internações por pneumonia e asma em crianças menores de 10 anos, mostrou o papel do material particulado fino na saúde da criança e forneceu subsídios para implantação de medidas preventivas para diminuir esses desfechos.

Veras e Sakae²³ analisaram a faixa etária dos pacientes internados por exacerbação de asma foi abaixo de três anos, com predomínio do sexo masculino e frequência aumentada no inverno. Constatou-se baixo índice de acompanhamento ambulatorial e uso de medicação preventiva. O seguimento preventivo, educação em asma e uso de profilaxia com corticoides inalados devem ser incentivados para diminuir as taxas de hospitalização por asma no Brasil.

Lasmar *et al.*²⁴ verificaram a ocorrência e os fatores de risco associados à hospitalização de um grupo de crianças asmáticas e realizaram o diagnóstico da assistência à saúde desses pacientes, concluindo que foi elevada a ocorrência de hospitalização (62,2%) no grupo estudado. O estudo destaca a relevância epidemiológica da asma da faixa etária dos menores de dois anos, visto que a maioria das crianças teve sua primeira crise e sua primeira hospitalização no primeiro ano de vida. Ao completar o segundo ano de vida, 78,7% já haviam sido hospitalizadas. Da mesma forma, o início da sintomatologia nos primeiros 24 meses de idade foi o maior fator de risco para hospitalização. Os pacientes eram graves e não faziam tratamento preventivo. A gravidade clínica e a inexistência de acompanhamento regular nas unidades

básicas de saúde deslocaram a demanda para serviços de urgência e hospitais. Todos esforços gerenciais deveriam ser feitos para que esses pacientes fiquem vinculados à atenção primária para uma assistência regular e continuada que contemple a dispensação de corticoides inalados. Por essa razão, os centros de saúde deveriam ser a porta de entrada do sistema para o paciente asmático, evitando assim que os serviços de urgência e os hospitais ocupem esse espaço.

Lasmar L *et al.*²⁵ estudaram a importância da primeira admissão hospitalar na readmissão futura em um grupo de crianças e adolescentes asmáticos, concluindo que foi elevada a ocorrência de readmissões hospitalares e que os principais fatores de risco envolvidos foram a gravidade da asma e a idade à primeira admissão. Os dados do estudo apontam para o fato de que, após uma hospitalização por asma, o serviço de atenção básica deve captar essa criança para esclarecimento diagnóstico e iniciar a terapia antiinflamatória nos pacientes com asma persistente, devido aos riscos e aos danos psicossociais dessas frequentes readmissões.

Nesta pesquisa foi investigada a associação entre o risco de exacerbações da asma e níveis de hora em hora de exposição ao O₃ e as modificações desta associação por estação do ano. O poluente do ar O₃, os maiores efeitos adversos foram após defasagens mais longas.

Estudos têm investigado o efeito sobre a saúde da poluição do ar sobre as doenças respiratórias, especialmente asma, com resolução temporal de dias, mas não com uma resolução de horas. Altos níveis de concentração de ozônio foram associados com aumento do risco de exacerbação da asma em estudos que relatam gravações diárias²⁶⁻²⁹. Outros estudos relatam dados com resolução temporal mais fino encontrados suspensos níveis de O₃ associados com risco aumentado de doença respiratória³⁰.

O efeito de aumento dos níveis de O₃ parece ser significativa após um atraso mais longo, especialmente no inverno. Estudos demonstraram uma associação entre a exposição ao O₃ e doenças respiratórias³¹⁻³⁵.

Outra conclusão do estudo foi que o aumento dos níveis de O₃ foram mais fortemente associados e apareceu mais de imediato em pacientes estatus socioeconômico (SES) mais baixos do que em pacientes pertencentes ao estatus socioeconômico (SES) superior. Esta conclusão é corroborada por um estudo realizado em Toronto, Canadá, que informaram que o aumento de internações por asma foram associados com um baixo SES³⁶. Assim, o papel da SES em aumento de internações por asma pode exigir uma investigação mais aprofundada em relação à política de saúde pública.

Este estudo tem algumas limitações. Em primeiro lugar, os dados não continham informações sobre endereços residenciais dos pacientes e o endereço do hospital foi usado como um proxy. Em segundo lugar, não foram incluídos como contagem de fatores de confusão pólen que estão associados com doenças atópicas³⁷⁻³⁹, como a sua associação com exacerbação da asma⁴⁰⁻⁴². No entanto, análise dos efeitos específicos podem abranger implicitamente efeitos de flutuações sazonais nas concentrações de pólen e mofo ambiente.

Em terceiro lugar, o tempo de exacerbação dos sintomas de asma foi relatada por pacientes ou seus cuidadores que os acompanharam na internação. Tal como acontece com os resultados relatados pelo paciente, um viés pode ter sido introduzido na coleta desta informação. No entanto, a análise de sensibilidade realizada para avaliar o intervalo de tempo ideal entre o momento do aparecimento de sintomas de asma e a internação mostrou resultados consistentes para que se deslocassem valores médios da exposição para o tempo de 6 h, 12 h ou 24 h. Portanto, um certo nível de imprecisão deste resultado auto-relatada foi tolerado neste desenho do estudo.

Por último, este estudo foi realizado em uma única cidade, e, portanto, os resultados podem não ser aplicáveis a outras áreas ou cidade alvo. Para entender os efeitos do poluente atmosférico sobre sintomas da exacerbação da asma em mais detalhe, são necessários estudos multi-centro usando uma resolução temporal.

Na análise das variáveis no modelo verificou-se que a temperatura máxima e umidade relativa mínima são as variáveis meteorológicas que melhor explicam as relações causa-efeito de internação por asma na cidade de Campo Grande. Notou-se que em março a umidade relativa mínima explica o aumento das internações, neste caso então já se espera que nesta época do ano a umidade na região comece a diminuir, provocando por sua vez internações dos asmáticos.

Uma provável explicação seria o fato de que vários subperíodos de baixas umidades e altas temperaturas em meio à época chuvosa reforça os sintomas de asma em indivíduos portadores da doença. No que se refere à temperatura máxima, o mês de junho mostrou-se o mais representativo. Apesar de ter sido encontrada uma relação de causa-efeito entre as internações por asma e as variáveis meteorológicas, entende-se que estas variáveis explicam parte das internações. O modelo fica mais bem calibrado com a inserção da variável relacionadas a poluente, ozônio. Esta hipótese tem fundamento devido à cidade possuir um clima seco e propício a queimadas, como também a grande disponibilidade de radiação solar que é um catalisador na fabricação de ozônio troposférico. Níveis mais altos de O₃ foram associados

com risco aumentado de exposição das exacerbações da asma. Os efeitos adversos da estação do ano do O₃ foram modificados por idade. Os resultados indicam que a política de saúde no município deve se concentrar nas populações vulneráveis, como portadores de asma.

Considerações Finais

Dessa forma, foi possível identificar o poluente O₃ associado a internações por asma com defasagem de horas em uma cidade de porte médio, e estas informações poderão ser úteis na implantação de políticas de saúde do município.

Agradecimentos

À Secretaria Municipal /Estadual de Saúde de Campo Grande, MS, nas pessoas de seus gestores, e ao corpo diretivo, à equipe de enfermagem pela ajuda para a elaboração deste trabalho.

Referências

1. Souza, A, Kofanovski, AZ, Sabbah I, Santos DAS. Asthma and Environmental Indicators: a time-series study. *Journal of Allergy & Therapy*. 2016;7:1-7.
2. Souza A, Aristone F, Santos DAS, Lima APS. Impact of changes in meteorological and hospitalizations for asthma. *Espacios (Caracas)*. 2015;36: 3.
3. Reed CE. The natural history of asthma. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2006;118;(3): 543e548 (quiz 549e550).
4. Clougherty JE, Levy JI, Kubzansky LD, Ryan PB, Suglia SF, Canner MJ, Wright RJ. Synergistic effects of traffic-related air pollution and exposure to violence on urban asthma etiology. *Environ. Health Perspect.* 2007;11(8):1140e1146.
5. Su MW, Tsai CH, Tung KY, Hwang BF, Liang PH, Chiang BL, Yang YH, Lee YL. GSTP1 is a hub gene for gene-air pollution interactions on childhood asthma. *Allergy*. 2013; 68(12):1614-1617.
6. Brito F, Gimeno MP, Martinez C, Tobias A, Suarez L, Guerra F, Borja JM, Alonso AM. Air pollution and seasonal asthma during the pollen season. A cohort study in Puertollano and Ciudad Real (Spain). *Allergy*. 2007;62(10):1152e1157.
7. Mohr LB, Luo S, Mathias E, Tobing R, Homan S, Sterling D. Influence of season and temperature on the relationship of elemental carbon air pollution to pediatric asthma emergency room visits. *J. Asthma*. 2008;45(10):936e943.
8. Wong TW, Lau TS, Yu TS, Neller A, Wong SL, Tam W, Pang SW. Air pollution and hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases in Hong Kong. *Occup. Environ. Med.* 1999;56(10):679e683.
9. Linn WS, Szlachcic Y, Gong Jr H, Kinney PL, Berhane KT. Air pollution and daily hospital admissions in metropolitan Los Angeles. *Environ. Health Perspect.* 2000;108(5):427e434.
10. Pattenden S, Armstrong B, Milojevic A, Heal MR, Chalabi Z, Doherty R, Barratt B, Kovats RS, Wilkinson P. Ozone, heat and mortality: acute effects in 15 British conurbations. *Occup. Environ. Med.* 2010;67(10):699e707.
11. Marco R, Poli A, Ferrari M, Accordini S, Giammanco G, Bugiani M, Villani S et al. A study group: italian study on asthma in young adults, the impact of climate and traffic-related no2 on the prevalence of asthma and allergic rhinitis in Italy. *Clin Exp Allergy*. 2002;(32):1405-12.
12. Peden DB, Setzer RW, Devlin RB. Ozone exposure has both a priming effect on allergen-induced responses as well as an intrinsic inflammatory action in the nasal airways of perennial allergic asthmatics. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995;151:1336-45.
13. Lin S, Liu X, Le LH, Hwang SA. Chronic exposure to ambient ozone and asthma hospital admissions among children. *Environ Health Perspect.* 2008;116:1725-30.
14. McConnell R, Berhane K, Gilliland F, London S, Islam T, Gauderman W, Avol E, Margolis H, Peters J. Asthma in exercising children exposed to ozone: a cohort study. *Lancet*. 2002;359:386-91.
15. Mudway IS, Kelly FJ. Ozone and the lung: a sensitive issue. *Mol Aspects Med.* 2000;21:1-48.
16. D'Amato G, Liccardi G, D'Amato M. Environmental risk factors (outdoor air pollution and climatic changes) and increased trend of respiratory allergy. *J Invest Allergol Clin Immunol.* 2000;10:33-9.

17. D'Amato G, Liccardi G, D'Amato M, Cazzola M. Outdoor air pollution, climatic changes and allergic bronchial asthma. *Eur Respir J.* 2002;20:763-76.
18. Peden DB. Air pollution: indoor and outdoor. In Adkinson NF, Yunginger JW, Busse WW, Buchner BS, Holgate ST, Simons FE, Editors. *Middleton's Allergy: Principles and practice.* Philadelphia: Mosby, 2008, p.495-508.
19. Brasil. Portaria n° 466/2012 de outubro de 2012. Dispõe sobre diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa com seres humanos. Brasília (DF): Conselho Nacional de Saúde; 2012. Publicada no Diário Oficial da União de 13 de junho de 2013, Seção 1, p.59.
20. Barnett AF, Tong S, Clements AC. What measure of temperature is the best predictor of mortality. *Environ Res.* 2010;110:604-611.
21. Negrisoni J, Nascimento LF. Atmospheric pollutants and hospital admissions due to pneumonia in children. *Rev Paul Pediatr.* 2013;31:501-506.
22. César ACG, Nascimento LFC, Mantovani KCC, Vieira LCP. Fine particulate matter estimated by mathematical model and hospitalizations for pneumonia and asthma in children. *Revista Paulista de Pediatria.* 2016;34(1):18-23.
23. Veras TN, Sakae TM. Characteristics of children hospitalized with severe asthma in southern Brazil. *Scientia Medica.* 2010;20(3):223-227.
24. Lasmar L, Goulart E, Sakurai E, Camargos P. Risk factors for hospital admissions among asthmatic children and adolescents. *Rev. Saúde Pública.* 2002;36(4):409-19.
25. Lasmar L, Camargos PAM, Goulart EMA, Sakurai E. Risk factors for multiple hospital admissions among children and adolescents with asthma. *J Bras Pneumol.* 2006;32(5):391-399.
26. Gehring U, Wijga AH, Brauer M, Fischer P, Jongste JC, Kerkhof M et al. Traffic-related air pollution and the development of asthma and allergies during the first 8 years of life. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2010;181(6):596e603.
27. Cai J, Zhao A, Zhao J, Chen R, Wang W, Ha S, Xu X, Kan H. Acute effects of air pollution on asthma hospitalization in Shanghai, China. *Environ. Pollut.* 2014;191: 139e144.
28. Cho J, Choi YJ, Suh M, Sohn J, Kim H, Cho SK, Ha KH, Kim C, Shin DC. Air pollution as a risk factor for depressive episode in patients with cardio-vascular disease, diabetes mellitus, or asthma. *J. Affect Disord.* 2014;157:45e51.
29. Guarnieri M, Balmes JR. Outdoor air pollution and asthma. *Lancet.* 2014;383(9928): 1581e1592.
30. Yorifuji T, Suzuki E, Kashima S. Hourly differences in air pollution and risk of respiratory disease in the elderly: a time-stratified case-crossover study. *Environ. Health.* 2014;13:67.
31. Yeh KW, Chang CJ, Huang JL. The association of seasonal variations of asthma hospitalization with air pollution among children in Taiwan. *Asian Pac. J. Allergy Immunol.* 2011;29(1):34-41.
32. Lewis TC, Robins TG, Mentz GB, Zhang X, Mukherjee B, Lin X, et al. Community Action Against Asthma Steering, Air pollution and respiratory symptoms among children with asthma: vulnerability by corticosteroid use and residence area. *Sci. Total Environ.* 2013;448:48-55.
33. Nardocci AC, Freitas CU, Leon ACP, Junger WL, Gouveia NC. Air pollution and respiratory and cardiovascular diseases: a time series study in Cubatao, Sao Paulo State, Brazil. *Cad. Saude Publica.* 2013;29(9):867-876.
34. Altug H, Gaga EO, Dogeroglu T, Brunekreef B, Hoek G, Van Doorn W. Effects of ambient air pollution on respiratory tract complaints and airway inflammation in primary school children. *Sci. Total Environ.* 2014;1(479e480):201e209.
35. Rodopoulou S, Chalbot MC, Samoli E, Dubois DW, San Filippo BD, Kavouras IG. Air pollution and hospital emergency room and admissions for cardiovascular and respiratory diseases in Dona Ana County, New Mexico. *Environ. Res.* 2014;129:39-46.
36. Burra TA, Moineddin R, Agha MM, Glazier RH. Social disadvantage, air pollution, and asthma physician visits in Toronto, Canada. *Environ. Res.* 2009;109(5):567-574.
37. Simon-Nobbe B, Denk U, Poll V, Rid R, Breitenbach M. The spectrum of fungal allergy. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 2008;145(1):58-86.
38. Sheffield PE, Weinberger KR, Kinney PL. Climate change, aeroallergens, and pediatric allergic disease. *Mt. Sinai J. Med.* 2011;78(1):78-84.
39. Mimura T, Yamagami S, Fujishima H, Noma H, Kamei Y, Goto M, Kondo A, Matsubara M. Sensitization to Asian dust and allergic rhinoconjunctivitis. *Environ Res.* 2014;132:220-5.
40. Erbas B, Akram M, Dharmage SC, Tham R, Dennekamp M, Newbigin E, et al. The role of seasonal grass pollen on childhood asthma emergency department presentations. *Clin. Exp. Allergy.* 2012;42(5):799-805.

41. Gonzalez-Barcala FJ, Aboal-Vinas J, Aira MJ, Regueira-Mendez C, Valdes- Cuadrado L, Carreira J, et al. Influence of pollen level on hospitalizations for asthma. Arch. Environ. Occup. Health. 2013;68(2):66-71.
42. Ruffoni S, Passalacqua G, Ricciardolo F, Furgani A, Negrini AC, Amici M, Ciprandi G. A 10-year survey on asthma exacerbations: relationships among emergency medicine calls, pollens, weather, and air pollution. Rev. Fr. D. Allergol. 2013;53(7): 569-575.

Amaury de Souza

Endereço para correspondência – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS),
Caixa postal 549, CEP: 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil.

E-mail: amaury.de@uol.com.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6113404589622533>

Débora Aparecida da Silva Santos – deboraassantos@hotmail.com

Alexandra Zampieri Kofanovski – zampieri.xandra@gmail.com

Elvira Kovač-Andrić – eakovac@kemija.unios.hr

Enviado em 10 de agosto de 2016.

Aceito em 24 de abril de 2017.