

DOENÇA RESPIRATÓRIA E SUA RELAÇÃO COM RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL, RADIAÇÃO EXTRATERRESTRE, RADIAÇÃO UV E ÍNDICE DE LIMPIDEZ ATMOSFÉRICO

RESPIRATORY DISEASE AND ITS RELATIONSHIP WITH GLOBAL SOLAR RADIATION, EXTRATERRESTRIAL RADIATION, RADIATION AND UV INDEX CLARITY ATMOSPHERIC

Amaury de Souza

Prof. Depto de Física, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - UFMS
amaury@nin.ufms.br

Hamilton Germano Pavão

Prof. Dr. Depto de Física, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - UFMS
pavão@nin.ufms.br

Giancarlo Lastoria

Prof. Dr. Depto de Hidráulica e Transportes, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - UFMS
lastoria@nin.ufms.br

Antonio Conceição Paranhos Filho

Prof. Dr. Depto de Hidráulica e Transportes, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - UFMS
paranhos@nin.ufms.br

RESUMO

Mudanças climáticas têm sido correlacionadas com variações na composição química da atmosfera e com a emissão e deposição de poluentes na superfície terrestre e seu impacto em doenças respiratórias. Os objetivos desse trabalho são de estudar o comportamento da radiação solar global, extraterrestre e índice de ultravioleta; calcular o índice de limpidez; observar a frequência de dias claros com base nos valores do índice de limpidez e fazer uma correlação com a concentração de ozônio de superfície e pneumonia em crianças. Realizou-se um estudo ecológico de série temporal, de 1/janeiro/2006 a 31/dezembro/2006 em Campo Grande-MS, para avaliar a ocorrência diária de atendimentos de emergência por doença respiratória e sua relação com a concentração de ozônio na superfície, radiações solar global, extraterrestre e índice de ultravioleta e índice de limpidez. Há uma correlação positiva entre a radiação solar global, extraterrestre, índice de ultravioleta e índice de limpidez e uma correlação negativa entre ozônio e radiação solar global, extraterrestre, índice de ultravioleta e índice de limpidez e uma correlação positiva entre pneumonia e concentração de ozônio. Não houve uma correlação estatisticamente significativa entre o índice de limpidez da atmosfera, pneumonia e ozônio.

Palavras chaves- pneumonia, ozônio, radiação solar global e extraterrestre, dias claros, saúde ambiental.

ABSTRAT

Climate changes have been correlated with variations in the chemical composition of the atmosphere and the emission and deposition of pollutants in surface and its impact on respiratory diseases. The objectives of this project are to study the behavior of solar radiation and extraterrestrial UV index, calculating the index of clarity; observe the frequency of clear days based on the values of clearness index and make a correlation with the concentration of ozone surface and pneumonia in children. We performed an ecological study of time series of the 1/january/2006 to 31/december/2006 in Campo Grande-MS, to evaluate the daily occurrence of emergency room visits for respiratory disease and its relationship with the concentration of ozone in the surface, global solar radiation, and extraterrestrial UV index and index of clarity. There is a positive correlation between global solar radiation, extraterrestrial, UV index and index of clarity and a negative correlation between ozone and solar radiation, extraterrestrial, UV index and index of clarity and a positive correlation between pneumonia and ozone concentration. There was a statistically significant correlation between the index of clarity of the atmosphere and ozone and pneumonia.

Keywords: pneumonia, ozone, solar radiation and extraterrestrial clear days, environmental health.

INTRODUÇÃO

Partículas de aerossóis em suspensão na atmosfera influenciam fortemente o balanço radiativo da atmosfera e o clima, a química da atmosfera, visibilidade, e a saúde das pessoas expostas às altas concentrações de partículas, desde a escala local até as escalas regional e global. Os efeitos radiativos diretos globais dos aerossóis em suspensão na atmosfera são muito complexos e constituem uma das mais relevantes conseqüências da poluição antrópica global, com um efeito de resfriamento que contrabalança, em parte, o efeito de aquecimento global dos gases de efeito estufa. Os aerossóis podem ser constituídos de partículas, por exemplo, de sulfato, que predominantemente espalham a radiação, enquanto que as partículas de carbono gráfico absorvem a radiação, aquecendo a atmosfera. As partículas de aerossóis também servem como núcleos de condensação de nuvens, afetando a microfísica, bem como o tempo de residência das nuvens. O transporte, deposição, a química e os efeitos radiativos das partículas dependem grandemente de sua composição química, da distribuição de tamanho e morfologia das mesmas.

Antes mesmo que o ciclo natural dos elementos tivesse sido completamente estudado e determinado em escala global, as atividades de origem antropogênica começaram a alterar o ecossistema terrestre. Mudanças climáticas, em escala regional ou global, têm sido correlacionadas com variações na composição química da atmosfera e com a emissão e deposição de poluentes na superfície terrestre. Os estudos destas alterações e das possíveis relações entre as mesmas têm predominado nas pesquisas científicas nas últimas décadas. Em particular, há grande preocupação com a parte do ecossistema denominado atmosfera, preocupação justificada, não só porque os seres vivos nela presente dependem do ar para respirar e viver. Em conseqüência, a poluição atmosférica pode contaminar outros compartimentos do ecossistema global.

No Brasil, tais estudos ainda são bastante recentes e raros, o mesmo acontecendo com outras regiões em desenvolvimento; apenas na Europa Ocidental e nos Estados Unidos da América do Norte, dispõe-se de um volume maior de informações.

Em particular, há um problema que é amplamente citado e discutido pela comunidade científica e que ocorre principalmente nos países em desenvolvimento: a queima de biomassa (queimadas). Elas são consideradas como importante fonte de emissão de íons para a atmosfera. Esta queima de biomassa é prática comum na região que inclui a cidade de Campo Grande (Mato Grosso do Sul) onde foi realizado o presente trabalho; fotos de satélite publicadas anteriormente (PEREIRA et al., 1996) confirmam que a cidade encontra-se bem situada em relação à área de ocorrência de queimadas. No entanto, o estudo detalhado do impacto destas queimadas na composição química da atmosfera da região. Entretanto, nos últimos 60 anos, três episódios dramáticos — no Vale do Mosa, Bélgica, em 1930; em Donora, Pensilvânia, em 1948; e em Londres, em 1952 — alertaram as autoridades para as graves conseqüências causadas por períodos agudos de poluição (OPS/OMS, 1976).

Desde então, multiplicaram-se os estudos sobre os efeitos da poluição do ar na saúde humana. Alguns fatores básicos afetam a concentração destas partículas no ar: a taxa de emissão do poluente, as condições meteorológicas e a topografia local. As condições meteorológicas são particularmente importantes, na medida em que os ventos turbulentos ajudam a dispersar os poluentes. Estes também são depositados pelas chuvas, que "lavam" o ar. A combinação da estabilidade atmosférica com ausência de chuvas torna-se, assim, profundamente desfavorável à dispersão dos poluentes. Também a umidade relativa do ar e a luz solar interfere nas reações químicas que envolvem os poluentes.

A radiação solar é, sem dúvida, a principal fonte de energia para o nosso planeta, como fonte primária de energia, dela se deriva praticamente todas as outras formas. O aquecimento da superfície terrestre pela radiação solar desencadeia uma série de fenômenos meteorológicos, dentre eles a evaporação, com a formação de nuvens e, conseqüentemente, a chuva. Os combustíveis fósseis, tais como o carvão e o petróleo, que se originaram da decomposição de plantas e animais, que por sua vez para crescerem, também usaram a radiação solar como fonte de energia. Combustíveis derivados de vegetais, tais como óleos e álcool, também só podem ser produzidos se houver luz solar, o que propicia o desenvolvimento das plantas.

LIU & JORDAN (1963) desenvolveram estudos que relacionam a radiação solar global com a radiação difusa, usando o Índice de Limpidez Atmosférica (K_t), o qual relaciona a radiação solar

global na superfície terrestre com a radiação solar extraterrestre. O que geralmente difere no trabalho de diversos pesquisadores, é que a radiação solar difusa pode ser medida em estações meteorológicas ou pode ser determinada por diversos modelos matemáticos desenvolvidos nos últimos anos.

COLLARES-PEREIRA & RABL (1979), desenvolveram equações para estimar a radiação solar difusa, com base na radiação solar global. As equações foram elaboradas a partir de dados medidos em 5 estações nos Estados Unidos. Para tornar o resultado mais significativo em relação a trabalhos de outros pesquisadores, Collares-Pereira & Rabl (1979) usaram instrumentos de medição mais precisos. Consideraram mais de um dia por mês para encontrar a radiação extraterrestre média mensal e também as variações sazonais na relação entre a radiação direta e a radiação difusa.

ERBS et al (1982), através de piranômetros e piroheliômetros, localizados em quatro estações nos Estados Unidos, estabelecem novas relações entre a radiação solar difusa (horária, diária e média mensal) e o índice de limpidez atmosférica. Para validarem os resultados compararam com estudos de outros pesquisadores e, nesta comparação, os resultados concordam com o modelo de COLLARES-PEREIRA & RABL (1979).

Ao atravessar à atmosfera a radiação solar é parcialmente absorvida e transformada em calor pela própria atmosfera; ela é parcialmente espalhada pelas moléculas dos gases constituintes e por outras partículas de tamanhos variados em suspensão e é absorvida e refletida pelas nuvens (IQBAL, 1983). Como resultado destes processos físicos a radiação solar é atenuada durante a sua trajetória. Estudos mostram que esta atenuação não é a mesma para toda a região do espectro solar. Por este motivo é que ao se comparar a radiação solar recebida pela superfície terrestre com a que chega ao topo da atmosfera, observa-se um percentual de redução.

Por outro lado, as nuvens tendem a alterar seu valor contribuindo para elevar ou diminuir a relação entre incidência direta e difusão da radiação global. Na presença de nebulosidade, o fluxo radiante pode aumentar ou diminuir. Se a nebulosidade é parcial e o sol não é totalmente encoberto, o fluxo da radiação global é menor do que aquele de um dia de céu claro. No caso de nebulosidade total, o fluxo da radiação global é sempre menor do que aquele de um dia de céu sem nuvens (DUFFIE et al, 1980).

Por esse motivo, os objetivos desse trabalho são de estudar o comportamento da radiação solar global medida com a radiação extraterrestre e índice de ultravioleta; calcular o índice de claridade ou de limpidez; observar a frequência de dias claros com base nos valores do índice de limpidez e fazer uma correlação com a concentração de ozônio de superfície e doenças respiratórias (pneumonia em crianças).

MATERIAL

A cidade de Campo Grande, MS (20°27'16" S; 54°47'16" W, 650 m), está localizada no planalto denominado Maracaju-Campo Grande a 150 km do início da maior planície alagável do mundo, o Pantanal Mato-grossense (139 111 km² de área).

SOUZA et al, 2009; utilizando o método de Koppen, o clima na região de Campo Grande é denominado do tipo Cfa, com temperaturas moderadas variando de mínima 17,8 °C, máxima de 29,8 °C e média de 22,7 °C, com chuvas bem distribuídas e verão quente, a umidade relativa média do ar é de 72,8%. SOUZA & GRANJA (1997) encontraram ventos predominantes de Leste em Campo Grande, MS, com ocorrência de Norte nos meses de janeiro a dezembro, cujos valores anuais resultaram em 24% de Leste, 19,8% de Norte e 12,2% de Nordeste, tendo as calmarias representado 12%. com velocidade média de 3,1 m/s, e precipitação média mensal de 122,4mm e média anual de 1469 mm.

Realizou-se um estudo ecológico de série temporal, para avaliar a ocorrência diária de atendimentos de emergência por doença respiratória (pneumonia em crianças) e sua relação com a concentração de ozônio na superfície, radiações solar global, extraterrestre e índice de ultravioleta. Foram incluídos todos os pacientes atendidos no município de Campo Grande, no ano de 2006, cujo diagnóstico havia sido classificado como doença respiratória, mediante a seguinte situação: pneumonia, de acordo com o capítulo X (J00-J99) da Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde.

Utilizou-se uma planilha padronizada e pré-testada para coletar dados sobre identificação dos pacientes (nome, idade, sexo, bairro de residência) e aspectos clínicos (data de início dos sintomas, sintomas referidos e diagnósticos), a partir de consulta aos boletins de atendimento. Registros diários da concentração de O_3 presente na atmosfera durante no ano de 2006 foram cedidos pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, em cujo Campus localizava-se a estação de monitorização. As medidas de ozônio são feitas através de coleta de amostra de ar contendo ozônio é aspirada sobre o solo através de um tubo, por uma bomba de ar e através de uma válvula solenóide 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 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 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 atenuação medida pelo detector principal. Este detector contém um fotodiodo que transforma o sinal ótico em eletrônico, que por sua vez é detectado por um eletrômetro, sendo este sinal 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 ppm (partes por milhão). 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 10 segundos;

A radiação solar global foi medida por piranômetros, usou-se piranômetro Eppley, instalado no Depto de Física, Campus de Campo Grande a 1,5 metro de altura e longe da influência de prédios. As informações sobre radiação solar eram armazenadas num sistema de aquisição de dados (Datalogger - modelo 21X da CAMPBELL).

A radiação extraterrestre diária foi calculada usando-se a seguinte equação:

onde,

CS - constante solar, em MJ/m^2 ;

DJ - dia Juliano; (17/01; 16/02; 16/03; 15/04; 15/05; 11/06; 17/07; 16/08; 15/09; 15/10; 14/11; 10/12)

\varnothing - latitude, em graus;

δ - declinação solar, em graus;

W_s - ângulo horário do pôr do Sol, em graus;

O ângulo horário do pôr do Sol foi calculado usando-se a equação

e a declinação solar foi obtida mediante a equação

O índice de limpidez (K_t) fornece informações com relação à ocorrência de dias claros. Este índice foi calculado diariamente usando-se a equação:

K_t _____

Calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson para verificar a relação entre os níveis de concentração de O_3 , radiação solar extraterrestre, global, índice de ultravioleta (variável independente) e a ocorrência de atendimentos por doença respiratória, pneumonia (variável dependente). Adotou-se um intervalo de confiança de 95% (IC95%) e nível de significância estatístico definido quando valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Na Figura 1, observa-se que os níveis de concentração de ozônio não excederam o limite de qualidade do ar ao parâmetro estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (2006). Verificou-se relação direta entre os meses do ano dos níveis de ozônio o número de emergência com diagnóstico de doenças respiratórias, pneumonia em crianças (Figuras 1 e Tabela 2). A radiação solar global variou de 8,8 em junho a 15,9 em janeiro com um valor médio de 12,4 Mj/m^2 ; a radiação solar extraterrestre variou de 27,1 em junho a 44,2 em janeiro com um valor médio de 36,1 Mj/m^2 . O número de doenças respiratórias, pneumonia em 2006 foram em um total de 809 caso em crianças, com um mínimo de 36 casos em fevereiro e um máximo de 140 casos em agosto.

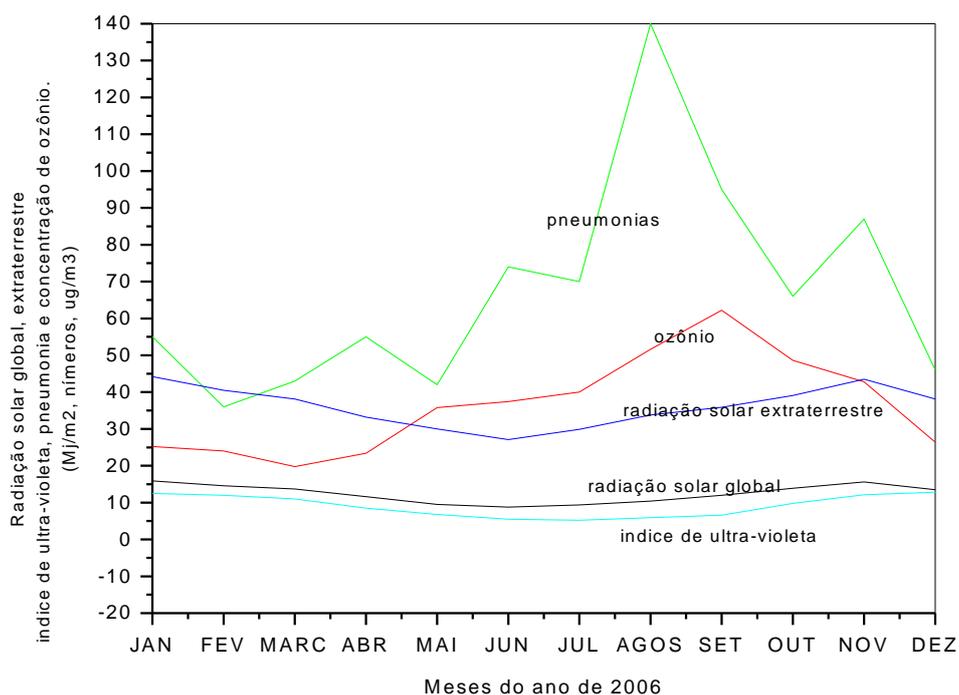


Figura 1 - Radiação solar extraterrestre, global, índice de ultravioleta, concentração de ozônio e pneumonia em crianças em função dos meses do ano de 2006

O maior número de incidência de pneumonia em crianças acontece nos meses de agosto e setembro com um total mensal de 140 e 95 casos, que acontece no fim da estação seca e início da estação chuvosa e a maior incidência de concentração de ozônio acontece nos meses de agosto, setembro e outubro com uma média mensal de 51,6; 62,2; 48,6 e 42,8 $\mu\text{g/m}^3$ quando acontece o limpeza dos terrenos para plantio.

O material particulado de queimadas teria efeito similar, ou até maior, pelo seu alto conteúdo de produtos de combustão incompleta, o que significaria risco à saúde proporcional à concentração de material particulado presente.

Segundo dados avaliados pelo Departamento de Física Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, têm sido observados eventos extremos e prolongados de poluição do ar relacionados com a seca, incluindo os impactos por queimadas no campo; escassez de água; e baixa umidade relativa do solo e do ar. A existência de uma base de dados sobre monitoramento meteorológico e concentração de poluentes em Campo Grande permitiu acompanhar o fenômeno de poluição do ar (ROBAINA *et al.*, 2005), a composição química da atmosfera sofre grandes mudanças na época da seca, devido às emissões de gases traço e partículas de aerossóis provenientes de queimadas de pastagens e floresta, gerando importantes implicações em nível local, regional e global (ARTAXO *et al.*, 2002).

As emissões de gases traço e partículas de aerossóis pelas queimadas ocorrem de forma significativa e podem afetar o inventário das emissões globais (ANDREAE *et al.*, 2002). As

emissões de precursores de O₃ (ozônio), gás formado através de reações fotoquímicas a partir de emissões de queimadas, são de particular importância para as características químicas e radiativas da atmosfera. As emissões de gases precursores da formação de ozônio pelas queimadas fazem com que as concentrações deste importante gás atinjam níveis que podem ser danosos à floresta não queimada, uma vez que o ozônio é fitotóxico, danificando a superfície foliar mesmo de florestas situadas a milhares de quilômetros das áreas queimadas.

Com os Índices UV, pode-se determinar o período do ano, para cada estação de observação no qual o Índice UV atinge valores altos ou muito altos, conforme a Tabela 1 contém um resumo informando os meses em que o Índice UV é alto ($7 < I-UV < 9$) ou muito alto ($I-UV > 10$), para Campo Grande. Das informações apresentadas na Tabela 1 observa-se que Campo Grande, apresenta frequência de Índices UV com valores muito altos, informação muito importante porque indica que nestas regiões as pessoas estarão mais expostas à radiação UV-B solar danosa aos seres humanos.

Tabela 1

Índice de UV para Campo Grande em função dos meses.

Meses com índice UV alto ($7 < I-UV < 9$)	Meses com índice UV muito alto ($I-UV > 10$)
abril, setembro e outubro	janeiro, fevereiro, março, novembro, dezembro

A Tabela 2 apresenta a matriz de correlação de Pearson entre as variáveis do estudo entre o tipo de doença (pneumonia em crianças) e os parâmetros climáticos que são a radiação solar extraterrestre, global (Mj/m²), índice de ultravioleta e concentração de ozônio (µg/m³).

Tabela 2

Matriz de correlação de Pearsons entre as variáveis do estudo: pneumonia (P), radiação solar global (RSG), radiação solar extraterrestre (RSEXT), ozônio (O₃), índice de ultravioleta (IUV) e índice de limpeza (K_t), de janeiro a dezembro de 2006

Correlação de Pearson	RSG	O ₃	P	RSEXT	IUV	K _t
RSG	1,00	-0,28	-0,26	0,99	0,92	0,92
O ₃		1,00	0,76	-0,18	-0,55	-0,51
P			1,00	-0,14	-0,65	-0,51
RSEXT				1,00	0,64	0,84
IUV					1,00	0,92
K _t						1,00

Observam-se na Tabela 2 as correlações positivas e negativas, porém pequenas e verifica-se que o que apresentou o melhor coeficiente de correlação foi o ozônio com pneumonia em crianças com 0,76, isto mostra que os pontos estão mais dispersos, apresentando uma menor correlação entre alguns parâmetros estudados e explicando o porquê que a maior parte das doenças acontece no final da estação chuvosa e início da estação seca, já com o ozônio a correlação é baixa, isto porque foram analisados os pontos de todos os dias do ano.

Na Figura 1 podemos observar os pontos de maior incidência de ozônio nos meses de agosto, setembro, outubro, quando ocorrem as queimadas para as limpezas de terrenos e pastos. As emissões de queimadas também realizam um dano importante na saúde da população, devido aos altos índices de poluição por partículas e ozônio. Seus efeitos ainda não foram devidamente avaliados, mas experimentos da FIOCRUZ na região amazônica mostram que a taxa de morbidade para alguns municípios do norte do Estado de Mato Grosso é fortemente influenciada pela incidência de emissões de queimadas CARMO et al.2010. O ozônio (O₃) é uma variedade alotrópica do oxigênio, apresentando-se sob a forma de um gás azul pálido, de odor picante característico. Agente oxidante muito ativo e tóxico é considerado como poluente em concentrações superiores a 120 micro gramas/m³.

Na alta atmosfera, onde se forma a partir das radiações solares ultravioletas de ondas curtas, existe em níveis bem mais elevados, uma pequena fração terminando por se misturar na baixa atmosfera. O ozônio também se origina das descargas elétricas na atmosfera e de reações fotoquímicas onde entram os hidrocarbonetos e os óxidos de nitrogênio (por exemplo, nos gases emitidos pelos canos de descarga dos automóveis com motores de combustão interna) (OMS, 1987, p.96), por isso a baixa correlação entre a formação de ozônio de superfície que são formados das queimadas com a radiação solar global e extraterrestre.

Há uma correlação positiva ($P < 0.01$) entre a radiação solar global, extraterrestre e índice de ultravioleta- ($r = 0.99$); ($r = 0.92$) e uma correlação negativa entre ozônio e radiação solar global, extraterrestre e índice ultravioleta (Tabela 2), o que não mostra claramente que as emissões de queimada estão alterando o padrão de deposição de ozônio na região de Campo Grande.

O aumento da concentração de partículas de aerossóis tem efeito fundamental no balanço radiativo terrestre (SCHAFER et al., 2002, YAMASOE et al., 1998, 2000). Os aerossóis e as nuvens são componentes básicos no balanço energético terrestre, embora seu papel ainda esteja longe de ser compreendido e completamente quantificado. O chamado efeito direto dos aerossóis no clima consiste nos mecanismos que afetam diretamente o fluxo de radiação solar na superfície, podendo levar tanto ao aquecimento quanto ao resfriamento da superfície, dependendo das propriedades intrínsecas das partículas de aerossóis e da refletividade da superfície. O que ocorre é uma alteração no fluxo de energia solar, afetando o perfil de temperatura da atmosfera.

As principais fontes de partículas de aerossóis são: poeira do solo, sulfato (proveniente da oxidação do SO_2), emissões de queimadas de florestas, dentre outros. Os aerossóis troposféricos afetam diretamente o balanço radiativo (absorção e espalhamento de radiação) e/ou indiretamente (influenciando nas propriedades radiativas de nuvens). As nuvens cobrem aproximadamente 60% da superfície terrestre e atuam no ciclo energético através de duas maneiras: as nuvens mais baixas e espessas refletem radiação solar de volta ao espaço e as nuvens mais altas e finas transmitem a radiação solar e ao mesmo tempo bloqueiam a passagem de radiação infravermelha emitida pela Terra.

A maior fonte de aerossóis para a atmosfera na América do Sul são as emissões por queimadas de florestas e cerrados, que ocorrem principalmente na estação seca na região centro oeste. As florestas e os cerrados brasileiros são regiões onde historicamente ocorrem queima de biomassa em função do processo natural do uso do solo pelos agricultores e do uso da lenha como combustível, mas o número de queimadas tem aumentado significativamente nos últimos anos. Observando-se a variação sazonal da concentração de ozônio no ano de 2006, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, nota-se que este foi significativamente mais alto durante os meses de agosto e setembro, final do período seco (Figura 1).

As maiores concentrações ocorrem coincidentes com os meses onde a queima de biomassa é mais intensa, associada aos baixos índices pluviométricos. No entanto, o mesmo padrão é observado para a radiação solar global, extraterrestre e índice de ultravioleta e índice de limpidez. Há uma diferença significativa das concentrações de ozônio entre os meses de seca, ou chuvoso. Apesar dos eventos de chuva ser mais efetivos na remoção do particulado, esse comportamento não é observado em Campo Grande estatisticamente entre o índice de limpidez e a concentração de ozônio.

A Figura 2 mostra a variação do índice de limpidez ao longo de todo o período de estudo, de janeiro a dezembro de 96. É possível observar o comportamento regular da radiação extraterrestre, com valor mínimo em junho e máximos nos extremos, já a radiação global, devido à atenuação sofrida pela presença de nuvens e outros, a curva é irregular, embora seu contorno seja semelhante ao da radiação extraterrestre. O índice de limpidez atmosférico variou de 0,05 a 0,61 com uma média de 0,54.

A distribuição de freqüências, Figura 3, evidencia a maior ocorrência de valores do índice de limpidez entre 0,05 e 0,61. De acordo com KUDISH & IANETZ (1992), índice de limpidez (K_i) acima de 0,60 pode ser representativo de dias claros. Isto significa que, para a cidade estudada – Campo Grande, os dias apresentaram valores de k_i acima de 0,60, que corresponde a 40 % dos dias estudados.

Dias completamente nublados, algumas vezes com chuvas, são caracterizados por índice de limpidez pequeno, entre 0,01 e 0,30, com freqüência variando entre 1 e 4 ocorrências. Para

valores intermediários, entre 0,31 e 0,60, a frequência variou no intervalo 1 a 52 ocorrências, cujos dias podem ser classificados como parcialmente nublados.

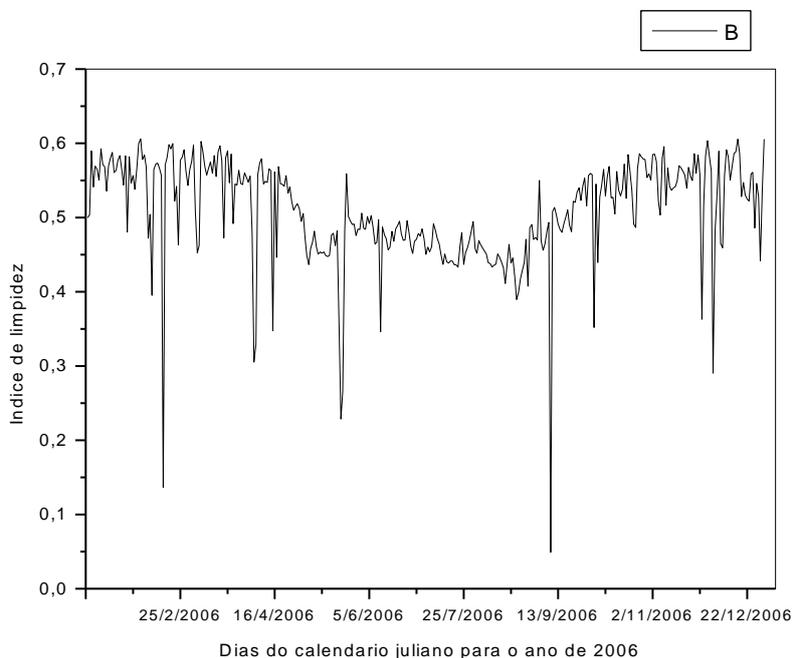


Figura 2 - Índice de limpidez em função dos dias do ano de 2006

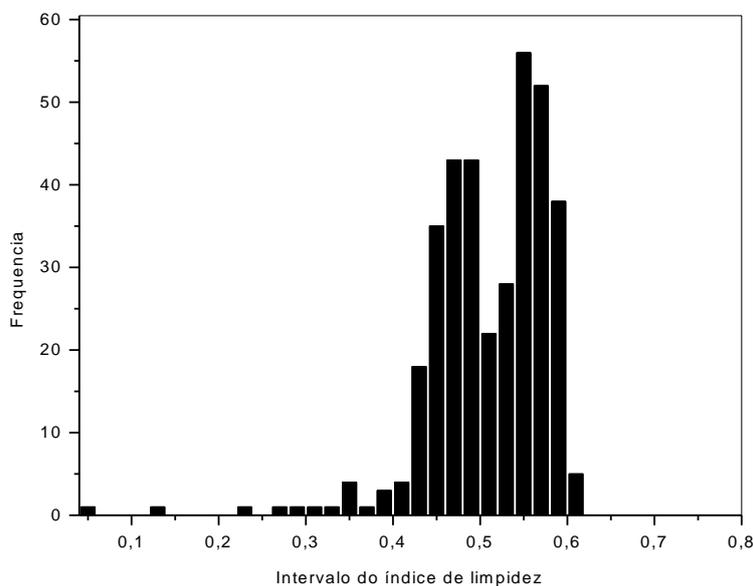


Figura 3 - Histograma-freqüência em função do índice de limpidez para o ano de 2006

CONCLUSÕES

Com base nos objetivos propostos na definição deste trabalho, concluiu-se que:

A radiação solar global variou de 8,8 em junho a 15,9 em janeiro com um valor médio de 12,4 Mj/m^2 ; a radiação solar extraterrestre variou de 27,1 em junho a 44,2 em janeiro com um valor

médio de 36,1 Mj/m². Verificou-se relação direta entre os meses do ano dos níveis de ozônio o número de emergência com diagnóstico de doenças respiratórias, pneumonia em crianças ($r=0,76$). O maior número de incidência de pneumonia em crianças acontece nos meses de agosto e setembro, que acontece no fim da estação seca e início da estação chuvosa e a maior incidência de concentração de ozônio acontece nos meses de agosto, setembro e outubro. Há uma correlação positiva ($P < 0,01$) entre a radiação solar global, extraterrestre e índice de ultravioleta- ($r = 0,99$); ($r = 0,92$) e uma correlação negativa entre ozônio e radiação solar global, extraterrestre e índice ultravioleta. A variação sazonal da concentração de ozônio no ano de 2006 nota-se que este foi significativamente mais alto durante os meses de agosto e setembro, final do período seco. As maiores concentrações ocorrem coincidentes com os meses onde a queima de biomassa é mais intensa, associada aos baixos índices pluviométricos. O mesmo padrão é observado para a radiação solar global, extraterrestre e índice de ultravioleta e índice de limpidez, que existe uma correlação positiva. Há uma diferença significativa das concentrações de ozônio entre os meses de seca, ou chuvoso. Apesar dos eventos de chuva ser mais efetivos na remoção do particulado, esse comportamento não é observado em Campo Grande estatisticamente entre o índice de limpidez e os casos de pneumonia.

O índice de limpidez assume valores entre 0,05 e 0,61.

De acordo com a distribuição de frequência, a cidade estudada apresentou 136 dias com céu parcialmente nublado a nublado, com índice de limpidez entre 0,06 e 0,60.

Os outros 229 dias foram com céu claro e índice de limpidez acima de 0,60, significando que 60 % da radiação extraterrestre alcançaram a superfície terrestre.

O Índice UV apresenta valores mais altos, que indicam maior grau de exposição à radiação UV danosa para as pessoas. Encontrou-se que o Índice UV é muito alto para Campo Grande. A medida de radiação difusa no UV-B mostra uma contribuição significativa na componente global.

BIBLIOGRAFIA

- Andreae, M.O.; Almeida, S. S. DE; Artaxo, P.; Brandão, C.; Carswell, F. E.; Ciccioli, P.; Culf, A.; Esteves, J. L.; Gash, J.; Grace, J.; Kabat, P.; Lelieveld, J.; Malhi, Y.; Manzi, A. O.; Meixner, F. X.; Nobre, A.; Nobre, C.; Ruivo, M. A. DE L.; Silva-Dias, M. A. F.; Stefani, P.; Valentini, R.; Jouanne, J. Von; Waterloo, M. Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACH experiments. **Journal of Geophysical Research**, v.107, n.D20, p.8.066 – 8.091, 2002. doi:10.1029/2001JD000524.
- Artaxo, P.; Martins, J. V.; Yamasoe, M. A.; Procópio, A. S.; Pauliquevis, T. M.; Andreae, M. O.; Guyon, P.; Gatti, L. V.; Cordova, A. M. Physical and chemical properties of aerosols in the wet and dry season in Rondônia, Amazonia. **Journal of Geophysical Research**, v.107, n.D20, p.8.081–8.095, 2002. doi:10.1029/2001JD000666.
- Carmo, C. N. ; Hacon, S. ; Longo, K. ; Freitas Saulo ; Ignotti, E. ; Leon, Antonio Ponce de ; Artaxo, P. . Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. *Revista Pan-americana de Salud Pública (Impresa) / Pan American Journal of Public Health (Impresa)*, v. 27, p. 10-16, 2010.
- Collares-Pereira, M.; Rabl, A. The average distribution of solar radiation correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values. *Solar Energy*, v. 22, p. 155 - 164, 1979.
- Duffie, J.A., Beckman, W.A. *Solar engineering of thermal processes*. New York, 1980.
- Erbs, D. G. et al Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly, daily and monthly average global radiation. *Solar Energy*, v. 28, p. 293 - 302, 1982.
- Iqbal, M. *An introduction to solar radiation*. New York: Academic Press, 1983. 386p. John Wiley & Sons, 1980. 652p.
- Kudish, A.I., Ianetz, A. Analysis of the solar radiation data for Beer Sheva, Israel, and its environs. *Solar Energy*, v.48, n.2, p.97-106, 1992.
- Liu, B. Y. H.; Jordan, R. C. The long-term average performance of flat-plate solar-energy collectors. *Solar Energy*, v. 7, p. 53 - 74, 1963.

OMS, 1987. 1987. Glossaire de la pollution de l'air. Copenhague: OMS.

Pereira, E.B., Setzer, A. W., Gerab, F., Artaxo, P. E., Pereira, M. C. & Monroe, G. - 1996 - Airborne measurements of aerosols from burning biomass in Brazil related to the TRACE-A experiment. *J. Geophys. Res.*, **101**: 23,983-23,992.

Robaina, T.T., Pavão, H.G., Thielle, A.S. **O ozônio de superfície: variações diárias e sazonais, para Campo Grande** (resumos). Informe Agropecuário/Inpe. 2005, 106-15.

Schafer, J. S.; Holben, B. N.; Eck, T. F.; Yamasoe, M. A.; Artaxo, P. Atmospheric effects on insolation in the Brazilian Amazon: Observed modification of solar radiation by clouds and smoke and derived single scattering albedo of fire aerosols. *Journal of Geophysical Research*, v.107, n.D20, p.8074, 2002. doi:10.1029/2001JD000428.

Souza, A. ; Pavão, H. G. ; Lastoria, G. ; Gabas, S. G. ; Paranhos Filho, A. C. ; Cavazzana, G. H. . Distribuição espacial da relação precipitação/número de dias de chuvas em Campo Grande-MS. In: SERHIDRO PS-2009-2 Seminário de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, 2009, Taubaté. SERHIDRO PS-2009-2 Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, 2009.

Souza, A; Granja, S.C. Estimativa dos parâmetros "C" e "K" do modelo de Weibull e da direção dos ventos para Campo Grande e Dourados, MS, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.5, n.1, p.109-114, 1997.

Yamasoe, M. A.; Artaxo, P.; Miguel, A. H.; Allen, A. G. Chemical composition of aerosol particles from direct emissions of biomass burning in the Amazon Basin: water-soluble species and trace elements. *Atmospheric Environment*, v.34, p.1.641-1.653, 2000.

Yamasoe, M. A.; Kaufman, Y. J.; Dubovik, O.; Remer, L. A.; Holben, B. N.; Artaxo, P. Retrieval of the real part of the refractive index of aerosols from sun/sky radiometers during SCAR-B. *Journal of Geophysical Research*, v. 103, n.D24, p.31893-31902, 1998.