

## **ANÁLISE TEMPORAL DA COLUNA TOTAL DE OZÔNIO NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

**A. V. Nascimento Silva, M. H. O. Pedrosa Filho**

Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Campus Pesqueira.  
BR 232, km 208, Prado, Pesqueira-PE, Brasil.  
valença@pesqueira.ifpe.edu.br

**RESUMEN:** El objetivo de este trabajo es realizar un análisis del comportamiento de la Columna Total de Ozono en dos puntos diferentes de la región Agreste del estado de Pernambuco, situados a igual latitud, durante un período de treinta y un años (1979-2010). Han sido considerados los datos observacionales del espectrómetro del relevamiento de Ozono (TOMS en portugués), a través del satélite Nimbus y del Earth Probe, y utilizando además datos del Instrumento de Monitoreo de Ozono (OMI en portugués) en la nave espacial Aura. Para los valores medios anuales de ozono total de los últimos treinta y un años se ha observado una caída poco considerable, de 0,044% de la media para el punto A y 0,053% de la media para el punto B. La Columna de Ozono Total puede ser considerada constante durante el período de análisis en los dos puntos estudiados.

**Palabras -clave:** Ozono, ozono total, capa de ozono, radiación ultravioleta

### **INTRODUÇÃO**

Uma das principais problemáticas da atualidade é a injeção de aerossóis na atmosfera terrestre, devido ação antrópica, causando a chamada Poluição Atmosférica que, a cada dia que passa, é mais eminente nos grandes centros urbanos. No início da era capitalista, no período da revolução industrial grande parte, senão a totalidade, da poluição atmosférica era proveniente das indústrias, classificadas como fontes estacionárias Pontuais, isto é, de alta magnitude (Telles et al, 2011). No entanto, o surgimento dos motores a combustão interna provocou o surgimento das chamadas fontes de poluição “móveis”, como os automóveis, caminhões, ônibus, motos, aviões, entre outros, que se disseminaria ao longo das décadas como máquinas indispensáveis, e muitas delas como objetos de desejo de muitos seres humanos.

Esses gases emitidos para a atmosfera terrestre, por meio da ação antrópica, vêm causando uma série de problemas a todos os seres humanos, principalmente nos grandes centros industriais, seja de forma direta ou indireta. Os problemas relacionados à saúde são diversos.

Já é de amplo conhecimento que, além de afetar diretamente a saúde humana, a emissão de alguns aerossóis atua no ozônio atmosférico de forma a transformá-lo em outras substâncias. O ozônio é o principal protetor da superfície da terra contra a ação dos raios ultravioleta emitidos pelo sol, principalmente o UV-B (Ultravioleta – B). Aerossóis atmosféricos podem ter influência relevante sobre os valores de IUUV (Índice Ultravioleta), principalmente nas situações em que a quantidade de material particulado é alta ou quando o aerossol atmosférico é muito absorvedor (Mc Kenzie et al., 2003; Corrêa, 2003; Corrêa et al., 2004).

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INAMET) se a quantidade de radiação ultravioleta exceder os limites a partir dos quais os mecanismos de defesa, inerentes a cada espécie se tornam ineficazes, poderão ser causados graves danos a nível biológico, fato que também se aplica ao organismo humano e em particular aos órgãos da pele e da visão.

Os Índices de Ultravioleta (IUUV) em algumas regiões do mundo já atingem valores extremos. De acordo com o Instituto de Meteorologia (IM) de Portugal, as regiões portuguesas de Bragança, Coimbra, Faro, Penhas Douradas, Sines e Viana do Castelo apresentaram em abril de 2011 níveis elevados de radiação ultravioleta. Já o Instituto de meteorologia de São Paulo, Somar Meteorologia anunciou que alguns estados da região norte atingiram, na escala de 1 a 14, o nível 13 de Índice de Ultravioleta. De acordo com Ribeiro (2005) acredita-se que o UV-B vai aumentar sua intensidade no decorrer do tempo, pois a camada de ozônio estratosférico continua diminuindo, devido à ação dos gases lançados na atmosfera terrestre.

A depleção grave de ozônio na Antártica, conhecido como o "buraco do ozônio", foi observada pela primeira vez no início de 1980. As imagens mais amplamente utilizadas da destruição do ozônio da Antártida são aquelas a partir do espaço com base em medições de ozônio total. A área do buraco de ozônio é definida como a área contendo uma coluna de ozônio total menor que 220 DU (*Dobson Unit*) (Sánchez, 2006 apud Newman) obtido em mapas de ozônio total, atingindo, em algumas regiões e em algumas épocas do ano, valores médios abaixo de 100 DU, onde a média para esta mesma época e região há alguns anos atrás era de 200 DU.

Por meio a medição da coluna total de ozônio, que pode ser feita em qualquer lugar do planeta, pelos satélites da NASA, obtém-se o ozônio total de certa localidade (latitude e longitude) determinando se ali existe ou não um “buraco” na camada de ozônio. A observação do ozônio total de certa região, com o passar do tempo, é de fundamental importância na análise das variações sazonais da espessura da camada de ozônio, que acontecem naturalmente no meio ambiente. Através desta análise, pode-se mostrar “distúrbios” nas variações sazonais do ozônio de certa região, podendo concluir após certo período, se o ozônio total, na média, sofre alguma alteração.

Em alguns Estados do Brasil podem ser encontrados trabalhos sobre a atmosfera, referente à radiação ultravioleta, poluição atmosférica e à camada de ozônio. Mas existe uma escassez no que se refere a trabalhos sobre a medição do ozônio total no território nacional. A região Nordeste do Brasil foi objeto de estudo para poucos trabalhos sobre este tema, destacando-se o trabalho de Ribeiro (2005) realizado na região litorânea do Nordeste, no estado do Rio Grande do Norte.

O conhecimento do comportamento da coluna total de ozônio pode colaborar para a realização de futuras pesquisas nas tendências da intensidade da radiação ultravioleta que atinge a superfície terrestre, em políticas públicas de prevenção na educação da população sobre exposição à radiação solar, podendo contribuir também em futuras estratégias econômicas e ambientais na contenção de poluentes atmosféricos, nos setores industriais, no caso de ser comprovado que os gases inseridos na atmosfera estão afetando de forma significativa o ozônio estratosférico.

Este trabalho consiste em analisar o comportamento da Coluna Total de Ozônio Atmosférico, em dois pontos distintos: O ponto A (8,5° S; 36,875° O) próximo a cidade de Pedra e o ponto B (8,5° S; 35,625° O) próximo a cidade de Barra de Guabiraba, ambas pertencentes à região do agreste Pernambucano no nordeste brasileiro. Foram consideradas medições obtidas por meio do (TOMS) *Total Ozone Mapping Spectrometer* (Espectrômetro de Mapeamento de Ozônio), no período de 1979 a 2010, utilizando os satélites Nimbus, Earth Probe e usando dados do Instrumento de Monitoramento de Ozônio (OMI) na espaçonave Aura. Pretende-se efetuar uma análise ao longo de trinta anos de dados da coluna do Ozônio Total, que permita observar variações em sua concentração, descrevendo essas possíveis alterações, sendo este um estudo de grande importância para futuras conclusões sobre possíveis alterações nos níveis de radiação UV nesta região do Estado de Pernambuco.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Através de um levantamento bibliográfico, foram feitas análises em diversas literaturas relacionadas ao tema. Observam-se trabalhos de extrema relevância, contendo importantes informações, realizados em várias regiões do mundo inclusive no Brasil.

Os autores Kirchoff e Silva (1988) mediram a concentração do ozônio numa reserva florestal no meio da floresta amazônica. As medições aconteceram a 30 km ao norte de Manaus (3° S, 60° W), na propriedade do INPA, Instituto de Pesquisas da Amazônia. Os dados sobre a concentração do ozônio foram obtidos por meio de balões-sondas. As medições foram realizadas entre 8 de abril e 11 de maio de 1987, durante o período representativo da época chuvosa. Com o objetivo de obter informações a respeito dos vários constituintes químicos da atmosfera durante a estação chuvosa.

Este foi o segundo experimento, chamado de GTE-ABLE-2B, em colaboração com a NASA e o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). O primeiro experimento aconteceu durante a estação seca, em julho de 1985, quando foram observados, em média, valores menores do que 20 ppbv (partes por bilhão por volume), que surpreendentemente foram considerados muito baixos. Durante a estação chuvosa as concentrações médias diárias foram ainda menores, da ordem de 10 ppbv. Dos resultados da segunda expedição científica GTE-ABLE ao Amazonas, desta vez na estação chuvosa pode-se destacar a média diurna da concentração do ozônio de superfície é ainda menor do que os valores da 1ª expedição: 6 ppbv, contra 15 ppbv, durante o máximo diurno. A atividade antropogênica do centro de Manaus foi responsável por pequeno acréscimo nas concentrações de O<sub>3</sub> durante o mês de abril. As menores concentrações da região são observadas dentro da floresta, sob a copa das árvores, onde durante o dia o máximo observado foi de 3 ppbv.

André et al. (2003) analisou o comportamento do ciclo anual do ozônio estratosférico sobre a América do Sul e vizinhanças, utilizando-se imagens obtidas pelo instrumento (sensor) TOMS a bordo satélite Nimbus-7, durante o período de 1978 a 1993. As análises da variabilidade temporal do ciclo anual evidenciaram a maximização (cinturão das altas concentrações) e a minimização (buraco da camada de ozônio) da concentração de ozônio na primavera. A distribuição geral do ozônio estratosférico no Hemisfério Sul apresenta maior variabilidade nas latitudes altas e menor variação sobre as latitudes baixas independente das estações do ano. A análise harmônica mostrou que o ciclo anual é mais acentuado entre 30 a 45S e que o primeiro harmônico é mais acentuado em setembro.

Manfro (2005) efetuou observações em São Martinho da Serra, região central do Rio Grande do Sul, utilizando o TOMS e fez uma análise do comportamento da Coluna Total de Ozônio Atmosférico, procurando identificar variações (aumento ou diminuição) e as causas destas anomalias na concentração do ozônio atmosférico. Para a medição da coluna total de ozônio atmosférico foram utilizados Espectrofotômetros Brewers modelo MKIV, MKII e MKIII, instalados no Observatório Espacial do Sul (29,4°S, 53,8°O 488,7 m), e pelo *Total Ozone Mapping Spectrometer* (TOMS) que esta a bordo do satélite Earth Probe da NASA.

Para verificar a procedência das massas de ar foi realizada uma análise de trajetórias utilizando o software GRADS que é de domínio público. De acordo com o autor a concentração total do ozônio atmosférico é modificada de forma que as variações mais significativas foram devido à redução da concentração do ozônio atmosférico. Dos 19 eventos, 17 foram devido a redução e somente dois eventos foram devido a um aumento anômalo da concentração de ozônio atmosférico.

De acordo com sua análise as possíveis causas desta variação estão ligadas a formações de ciclones e anticiclones em latitudes próximas. Tais ciclones e anticiclones proporcionaram um deslocamento das massas de ar tanto da região tropical como da região próxima ao Pólo Antártico. Dependendo da estação do ano, o deslocamento dessas massas de ar pode refletir num aumento ou numa queda na concentração do ozônio atmosférico. Outros casos de movimentos das massas de ar em latitudes maiores, podem também reduzir a concentração do ozônio atmosférico. Este deslocamento de massas de ar tem origem devido a regiões de baixa e de alta pressão. Nos meses de Janeiro, fevereiro e março não apresentaram nenhuma anomalia. Agosto e setembro juntos apresentaram nove dos 19 eventos selecionados.

Ribeiro (2005) analisou o comportamento da atmosfera na cidade do Natal, com relação à camada de ozônio. Os dados foram coletados realizando lançamentos de balões transportando sondas para medir o ozônio e recebendo as informações do satélite utilizando o sistema GPS. Todos os lançamentos foram realizados pelo INPE, em Natal, para coletar informações sobre a camada de ozônio no período de julho de 2003 a junho de 2004, totalizando 47 lançamentos, dos quais 36 foram selecionados para o presente estudo, já que apresentaram um bom comportamento com relação ao hPa (pressão em unidades de  $10^2$  Pascal) pois a pressão deve ser menor ou igual a 10hpa, para que o experimento apresente condições satisfatórias para análise, o que foi considerado como um critério pré-estabelecido da amostra pelo pesquisador.

Para analisar o nível de comportamento do ozônio, realizou-se uma análise da camada constando no mesmo uma sonda para medir o ozônio atmosférico. Os dados foram coletados realizando lançamentos de balões, junto com o mesmo uma sonda para medir o ozônio e recebendo as informações do satélite utilizando o sistema GPS. Nesse sentido, os resultados dessa pesquisa demonstraram através do processo de observação, que o ozônio apresenta uma sazonalidade e que essas variações se concretizam em função da radiação solar que atinge a nossa atmosfera. Na cidade do Natal não foi observado “buracos” na camada de ozônio, mas os dados mostram que a mesma vem diminuindo gradativamente ao longo do tempo, tendo como fator principal os aerossóis a base de flúor, bromo e cloro, e uma alta incidência dos raios ultravioletas emitidos pelo sol.

O estudo de Correa e Fattori (2006) consistiu em observações do conteúdo de ozônio e de propriedades ópticas de aerossóis para análise das variações teóricas do Índice Ultravioleta (IUV) na Região Metropolitana de São Paulo. Os dados do trabalho foram do satélite (TOMS) disponibilizado pela NASA no período de 1996 a 2002, para avaliação do ozônio e de instrumentação de superfície (AERONET), entre 2001 e 2002, para os aerossóis. Através de algoritmos múltiplos de espalhamento os cálculos do IUV foram efetuados. Os conteúdos de ozônio observados não apresentaram discrepâncias significativas como observado na Figura 1.

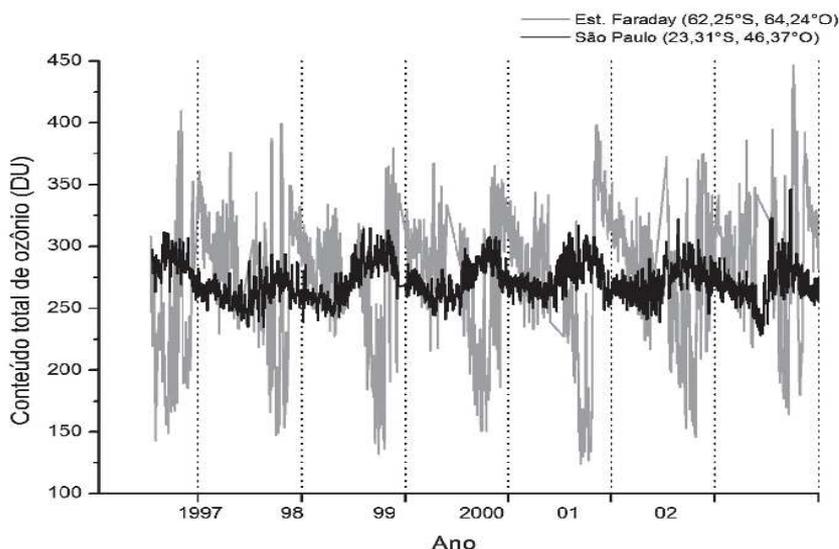


Figura 1: Variação diária do conteúdo total de ozônio, medidos pelo sensor TOMS, entre os anos de 1996 e 2002 sobre a cidade de São Paulo (Brasil) e Estação Faraday (Antártida) (Correa e Fattori, 2006).

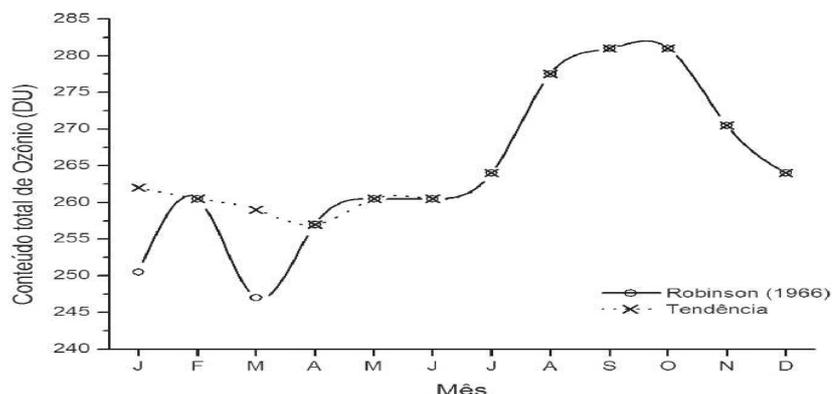


Figura 2: Comparação entre a média mensal de ozônio, baseada nas medidas do sensor TOMS (1996-2002), sobre a cidade de São Paulo e a média climatológica mensal de Robinson (1966) (Correa e Fattori, 2006).

Os resultados obtidos utilizando o TOMS mostram que nos últimos seis anos a concentração de ozônio sobre a cidade de São Paulo apresentou valor médio de 271 ( $\pm 15$ ) DU, com máximo de 347 DU e mínimo de 228 DU. Comparando estes valores com os valores climatológicos sugeridos por Robinson (1966), os dados fornecidos apresentam diferenças de até 3% na maior parte dos meses, com exceção de janeiro e março nos quais essa diferença foi próxima de 7%. No entanto, como se pode observar na Figura 2, nestes dois meses os valores correspondentes à região metropolitana da cidade de São Paulo divergem do valor esperado, diminuindo o ozônio durante o período do verão e do outono. Correa e Fattori (2006) afirmam ainda que durante esses últimos seis anos a quantidade de ozônio sobre a esta região não apresentou discrepâncias relevantes em relação à média climatológica proposta, concluindo nenhuma diminuição excessiva da concentração do ozônio.

Haag e Krenzinger (2010) apresentaram, em seu estudo, uma estimativa da distribuição espectral da irradiância solar sobre a superfície terrestre em diferentes regiões da América do Sul. Mas, para a obtenção dos espectros de distribuição da irradiância solar, foi preciso realizar uma análise estatística da coluna total de ozônio, mostrando a importância e a interferência do ozônio com a radiação, sobre a superfície da terra.

Leme e Kirchoff (2011) descreveram o ozônio desde sua definição, sua importância na atmosfera terrestre e a interferência entre o ozônio e a radiação ultravioleta. Ainda de acordo com o autor, como a camada de ozônio está ainda diminuindo e vai continuar assim por mais algumas décadas, acredita-se que o UV-B vai aumentar sua intensidade no futuro. É por isto que as medidas de UV-B, em diversas situações e em várias localidades, são consideradas tão importantes.

No Brasil, o INPE mede a camada de ozônio desde 1974. Em 1985 foi criado o Laboratório de Ozônio para criar uma rede de monitoração mais eficiente da camada de ozônio e da radiação ultravioleta. A Figura 3, mostra a variação anual do ozônio em Cachoeira Paulista no período de 1976 a 2003 e em Natal no período de 1976 a 2003. Os dados foram coletados pelo Laboratório de Ozônio do INPE, utilizando o Espectrofotômetro Dobson. A linha vermelha representa o valor médio do período. Observa-se que neste período o ozônio manteve-se constante.

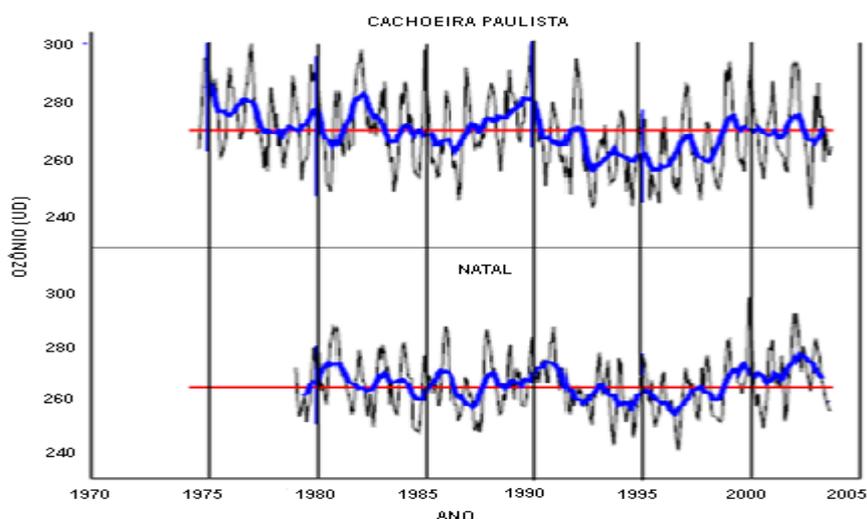


Figura 3: Comportamento do ozônio (Leme e Kirchoff, 2011).

Souza (2011) divulgou os resultados recentes de medidas da concentração de ozônio em Campo Grande (21 34S, 54 54 W, alt.: 540 m), no Mato Grosso do Sul, Brasil, com ênfase nas variações temporais diurna e sazonal. As medidas de ozônio descritas foram obtidas usando-se um sensor UV de ozônio.

De acordo com os resultados obtidos, observam-se algumas limitações, no que diz respeito às alterações nas variações do ozônio de forma temporal diurna e sazonal. O autor sugeriu, para futuros estudos, algumas atividades como: aumentar a intensidade das observações de ozônio, especialmente no que tange à densidade de estações.

Ainda segundo o autor, América do Sul e, em especial, o Brasil devem merecer atenção especial nesse particular. Estabelecer rotinas de observações nas áreas de maiores concentrações humanas, industriais e rurais (devido ao efeito das queimadas) com a finalidade de quantificar a contribuição dos agentes antropogênicos na concentração de ozônio de superfície, considerando-se a grande relevância desse parâmetro para as atividades humanas e, em particular, para fins agrícolas. Os modelos futuramente ajustados deverão evoluir essas fontes em suas formulações. O modelo atual usado nesse trabalho também deverá ser reajustado mediante o uso de dados que melhor representam as variações espaciais e temporais de ozônio em Campo Grande-MS.

## METODOLOGIA.

Para a realização desta pesquisa foram consideradas as médias mensais dos dados observacionais do Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) que é o espectrômetro de mapeamento de ozônio, no período de 1979 a 1993, utilizando o satélite Nimbus, de 1997 a 2004 utilizando o satélite Earth Probe, de 2005 a 2010 usando dados do Instrumento de Monitoramento de Ozônio (OMI) na espaçonave Aura.

Este trabalho analisa o ozônio total em dois pontos específicos, denominados de A e B, com latitude fixa para ambos de 8°30'S e longitudes de 35°37'30''O e 36°52'30''O, pontos próximos da cidade Barra de Guabiraba e de Pedra respectivamente, localizados na região do agreste Pernambucano no Nordeste Brasileiro. Esta pesquisa caracteriza-se como descritiva, já que trata de descrever as características dos fenômenos observados, analisar e fazer relações entre as variáveis pesquisadas no estudo (Ribeiro, 2005 apud Bisqueria, 1989).

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados mostra o comportamento da camada de ozônio sendo apresentados os valores médios mensais do Ozônio Total calculados utilizando-se os 31 anos de dados que compreendem os anos desde 1979 a 2010, como também são apresentadas as médias anuais para o mesmo período. Os anos compreendidos entre 1993 e 1996 não foram utilizados por não existir dados disponíveis pela NASA neste período. As médias anuais foram analisadas através da linha de tendência linear, com o Intervalo de Confiança (IC) de 95% para cada ano.

*Ponto A (8.5 S; 36.875 O) (Cidade da Pedra – PE)*

Nesta região, e de acordo com o gráfico da Figura 4 (valores médios mensais da concentração do ozônio total), observou-se uma variação do Ozônio Total ao longo dos meses atingindo o seu máximo (273,98 UD) na primavera e o seu mínimo (252,94 UD) no final do outono. Portanto, apresentou uma variação de 21,04 UD, correspondendo a uma variação percentual de 7,7%.

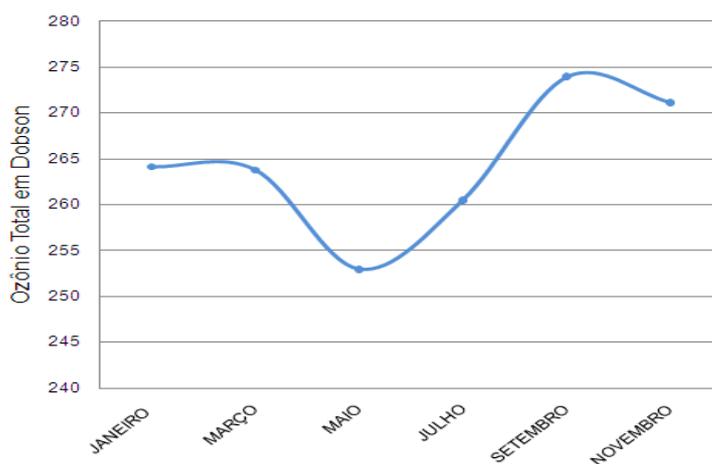


Figura 4: Comportamento médio do Ozônio Total durante o ano para o ponto A.

O comportamento da média anual do Ozônio Total dos meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro, para o período analisado (1979 a 2010), estão dispostos na Figura 5.

Observa-se que em todos os meses a média anual do Ozônio Total apresenta um comportamento semelhante. A taxa de variação anual é pequena ( $< 0,1\%$  ao ano), e seu valor é diferente para cada mês. Utilizando-se a linha de tendência, observou-se que o mês que possui a menor taxa de queda média anual é setembro com  $0,079$  UD/ano que corresponde a uma diminuição de  $0,029\%$  e o mês com a maior taxa de queda média anual é março com  $0,214$  UD/ano que corresponde a uma diminuição de  $0,081\%$ . Através da análise do Intervalo de Confiança, o mês que apresentou o menor intervalo foi setembro (em 2008) com  $1,04$  UD e o maior Intervalo de Confiança foi maio (em 2010) com  $5,61$  UD. Observou-se que os valores do Intervalo de Confiança são maiores que o coeficiente de variação da linha de tendência. Com esta pequena variação da coluna Total de Ozônio, pertencente ao Intervalo de Confiança, pode-se considerar tal concentração constante com o passar do tempo.

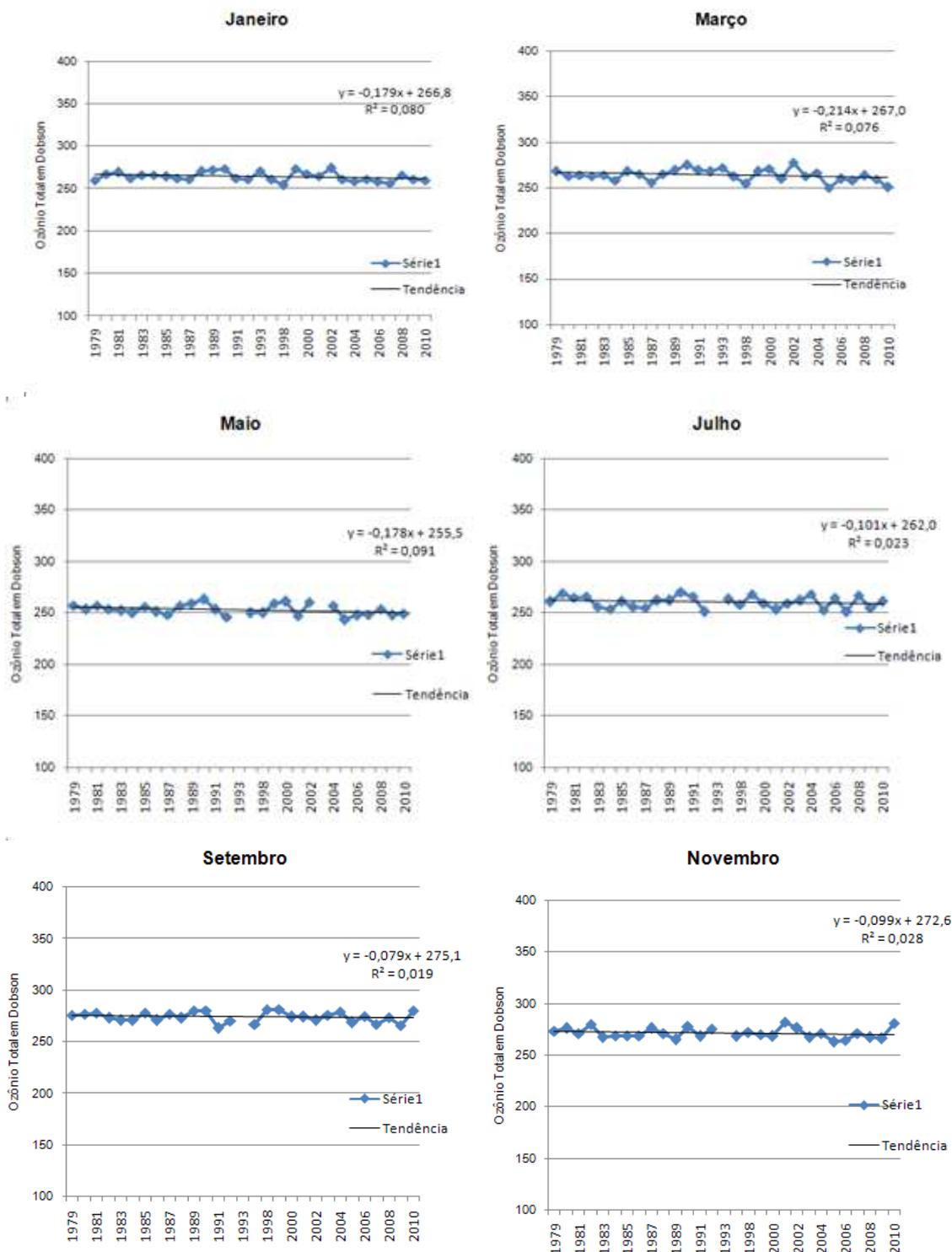


Figura 5: Ozônio Total dos meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro em função dos anos para o ponto A.

Analisando a Figura 6 (valores médios anuais do Ozônio Total) a média dos valores médios anuais do Ozônio Total no período observado (1979 a 2010), foi de 264,64 UD com desvio padrão de 3,86 UD (1,46% da média). Através da linha de tendência, observa-se uma queda na média anual de 0,1153 UD/ano o que corresponde a 0,044% da média. Observa-se que o coeficiente de variação da linha de tendência é menor do que o Intervalo de Confiança (95%) durante os 31 anos.

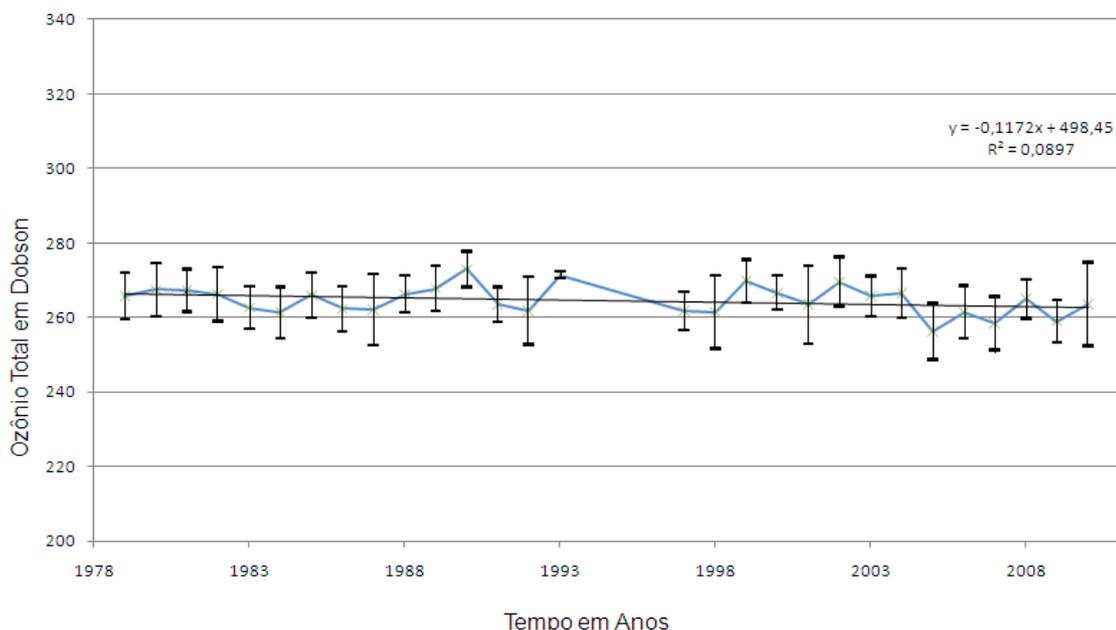


Figura 6: Média anual do ozônio total em UD de 1979 a 2010 para o ponto A.

Ponto B (8,5 S; 35,625 O) (Cidade de Barra de Guarabira – PE)

Nesta região, e de acordo com o gráfico da Figura 7 (valores médios mensais da concentração do ozônio total), observa-se um comportamento muito semelhante ao do ponto A. O Ozônio Total varia atingindo o seu Máximo (275,31 UD) na primavera, e o seu mínimo (253,72 UD) no final do outono, apresentando uma variação de 21,59 UD, correspondendo a uma variação percentual de 7,8%.

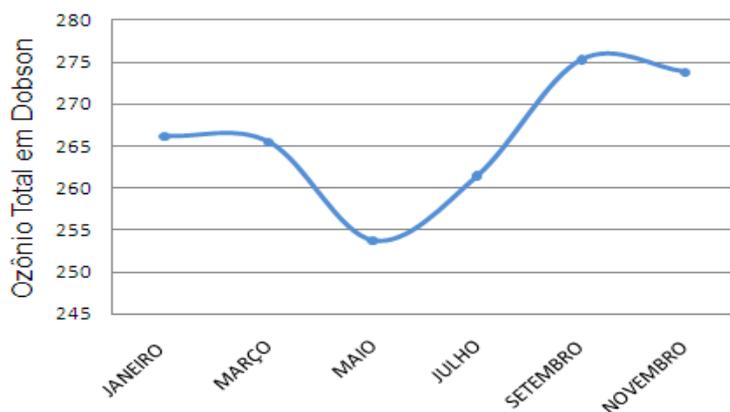


Figura 7: Comportamento médio do Ozônio Total durante o ano para o ponto B

O comportamento da média anual do Ozônio Total dos meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro, para o período analisado (1979 a 2010), estão dispostos na Figura 8.

Como no ponto A, observa-se que em todos os meses a média anual do Ozônio Total apresenta um comportamento semelhante. Utilizando-se a linha de tendência, observou-se que o mês que possui a menor taxa de queda média anual é novembro com 0,075 UD/ ano que corresponde uma diminuição de 0,027% e o mês com a maior taxa de queda média anual é março com 0,232 UD/ano que corresponde a uma diminuição de 0,087%. Percebe-se que taxa de variação anual é pequena (< 0,1% ao ano), e seu valor é diferente para cada mês. A análise do Intervalo de Confiança, o mês que apresentou o menor intervalo foi maio (em 2007) com 0,93 UD e o maior Intervalo de Confiança foi maio (em 2010) com 4,97 UD. Os valores encontrados para o Intervalo de Confiança são maiores que o coeficiente de variação da linha de tendência. Com esta

pequena variação da coluna Total de Ozônio, pertencente ao Intervalo de Confiança (95%), pode-se considerar tal concentração constante com o passar do tempo.

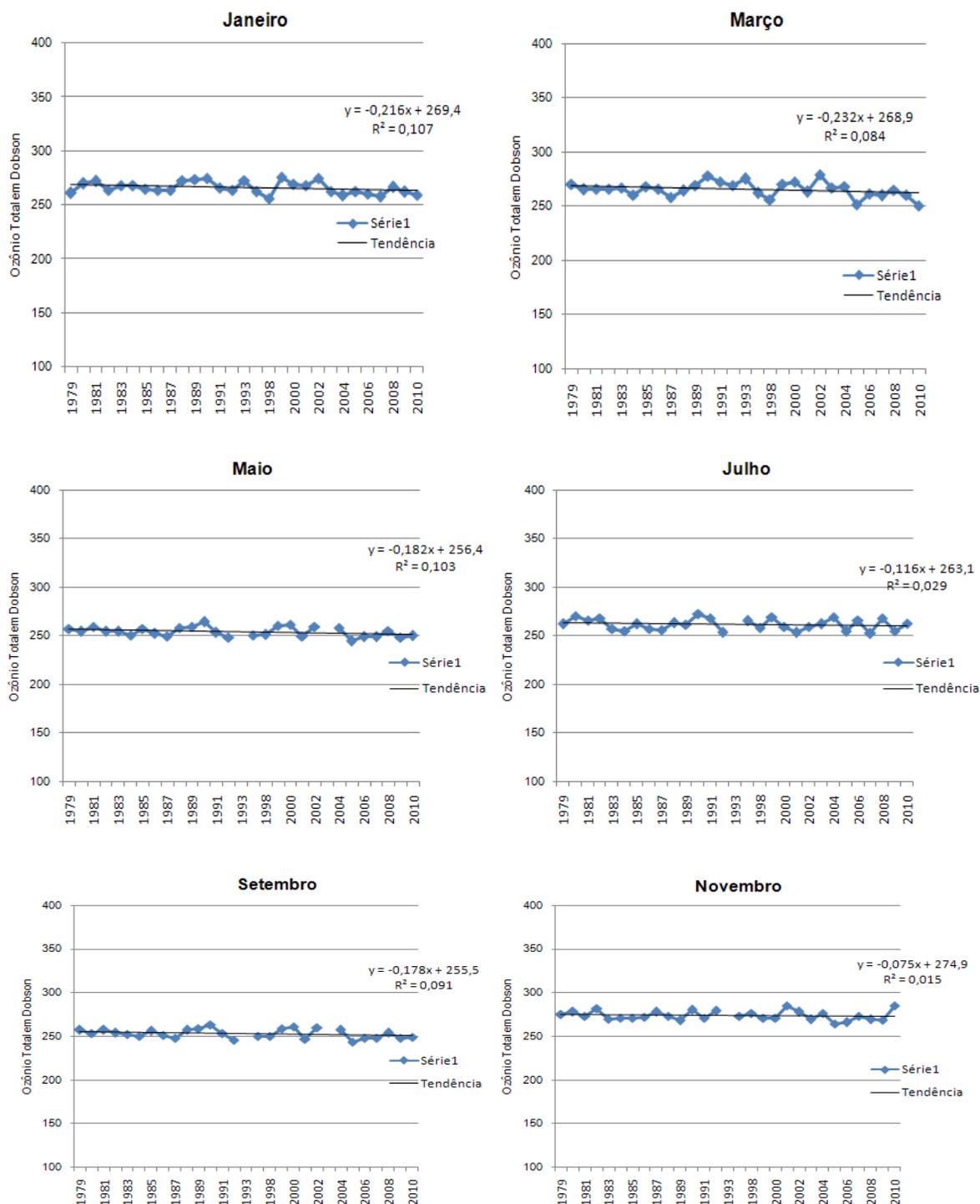


Figura 8: Ozônio Total dos meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro em função dos anos para o ponto B.

Analisando a Figura 9 (valores médios anuais do Ozônio Total) observou-se que a média dos valores médios anuais do Ozônio Total no período de 1979 a 2010, foi de 266,24 UD com um desvio padrão de 3,87 UD (1,45% da média). Através da linha de tendência, observa-se uma queda na média anual de 0,1408 UD/ano o que corresponde a 0,053% da média. Analisando a linha de tendência linear, observa-se que o seu coeficiente de variação é menor do que o Intervalo de Confiança (95%) durante os 31 anos.

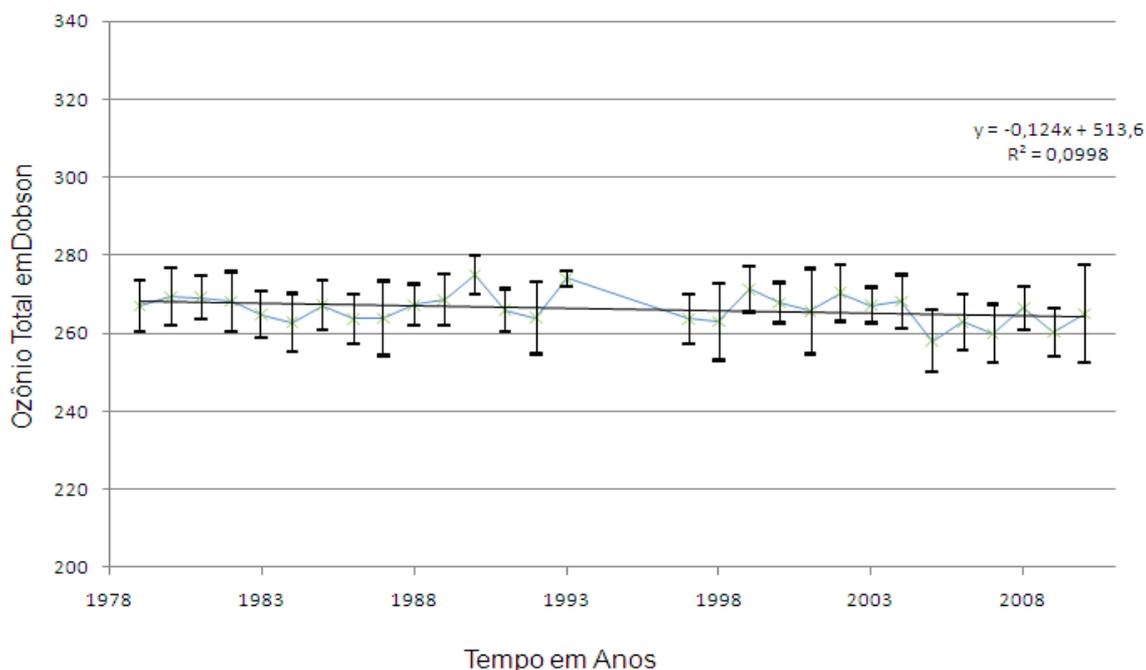


Figura 9: Média anual do ozônio total em UD de 1979 a 2010 para o ponto B.

De acordo com Manfro (2005) a explicação para as variações do ozônio total estão ligadas a formações de ciclones e anticiclones em regiões próximas deslocando massas de ar tanto da região tropical como da região próxima ao Pólo Antártico. O deslocamento das massas de ar, que poderá contribuir para a diminuição ou o aumento da concentração do ozônio atmosférico dependerá das estações do ano.

## CONCLUSÃO

Através da análise da tendência linear, Ozônio Total médio dos meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro, em função dos anos (Figuras 5 e 8), tanto para o ponto A como para o ponto B, diminuem com o passar dos anos, mas a taxa que rege esta diminuição é muito pequena, sendo o mês que apresenta a maior taxa de queda para ambos os pontos é março com 0,214UD/ano (0,081%) para o ponto A e 0,232UD/ano (0,087%) para o ponto B.

Os Intervalos de Confiança (95%) para os meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro apresentaram-se sempre superiores aos coeficientes de variação da linha de tendência. Para o ponto A, o mês que apresentou o menor Intervalo de Confiança foi setembro (em 2008) com  $\pm 1,04$  UD e o maior Intervalo de Confiança foi maio (em 2010) com  $\pm 5,61$  UD, e para o ponto B, o mês que apresentou o menor intervalo foi maio (em 2007) com  $\pm 0,93$  UD e o maior Intervalo de Confiança foi maio (em 2010) com  $\pm 4,97$  UD.

Através dos valores médios anuais do Ozônio Total para os últimos 31 anos (Figuras 6 e 9), observou-se uma média de 264,64 UD com desvio padrão de 3,86 UD (1,46% da média) para o ponto A e de 266,24 UD com um desvio padrão de 3,87 UD (1,45% da média) para o ponto B. Também observou-se uma pequena queda em sua concentração por ano de 0,044% da média para o ponto A e 0,053% da média para o ponto B. Baseados nos valores dos Intervalos de Confiança encontrados, todos são sempre superiores ao coeficiente de variação da linha de tendência.

Este estudo mostrou que na região analisada, a suspeita que o ozônio estivesse diminuindo com o passar do tempo não foi confirmada. Devido à pequena variação obtida estar dentro da faixa dos intervalos de confiança calculados, durante a análise dos últimos 31 anos pode-se considerar estatisticamente que o ozônio permaneceu constante. Faz-se necessária uma maior quantidade de dados relativos a um período de tempo maior para se verificar, se realmente a concentração de Ozônio Total está diminuindo ou se esta variação faz parte de um ciclo natural do ozônio.

A variação do Ozônio Total em função dos meses do ano não é desprezível (Figuras 4 e 7). Durante os meses do ano o Ozônio Total variou em mais de 20 UD para ambos os pontos analisados, o que corresponde a 7,7% para o ponto A e 7,8% para o ponto B. Comportamento semelhante foi observado por Correa e Fattori (2006) na região metropolitana de São Paulo no período de 1996 a 2002. Os valores esperados do Ozônio Total (TOMS) indicam uma queda entre os períodos do verão ao outono, atingindo o seu valor mínimo e aumentando até a primavera, onde atinge o seu máximo. Mas apresentaram uma variação cinco vezes maior (34,3%) em relação aos valores obtidos neste trabalho.

Este fato reforça a orientação de se evitar a exposição solar nos períodos de menor concentração do ozônio, pois mesmo sendo no período do outono e inverno, em dias de céu claro, a incidência da radiação ultravioleta pode ser maior.

Para alguns autores, como Manfro (2005), as “anomalias” das variações do ozônio estratosférico, em localizações específicas, dependem do período do ano. O deslocamento de massas de ar, através de ciclones e anticiclones, pode refletir num aumento ou numa queda na concentração do ozônio atmosférico. Nos pontos A e B especificamente, não se pode afirmar que estas correntes são os principais e/ou únicos fatores que influenciam estas variações.

De acordo com Leme e Kirchoff (2011) quando a concentração de ozônio de certa região diminui existe uma tendência da intensidade da radiação ultravioleta nesta região aumentar, principalmente a UV-B. Pode-se concluir que se existir um crescimento no nível de radiação UV nestes dois pontos, durante o período analisado (1979 a 2010) o fator responsável por este crescimento não será o ozônio desta região, pois como foi verificado, ele permanece praticamente constante durante os últimos 31 anos.

Em concordância com Souza (2011) faz-se necessário a obtenção de mais medições do Ozônio Total nas diferentes estações do ano, em regiões com maior e menor densidade populacional, regiões industriais, e rurais, para que seja possível relacionar as variações do ozônio com os diversos fatores a que podem estar relacionadas como a temperatura, correntes de convecção existentes nessas regiões, ação antrópica, estações do ano, entre outros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- André I. R. N. et al. (2003) Análise do Comportamento do Ozônio Estratosférico na América do Sul e Vizinhanças Utilizando-se Imagens do Satélite Nimbus7/toms. Anais XI SBSR. Belo Horizonte, Brasil, INPE 05-10, 1117-1124.
- Bisquerra R.(1989). Métodos de Investigación Educativa. Barcelona, España, Ceac.
- Chapman, S. A. e Mem. Roy.(1930). Meteorolog Soc., 3, 103.
- Corrêa M. P. (2003). Índice ultravioleta: avaliações e aplicações. Departamento de Ciências Atmosféricas, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, 247.
- Corrêa M. P. et al. (2004). Comparative study of UVB attenuation observed during dry and wet seasons in a South American region. Simpósio Internacional de Radiação, Pusan, Coréia do Sul.
- Corrêa M. P., FATTORI, A. P. (2006). Uma Análise das Variações do Índice Ultravioleta em Relação às Observações de Conteúdo de Ozônio e da Espessura Óptica dos Aerossóis Sobre a Cidade de São Paulo. Revista Brasileira de Meteorologia, v.21, n.1, 24-32.
- Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INAMET). (2011). Radiação Ultra-Violeta. República de Angola. Disponível em: <[http://www.inamet.ao/index.php?option=com\\_content&view=article&id=52:radiao-ultra-violeta&catid=64:ambiente-atmosferico&Itemid=146](http://www.inamet.ao/index.php?option=com_content&view=article&id=52:radiao-ultra-violeta&catid=64:ambiente-atmosferico&Itemid=146)>. Acesso em: 20 fev. 2011.
- Kirchoff, V. W. J. H. e Da Silva I. M. O. (1988). Medidas de ozônio na floresta amazônica na estação chuvosa: primeiros resultados. Revista Brasileira de Meteorologia. [S.I.]: Vol. 3, 193- 197.
- Leme N. P., Kirchoff, V. W. J. H. (2011). A Camada de Ozônio Documento Informativo. IMPE- Ministério da Ciência e Tecnologia- Instituto Nacional de Pesquisas Especiais. Disponível em: <<http://homologa.ambiente.sp.gov.br/prozonesp/docs/acamadaozonio.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2011.
- Manfro R. L. (2005). Influências dos sistemas meteorológicos nas variações da coluna total de ozônio atmosférico observado no sul do Brasil, em São Martinho da Serra, RS. INPE, São José dos Campos.
- Mc Kenzie, R.L. et al. (2003). Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. Photochem Photobiol. Sci, v. 2, 1-4.
- Newman PA. (2005). The antarctic ozone hole. In: Stratospheric Ozone. An Electronic Textbook. Todara R, ed. Disponível em: <http://hyperion.gsfc.nasa.gov>. Acesso em 10 jan. 2011.
- R. Haag. e A. Krenzinger. (2010). Estimativa da Distribuição Espectral da Irradiância Solar para Distintas Regiões da América do Sul. Avanços em Energias Renováveis e Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.asades.org.ar/>>. Acesso em: 20 jul. 2011.
- Ribeiro R. A. (2005). Camada de Ozônio na Atmosfera da Cidade do Natal/Rn. Natal,RN. Ano III Vol 2. Disponível em: <[http://webserver.falnatal.com.br/revista\\_nova/a3\\_v2/](http://webserver.falnatal.com.br/revista_nova/a3_v2/)>. Acesso em 18 jan. 2011.
- Robinson N.(1966). Solar radiation. New York (EUA), Elsevier pub. co.,347.
- Sánchez F. C. (2006). Consideraciones sobre la capa de ozono y su relación con el cáncer de piel. The relationship between the ozone layer and skin cancer. Revista Médica. Chile; 134, 1185-1190.
- Souza A. et al. (2011). Variações Temporais da Concentração de Ozônio de Superfície em Campo Grande-MS. Campo Grande. p. 850-855. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/19-744a456c7dd9b7f0d8da563b42fba8ea.pdf>>. Acesso em: 01 jan. 2011.
- Telles G. R. et al. (2011). Estimativa dos efeitos da Poluição Atmosférica sobre a Saúde Humana: algumas possibilidades metodológicas e teóricas para a cidade de São Paulo. Programa de Planejamento de Sistemas Energéticos, NIPE/FEM/Unicamp. São Paulo. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd25/estimativa.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2011.

## ABSTRACT

This article aims at analyzing the behavior of the Total Ozone Column in 2 different locations in the semi-arid zone of Pernambuco which has had the same latitude over the past 31 years. Not only observational data from the Ozone Mapping Spectrometer (TOMS), collected by means of the satellites Nimbus and Earth Probe, but also data from the Ozone Monitoring Instrument (OMI) in the Aura spaceship have been taken into consideration. An insignificant decrease - of 0,044% of the mean for location A and 0,053% of the mean for location B – has also been observed for the mean annual values of the Total Ozone in the past 31 years. In both analyzed locations, the Total Ozone Column may be considered constant during the period of analysis.

**Keywords:** ozone, ozone layer total ozone ultraviolet radiation.