

# Notas e Resenhas

## SENSORIAMENTO REMOTO E OZÔNIO

GEOGRAFIA, Rio Claro, v. 29, n. 1, p. 127-135, jan./abr. 2004

### INTRODUÇÃO

Após a descoberta da redução da camada de ozônio sob a Antártida (Chubachi, 1984; Farman, 1985), muitos estudos sobre este gás foram realizados para verificar sua variabilidade anual, sazonal e diária. Nas últimas décadas, inúmeros trabalhos têm focado a dinâmica desse fenômeno utilizando observações feitas por sensores remotos orbitais e em superfície.

O campo das ciências atmosféricas que incluem a geografia, meteorologia, química e física é dependente de observações, não sendo possível muitas vezes reproduzir em laboratório todas as reações químicas e a dinâmica do ar que ocorrem na atmosfera. Assim, o uso de novas tecnologias tem possibilitado o desenvolvimento de diversos instrumentos de medições de inúmeros gases tornando mais aprimorado o conhecimento científico da atmosfera.

Existem inúmeras técnicas para medições de ozônio, como as realizadas por instrumentos que medem a coluna total deste gás a partir da superfície (in situ). Entretanto, a concentração deste gás pode ser obtida através de sensores instalados em satélites. Devido a sua ampla visão espacial e resolução temporal, os satélites ambientais têm tido um papel importantíssimo em monitorar a variabilidade do ozônio estratosférico. Este trabalho tem como objetivo relatar as diferentes técnicas, métodos e instrumentos de obtenção da concentração do ozônio através do sensoriamento remoto orbital.

### VARIABILIDADE DO OZÔNIO E SUAS MEDIÇÕES

O tempo de vida do ozônio, ou seja, sua duração na atmosfera é referente ao período entre a formação e destruição das suas moléculas. Este gás possui um tempo de vida longo na baixa estratosfera, da ordem de meses até anos. Este fato acontece porque os processos fotoquímicos de formação e destruição do ozônio ocorrem muito lentamente nesta camada atmosférica e um dos processos que contribui para a variabilidade deste gás é o transporte horizontal de massas de ar.

As observações realizadas na atmosfera requerem uma série de ferramentas de medições, com diferentes instrumentos em localidades diversas (Dave; Mateer, 1967; Fraser; Ahmad, 1978; Fleig et al, 1990; Stolarski et al, 1992; Heath, 1988). Estas podem ser realizadas por satélites, balões, aeronaves e em superfície. O conjunto de instrumentos usados em qualquer medição utiliza uma plataforma e produzem uma série de dados que são importantes para o entendimento do comportamento deste gás na atmosfera (GURNEY et al, 1993; NASA/TOMS, 2003).

As aproximações gerais para a realização de medições atmosféricas podem ser realizadas pela superfície terrestre (in situ) e através do sensoriamento remoto orbital. No sensoriamento remoto, alguns parâmetros atmosféricos como a concentração de ozônio indiretamente quantifica mudanças na radiação atmosférica provocada pela presença de algum componente. Neste caso, registram-se as mudanças na corrente térmica atmosférica (infravermelho) e na radiação de onda curta (ultravioleta, visível, microondas) produzida pelo componente. O instrumento, indiferentemente de sua plataforma, não está medindo o próprio parâmetro. Um sensor remoto de ozônio não mede as moléculas desse gás, na realidade mede como as moléculas de ozônio alteram a radiação que atravessa ou é emitida das regiões atmosféricas observadas (GURNEY et al, 1993; NASA/TOMS, 2003). Estes instrumentos podem ser passivos, quando a medição depende de fontes naturais de luz, e ativos, quando o observador controla a fonte de energia.

A vantagem da técnica do sensoriamento remoto é que a plataforma de observação não necessita de uma amostra de ar diretamente. No caso passivo, avalia-se como os parâmetros atmosféricos mudam a radiação existente na atmosfera. No caso ativo, detecta-se como os parâmetros atmosféricos mudam a radiação que foi introduzida na atmosfera.

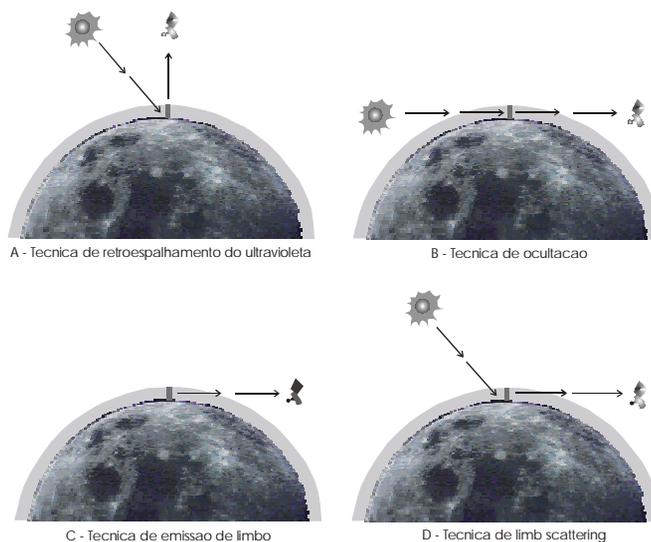
O sensoriamento remoto passivo é um modo indireto de medir uma molécula atmosférica ou partícula observando as mudanças na radiação eletromagnética (incluindo luz visível) causadas pela molécula ou partícula em questão. Pode-se observar estas mudanças na radiação porque cada componente atmosférico absorve determinado comprimento de onda em diferentes regiões do espectro eletromagnético. Esta radiação é emitida, refletida ou se espalha pela atmosfera e na superfície da Terra afetando vários comprimentos de onda do espectro eletromagnético, como por exemplo o ultravioleta, visível, infravermelho e regiões de microonda. A radiação é alterada pelo tipo, tamanho e concentração de moléculas constituintes na atmosfera. Ela também é alterada pela temperatura da atmosfera, particularmente no infravermelho e regiões de microonda. Assim, sabendo como e por que uma quantidade diferente de moléculas absorvem a radiação em comprimentos de onda diferentes, pode-se identificar a característica para cada componente atmosférico.

O sensor passivo ressalta o fato de que cada componente atmosférico tem sua própria característica. Desta forma, pode-se identificar uma molécula através de um instrumento sensível à radiação de certos comprimentos de onda, que permita identificar sua característica. Todavia, o sensor ativo atua interagindo com a radiação na atmosfera que já foi alterada pela presença do parâmetro em questão e medindo sua resposta, neste caso, o gás ozônio. Como exemplo, a técnica "lidar" emprega um laser como uma fonte luminosa na atmosfera. A luz de laser que incide na atmosfera é refletida pelas moléculas atmosféricas num determinado detector que a redução desta luz provê informações das partículas atmosféricas e moléculas. Assim, as mudanças nos comprimentos de onda durante o retorno podem gerar informações sobre o movimento atmosférico.

#### TÉCNICAS DOS INSTRUMENTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

As medições de ozônio globais realizadas por satélite, utilizam sensoriamento remoto passivo e condições operacionais para o sensoriamento remoto ativo (NASA/TOMS, 2003). Com este enfoque, existem quatro técnicas de sensoriamento remoto baseadas em conceitos de geometria diferentes: a) retroespalhamento do ultravioleta (Backscattering Ultraviolet - BUV), b) ocultação, c) emissão do limbo e d) espalhamento do limbo (Figura 1).

Figura 1 - Técnicas de sensoriamento remoto baseadas em conceitos de geometria diferentes



Fonte: NASA/TOMS, 2003

Adaptado por: André, Iara Regina Nocentini

#### *Técnica retroespalhamento do ultravioleta*

A técnica BUV realiza medições com base na luz ultravioleta proveniente do Sol. Um determinado comprimento de onda da banda do ultravioleta (UV) entra na atmosfera e é refletido pela superfície ou se espalha na atmosfera num mesmo comprimento de onda (KLENK, 1980; KLENK et al, 1982).

Para determinar o ozônio total são feitos dois pares de medidas. A primeira é referente à luz da radiação ultravioleta que entra pela atmosfera e a radiação num comprimento de onda fortemente absorvido pelo ozônio. A outra é da irradiação do ultravioleta incidente e a radiação medida num comprimento de onda pouco absorvido pelo ozônio. As medições de irradiação de UV que penetra na atmosfera e a radiação de UV que é pouco absorvida pelo ozônio determinam a concentração deste gás. Este fato mostrava quanto de radiação UV poderia ocorrer se não existisse a absorção pelo ozônio. Assim, a concentração de ozônio é estimada pela diferença entre a radiação ultravioleta incidente e a refletida.

Ao se estimar o ozônio integra-se à quantidade existente deste gás numa coluna atmosférica que se estende da superfície terrestre até o topo da atmosfera sobre determinada localidade. O cálculo envolve a medição de quanto a radiação numa faixa espectral entre 312 e 340nm foi dispersa na atmosfera.

Os instrumentos Solar Backscatter Ultraviolet (SBUV), Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) e Global Ozone Monitoring Experiment (GOME) utilizam a técnica do retroespalhamento do ultravioleta em suas medições (HEATH and PARK, 1978; KLENK, 1980; GURNEY et al, 1993; NASA/TOMS, 2003).

O instrumento SBUV do satélite Nimbus7 e da série de satélites de órbita polar NOAA são exemplos de instrumentos BUV, que absorvem em 12 comprimentos de ondas. No caso do Nimbus7 (novembro de 1978 a julho de 1990), esse instrumento possuía um campo de visada de 200km<sup>2</sup>. Já os instrumentos BUV instalados no NOAA-11 e posteriormente no NOAA-14, são conhecidos como SBVU/2 e possuem o mesmo tipo de instrumento do Nimbus7. O NOAA-11 SBVU/2 proveu medições hemisféricas de ozônio durante o período de 1989 a 1994 e o NOAA-14 SBVU/2 ainda realiza essas medições, possibilitando o estabelecimento de um mapa global de ozônio a cada sete dias aproximadamente (FLEIG, 1990; FLEIG et al, 1983; FLEIG et al, 1989). Atualmente, o NOAA-16 SBUV está realizando medições de ozônio desde 2001.

O instrumento TOMS registra o retroespalhamento da radiação ultravioleta em 6 comprimentos de onda e provê uma contínua medição da coluna de ozônio total. O instrumento, também instalado no Nimbus7, registrou a cobertura global do ozônio, exceto a região polar noturna no período de novembro de 1978 a maio de 1993. O TOMS/Nimbus7 possuía campo de visada de 50 km<sup>2</sup>. Já o instrumento TOMS do satélite Meteor-3 mediu ozônio de agosto de 1991 a dezembro de 1994 e com campo de visada de cerca de 60 km<sup>2</sup>. O instrumento TOMS, instalado no satélite Earth Probe (EP), continua provendo medições de ozônio com ângulo de visada de aproximadamente 39 km<sup>2</sup> (NASA, 1986).

O GOME, a bordo do satélite European Space Agency's European Remote Sensing-2, foi lançado em abril de 1995 e utiliza a técnica BUV, medindo os comprimentos de onda de 240nm e 793nm, correspondendo as regiões do ultravioleta e do visível do espectro eletromagnético. Faz medições da densidade da coluna de ozônio, dióxido de nitrogênio, vapor d'água, dióxido de enxofre, cloro e monóxido de bromo, dentre outros. O campo de ângulo de visada desse sensor é de 320 km através de 40 km e provê um mapa global à aproximadamente a cada dois dias (LAMBERT et al, 2001).

### *Técnica de ocultação*

Outro método para medir o perfil vertical do ozônio em uma plataforma de satélite é a técnica de ocultação. O instrumento de ocultação faz medições da radiação diretamente proveniente do sol, da lua ou estelar, entretanto a resposta da atmosfera depende do radiador celestial que está sendo usado pelo instrumento do satélite. Utilizando-se as medições da quantidade de absorção de radiação através da atmosfera em diferentes comprimentos de onda, os instrumentos de ocultação podem deduzir os perfis verticais de vários componentes, inclusive o ozônio. Uma vantagem desta técnica é a sua melhor resolução vertical. A relação entre a radiação atmosférica alterada com a radiação inalterada medida fora da atmosfera, é uma medida da transmissão atmosférica. Deste modo, pode-se deduzir o perfil vertical de vários gases na atmosfera. A resolução vertical de um instrumento de ocultação solar é de aproximadamente 1 a 2 km. Esta técnica tem como desvantagem uma cobertura espacial limitada. Até recentemente, a técnica de ocultação utilizava a radiação solar para medi-la através da atmosfera. Somente poderiam ser realizados medições com este instrumento ao amanhecer e pôr-do-sol, isto significa que este instrumento obtinha medições com uma cobertura espacial limitada a cada órbita, exigindo várias órbitas para obter a mesma cobertura espacial do instrumento BVU (como o TOMS), que tinha menos órbitas diárias. O aperfeiçoamento da técnica permitiu que os instrumentos de ocultação fizessem uso da lua e estrelas como fontes luminosas para ampliarem a cobertura espacial. Alguns dos instrumentos que utilizam esta técnica são SAGEII (Stratospheric Aerosol and Gas Experiment II), HALOE (Halogen Occultation Experiment), POAM (Polar Ozone and Aerosol Measurement II), ATMOS (Atmospheric Trace Molecule Spectroscopy) e GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars).

O instrumento SAGE II (Stratospheric Aerosol and Gas Experiment II) a bordo do Earth Radiation Budget Satellite (ERBS) iniciou medições do ozônio em outubro de 1984.

Os SAGE I e II empregaram uma técnica de ocultação solar para medirem gases como ozônio, dióxido de nitrogênio e vapor de água, assim como aerossóis estratosféricos nas bandas da radiação ultravioleta e visível. A nova geração do instrumento SAGE III, que teve o lançamento em meados de 1999, no satélite Russian Meteor-3M, ampliou a capacidade de medição na região do infravermelho e também pode usar a lua como fonte luminosa. Este modo de ocultação lunar aumentará a cobertura espacial e a medição no infravermelho permitirá caracterizar outros componentes atmosféricos (ATTMANNSPACHER et al, 1989; CHIOU et al, 1997; CUNNOLD et al, 1989).

O instrumento HALOE (Halogen Occultation Experiment) instalado no Upper Atmospheric Research Satellite (UARS), lançado em 1991, registra especificamente os comprimentos de onda referentes ao infravermelho. É importante ressaltar que as observações na região do espectro eletromagnético permitem mensurar mais componentes atmosféricos que os obtidos pelo instrumento SAGE II. Além do ozônio e vapor de água pode-se obter medições do metano, ácido clorídrico e nitrogenado (RUSSELL et al, 1993; HERVIG et al, 1993; CRUTZEN et al, 1995; BRÜHL et al, 1996; BRAMSTEDT et al, 2002).

O instrumento POAM II (Polar Ozone and Aerosol Measurement II) instalado no French Space Agency's Satellite Pour l'Observation de la Terre-3 (SPOT-3) em setembro de 1993, permaneceu operando somente até novembro de 1996, sendo substituído pelo POAM III lançado no satélite SPOT-4, em março de 1998. O POAM II e seu sucessor POAM III são instrumentos que utilizaram a técnica de ocultação solar e foram projetados para medir a distribuição vertical e a concentração do ozônio estratosférico, vapor de água, dióxido de nitrogênio e vários aerossóis (LUMPE et al, 2002; RANDALL et al, 2000).

O instrumento ATMOS (Atmospheric Trace Molecule Spectroscopy) também usou o Sol como fonte de radiação, mas o instrumento ainda conseguiu observar as características de absorção de vários componentes com uma resolução de comprimento de onda muito alta. Isto permitiu realizar medições de gases traço que não puderam ser medidos por qualquer outra técnica. Entretanto, os instrumentos SAGE e HALOE usaram comprimentos de onda limitados para fazer tais medições (FARMER, 1994; MINSCHWANER et al, 1993; IRION et al, 1996).

O instrumento GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars) foi programado para ser instalado no ENVISAT. Este instrumento usa as estrelas como fonte de radiação para as medições de ocultação. A cobertura espacial desta técnica é significativamente maior, desde que o satélite portador deste instrumento frequentemente encontra uma estrela ou um conjunto de estrelas. A única desvantagem do uso das estrelas é que as medições não poderão ser feitas na baixa atmosfera como a observada na técnica de ocultação solar (BERTAUX et al, 1991; BERTAUX, 1999).

### *Técnica de emissão de limbo*

Os instrumentos que fazem medições com a técnica de emissão de limbo registram a concentração de ozônio nos comprimentos de onda do infravermelho ou microondas, ou seja, o valor térmico que foi emitido pela atmosfera ao longo da linha de visão do instrumento. A altitude para o qual o instrumento pode "ver" é chamada de altitude tangente. A emissão de radiação acontece ao longo do caminho geométrico entre a altitude tangente e o instrumento no satélite, assim este caminho horizontal é totalmente comparado à altitude tangente (NASA/TOMS, 2003).

Embora a geometria desta técnica seja semelhante à técnica de ocultação, as duas técnicas apresentam diferenças. Os instrumentos que utilizam a técnica de ocultação absorvem medições de radiação solar, lunar ou estelar pela atmosfera e os instrumentos que utilizam as técnicas de emissão de limbo medem a radiação de ondas longas emitidas pelos gases de rastro em altitudes diferentes.

A medição de radiação envolve o acúmulo de radiação emitida ao longo de um caminho horizontal longo com pequena gama vertical. Por causa do rápido decréscimo da densidade atmosférica com a altura, a contribuição primária para a radiação medida a uma altitude específica origina perto daquela altitude. Como o satélite gira ao redor do planeta, a altitude tangente sobre determinada localidade muda. De posse de várias medições sobre um determinado local, esta técnica permite criar um perfil vertical de concentrações de gás rastro.

A resolução vertical na ordem de 3km, proveniente de uma resolução horizontal, é considerada boa. O caminho horizontal longo entre o satélite e a altitude tangente provê para uma resolução horizontal ruim.

Medições feitas pelo visor de limbo (limb viewing) utilizam a faixa de comprimento de onda do infravermelho. Os sensores de limbo provêem uma cobertura melhor que a técnica de ocultação solar, desde que emissão de ondas longa na atmosfera pode ser medida continuamente durante o dia e noite. A técnica de ocultação solar pode ser usada somente pelo satélite ao amanhecer ou pôr-do-sol.

Os sensores de limbo como o "Limb Infrared Monitor of the Stratosphere" (LIMBS), do satélite Nimbus-7, e o "Cryogenic Limb Array Etalon Spectrometer" (CLAES), do satélite "Upper Atmospheric Research Satellite" (UARS) foram projetados para fazerem medições de diversos componentes atmosféricos, que incluem HNO<sub>3</sub> (ácido nítrico), NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrogênio) e HCl (ácido clorídrico) que são importantes para a química do ozônio (BAILEY et al, 1996; CUNNOLD et al, 1996).

A limitação da ocultação solar no amanhecer e pôr-do-sol foi superada por uma nova geração de sensores de infravermelho instalado no satélite "Earth Observing System" (EOS). O High Resolution Dynamics Limb Sounder" (HIRDLS) é um instrumento de varredura de limbo projetado para medir temperatura na atmosfera superior e determinar concentrações de ozônio, vapor d'água, metano, óxido nítrico, dióxido nítrico, nitrato de prata e várias combinações de clorofluorcarbonos (CFC), como também a localização de nuvens polares estratosféricas (HAWKINS; HUNNEMAN, 2000; MIAO et al, 2002; WEHR et al, 1998).

Os instrumentos de emissão de microondas têm uma habilidade única que possibilitam "ver" através das nuvens, porque observam comprimentos de onda muito longos, desta forma as intempéries do tempo não prejudicam a obtenção de informações. O Microwave Limb Sounder (MLS) é um destes instrumentos que está instalado a bordo do satélite Upper Atmosphere Research Satellite (UARS) e obtém dados de ozônio, como também de espécies ativas de outros gases envolvidos na destruição catalítica do ozônio.

#### *Técnica espalhamento do limbo*

A quarta técnica do sensoriamento remoto passivo é o espalhamento de limbo. Neste caso, a geometria é semelhante ao da emissão de limbo e de ocultação, que provêem uma boa resolução vertical. As medições de radiação solar são semelhantes a medições do BUV, mas a fonte luminosa está no limbo da atmosfera terrestre. Isto permite cobertura pela atmosfera provendo medidas de coluna semelhantes para os instrumentos de BUV (NASA/TOMS, 2003).

#### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A utilização de dados obtidos pelas diversas técnicas de medições do gás ozônio através do sensoriamento remoto orbital é relevante não somente por revelar sua variabilidade, mas também em possibilitar o cruzamento com diversos tipos de dados, e

diagnósticar a dinâmica atmosférica, proporcionando avaliar seu ritmo em diferentes latitudes ao longo dos anos e os processos físico-químicos que podem interferir na sua variabilidade.

## REFERÊNCIAS

ATTMANNSPACHER, W.; DELANOE, J.; DEMUER, D.; LENOBLE, J.; MEGIE, G.; PELON, J.; PRUVOST, P.; REITER, R. European Validation Of SAGE II Ozone Profiles, **Journal of Geophysical Research**, New Jersey, v.94, n.D6, p. 8461-8466; 1989.

BAILEY, P. L.; EDWARDS, D. P.; GILLE, J. C.; LYJAK, L. V.; MASSIE, S. T.; ROCHE, A. E.; KUMER, J. B.; MERGENTHALER, J. L.; CONNOR, B. J.; GUNSON, M. R.; MARGITAN, J.; MCDERMID, I. S.; MCGEE, T. J. Comparison of CLAES Ozone Observations with Correlative Measurements, **Journal of Geophysical Research**, New Jersey, v.101, n. D6, p.9737-9756, 1996.

BERTAUX, J. L.; MEGIE, G.; WIDEMANN, T.; CHASSEFIERE, E.; PELLINEN, R.; KORPELA, K. E.; SIMON, P. Monitoring of ozone trend by stellar occultations: The gomos instrument, **Advances in Space Research**., USA, v.11, n.3, p.237-242, 1991.

BERTAUX, J. L. Gomos mission objectives. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON ATMOSPHERIC MEASUREMENTS FROM SPACE, Noordwijk, The Netherlands, 1999, **Proceedings**, v. WPP-161, Noordwijk, 1999, p. 79-87.

BRAMSTEDT, K; EICHMANN, K-U.; WEBER, M.; ROZANOV, V.; BURROWS, J. P. GOME ozone profiles: A global validation with HALOE measurements, **Advances in Space Research**, USA, v. 29, n. 11, p.1637-1642, 2002.

BRÜHL, C.; DRAYSON, S. R.; RUSSELL III, J. M.; CRUTZEN, P. J.; MCINERNEY, J.; PURCELL, P. N.; CLAUDE, H.; GERNAND, H.; MCGEE, T.; MCDERMID, I.; GUNSON, M. R.: HALOE Ozone Channel Validation, **Journal of Geophysical Research**, New Jersey, v. 101, n. D6, p. 10217-10240, 1996.

CHIOU, E.W.; MCCORMICK, M.P.; CHU, W.P. Global Water Vapor Distributions In The Stratosphere And Upper Troposphere Derived From 5.5 Years Of SAGE II Observations (1986-1991), **Journal of Geophysical Research**; New Jersey, v. 15, n. D5, p. 15220-15245, 1997.

CHUBACHI, S., Preliminary result of ozone observations at Syowa station from February 1982 to January 1983, **Member National Institute Polar Research**, Japan., v. 34, p.13-19, 1984.

CRUTZEN, P.; GROOSS, J-U; BRUHL, C.; MULLER, R.; RUSSELL III, J. M. A Reevaluation of the Ozone Budget with HALOE UARS Data: No Evidence for the Ozone Deficit, **Science**, England, v. 268, p. 705-708, May 5, 1995.

CUNNOLD, D.M.; CHU, W.P.; BARNES, R.A.; MCCORMICK, M.P.; VEIGA, R.E. "Validation Of SAGE II Ozone Measurements. **Journal of Geophysical Research**, New Jersey, v. 94, n. D6, p. 8447-8460; June 20, 1989.

CUNNOLD, D. M., FROIDEVAUX, L., RUSSELL, J. M., CONOR, B.; ROCHE, A., An overview of UARS Ozone validation based primarily on intercomparisons among UARS and SAGE II measurements. **Journal of Geophysical Research**, New Jersey, v.101, n. D2, p.10335-10350, 1996.

DAVE, J.V.; MATEER, C. L. A preliminary study on the possibility of estimating total atmospheric ozone from satellite measurements. **Journal. Atmosphere Science**, England, v.24, p.414-427, 1967.

FARMAN, J.C.; GARDINER, B.G.; SHANKLIN, J.D. - Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO<sub>x</sub>/NO<sub>x</sub> interaction. **Nature**, England, v. 315, p. 207-10, 1985.

FARMER, C. B. The ATMOS solar atlas, In: FARMER, C. B. **Infrared Solar Physics**, Dordrecht (Holland), Kluwer Academic Publishers, 1994, p. 511-521.

FLEIG, A.J.; HEATH, D.F.; KLENK, K.F.; OSLIK, N.; LEE, K.D.; PARK, H.; BHARTIA, P.K.; GORDON, D. **User's guide for the Solar Backscattered Ultraviolet (SBUV) and the Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) RUT-S and RUT-T data sets, October 31, 1978 to November 1, 1980**, Washington, NASA Reference Publication 1112, 1983, 287p.

FLEIG, A.J.; SILBERSTEIN, D.S.; CEBULA, R.P.; WELLEMEYER, C.G.; BHARTIA, P.K.; DELUISI, J.J. An assessment of the SBUV/TOMS ozone data quality, based on a comparison with external data, In: BOJKOV, R.D.; FABIAN, P. **Ozone in the Atmosphere, Proceedings of the Quadrennial Ozone Symposium 1988 and Tropospheric Ozone Workshop**. Virginia, Deepak, Hampton, 1989, p. 557-560.

FLEIG, A. J.; MCPETERS, R.D.; BHARTIA, P.K.; SCHLESINGER, B.M.; CEBULA, R.P.; KLENK, K.F.; TAYLOR, S.L.; HEATH, D.F. **Nimbus-7 Solar Backscatter Ultraviolet (SBUV) ozone products user's guide**, Washington, NASA Reference Publication 1234, 1990, 243p.

FRASER, R.S.; AHMAD, Z. The effect of surface reflection and clouds on the estimation of total ozone from satellite measurements. **Fourth NASA Weather and Climate Program Science Review**, Washington, NASA Conf Publ. 2076, [NTIS N7920633], p.247-252, 1978.

GURNEY, R.J.; FOSTER, J.L.; PARKINSON, C.L. **Atlas of satellite observations related to global change**. Cambridge University Press. Cambridge, 1993, 452p.

HAWKINS, G.J.; HUNNEMAN, R. A spectral performance model for the High Resolution Dynamics Limb Sounder (6-18 $\mu$ m), **Infrared Physics and Technology**, v. 41, n.4, p. 239-246, 2000.

HEATH, D.F.; PARK, H. The Solar Backscatter Ultraviolet (SBUV) and Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) experiment. In: MADRID, C.R. **The Nimbus-7 Users'Guide**, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 1978, p. 175-211.

HEATH, D.F.; Non-Seasonal Changes in Total Column Ozone From Satellite Observations, 1970-1986, **Nature**, v. 332, p. 219-227, 1988.

HERVIG, M. E.; RUSSELL III, J. M.; GORDLEY, L. L.; PARK, J. H.; DRAYSON, S. R.: Observations of Aerosol by the HALOE Experiment Onboard UARS: A Preliminary Validation, **Geophysical Research Letter**, v. 20, n. 12, p.1291-1294, June 18, 1993.

IRION, F. W.; GUNSON, M. R.; RINSLAND, C. P.; YUNG, Y. L.; ABRAMS, M. C.; CHANG, A. Y.; GOLDMAN, A. Heavy ozone enrichments from ATMOS infrared solar spectra, **Geophysical Research Letter**, USA, v. 23, n. 10, p.2377-2380, 1996.

KLENK, K.F. Absorption coefficients of ozone for the backscatter UV experiment, **Applied Optics**, Switzerland, v.19, n.Z, p.236-242, 1980.

KLENK, K.F.; BHARTIA, P.K.; FLEIG, A.J.; KAVEESHWAR, V.G.; MCPETERS, R.D.; SMITH, P.M. Total ozone determination from the backscattered ultraviolet (BUV) experiment, **Journal of Applied Meteorology**, England, n.21, p. 1672-1684, 1982.

LAMBERT, J.C., et al, Combined characterisation of GOME and TOMS total ozone measurements from space using ground-based observations from the NDSC, **Advances in Space Research**, USA, n.26, p.1931-1940, 2001.

LUMPE, J.D.; BEVILACQUA, R.M.; HOPPEL, K.W.; RANDALL, C.E. POAM III Retrieval Algorithm and Error Analysis, **Journal of Geophysical Research**, New Jersey, v.107, n.D21, 575, p.10029-10037, 2002.

MIAO, J.; BUEHLER, S.; KUNZI, K. The polarization characteristics of randomly oriented nonspherical ice particles in mm and sub-mm frequency range: Implications to the remote sensing of cirrus clouds using satellite microwave radiometry. **Atmospheric Chemistry and Physics Discussions**, v. 2, p.1403–1427, 2002.

MINSCHWANER, K.; SALAWITCH, R. J.; MCELROY, M. B. Absorption of solar radiation by O<sub>2</sub>: implications for O<sub>3</sub> and lifetimes of N<sub>2</sub>O, CFCl<sub>3</sub>, and CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, **Journal of Geophysical Research**, New Jersey, v.98, p.10543-10561, 1993.

NASA - National Aeronautics and Space Administration, "Nimbus-7 Solar Backscattered Ultraviolet and Total Ozone Mapping Spectrometer (SBUV/TOMS) GRIDTOMS Tape Specifications", **Goddard Space Flight Center**, Greenbelt, Maryland, 1986.

NASA/TOMS. Disponível em: [http://see.gsfc.nasa.gov/edu/SEES/strat/class/S\\_class.htm](http://see.gsfc.nasa.gov/edu/SEES/strat/class/S_class.htm)  
Acesso em: 20 mar, 2003.

RANDALL, C.E. BEVILACQUA, R.M. LUMPE, J.D. HOPPEL, K.W. RUSCH, D.W. AND SHETTLE, E.P. "Comparison of Polar Ozone and Aerosol Measurement (POAM) II and Stratospheric Aerosol and Gas Experiment (SAGE) II Aerosol Extinction Measurements from 1994 to 1996", **Journal of Geophysical Research**, New Jersey, v.105, p.3929-3942, 2000.

RUSSELL, J. M. III, GORDLEY, L. L. PARK, J. H. DRAYSON, S. R. HESKETH, D. H. CICERONE, R. J. TUCK, A. F. FREDERICK, J. E. HARRIES, J. E. AND CRUTZEN, P. J.: The Halogen Occultation Experiment, **Journal of Geophysical Research**, New Jersey, v. 98, n. D6, p.10,777-10,797, June 20, 1993.

STOLARSKI, R.S., BLOOMFIELD, P. MCPETERS, R.D. AND HERMAN, J.R. "Total ozone trends deduced from Nimbus-7 TOMS data", **Geophysical Research Letter**, USA, v.18, p.1015-1018, 1991.

WEHR, T. BÜHLER, S. A. VON ENGELN, A. KÜNZI, K. AND LANGEN, J.: Retrieval of Stratospheric Temperatures from Space Borne Microwave Limb Sounding Measurements, **Journal of Geophysical Research**, New Jersey, v.103, p.25997-26006, 1998.

IÁRA REGINA NOCENTINI ANDRÉ

(Pós-doutoranda da Divisão de Sensoriamento Remoto - INPE. Bolsista de Pós-doutorado da Fapesp.  
E-mail: iara@ltd.inpe.br)

NELSON JESUS FERREIRA

(Pesquisador Titular da Divisão de Sensoriamento Remoto - INPE. E-mail: nelson@ltd.inpe.br)

## REDESENVOLVENDO *BROWNFIELDS*<sup>1</sup>

GEOGRAFIA, Rio Claro, v. 29, n. 1, p. 135-137, jan./abr. 2004

O termo *brownfields* já é bem conhecido nos Estados Unidos, mas é pouco usado e conhecido no Brasil, não existindo um consenso quanto ao seu uso. Ele é traduzido no seu sentido literal como "campos escuros/marrons" e foi inicialmente usado para distinguir-se dos chamados *greenfields* ou "campos verdes" que se referem às áreas agrícolas localizadas longe dos centros urbanos como espaços previamente não desenvolvidos, em boas condições, ou ainda áreas florestais, parques e estuários naturais.

<sup>1</sup> THOMAS, H. Russ. **Redeveloping Brownfields**, McGraw-Hill, 1999, 289p. (ISBN 0-07-135311-9)