

# boletim **SBGf**

Publicação da Sociedade Brasileira de Geofísica  
Número 3, 2009

Objeto de fascínio no imaginário popular, o espaço é palco para os estudos da Geofísica Espacial, que procura entender e prevenir fenômenos importantes como as interferências nas telecomunicações e nos sistemas de posicionamento por GNSS e a perigosa incidência de raios. As questões científicas espaciais tendem a ganhar importância cada vez maior com o aumento da utilização do espaço próximo e da exploração do cosmo.

# Geofísica Espacial

## Uma ciência emergente e estratégica



Inscrições para pós-graduação  
com início em 2010

NOTAS, PÁG. 6

IBGE oferece serviço para o  
posicionamento em tempo real  
dos sistemas GNSS

GEODÉSIA, PÁG. 8

## Importância estratégica

Embora seja pouco conhecida pela população em geral, a Geofísica Espacial é estratégica para o progresso de um país. Como ciência recém-descoberta, os estudos da Geofísica Espacial no Brasil se iniciaram na década de 50. As pesquisas incluem temas dos fenômenos típicos do ambiente espacial brasileiro, como por exemplo a incidência de raios e a interferência em sistemas de posicionamento e comunicação, entre outros.

Adicionalmente, esta edição traz informações sobre alguns dos principais acontecimentos do 11º CISBGf, como as premiações da SBGf, a 31ª Assembleia Geral Ordinária, quando a nova diretoria foi empossada, e o lançamento de livros no estande da SBGf. A próxima edição do boletim será dedicada a cobertura do evento.

O boletim traz ainda notícias importantes no campo educacional e oportunidades de estudo na área da geofísica, tanto em nível de graduação, como de pós-graduação, além de uma matéria realizada com a coordenadora de Geodésia do IBGE sobre o novo serviço de posicionamento em tempo real dos sistemas GNSS.

### CONFIRA NESTA EDIÇÃO:

#### 3 EVENTOS

11º CISBGf reúne profissionais e estudantes em Salvador

#### 4 GESTÃO 2009-2011

Diretoria, Conselho e Secretarias Regionais tomam posse

#### 5 GRADUAÇÃO

UnB e Unipampa iniciam cursos de graduação

#### 6 NOTAS

- Inscrições para pós-graduação com início em 2010
- Brasil é o 13º país em produção de artigos científicos
- Patrick Corbett ministra DISC 2009 na SBGf
- Pesquisa da Unicamp vence Prêmio Petrobras de Tecnologia
- Pedro Walfir é nomeado membro afiliado da ABC
- Vale oferece 900 vagas de estágio

#### 8 GEODÉSIA

IBGE oferece serviço para o posicionamento em tempo real dos sistemas GNSS

#### 10 ESPECIAL Geofísica Espacial, uma ciência emergente e estratégica



- Inpe estuda crescente incidência de raios no país
- Fenômenos típicos do ambiente espacial brasileiro

#### 16 ARTIGO TÉCNICO

Nuvens, suas relações com a Química da Atmosfera e os Raios Cósmicos  
Tavares Júnior et al.

#### 20 AGENDA

#### DIRETORIA DA SBGf

Presidente  
Edmundo Julio Jung Marques (OGX)

Vice-presidente  
Jorge Dagoberto Hildenbrand (Fugro)

Diretora Geral  
Ana Cristina Fernandes Chaves Sartori (Geosoft)

Diretor Financeiro  
Neri João Boz (Petrobras)

Diretor de Relações Institucionais  
Carlos Eiffel Arbex Belem (Ies Brazil Consultoria)

Diretora de Relações Acadêmicas  
Marcia Ernesto (IAG/USP)

Diretor de Publicações  
Jurandyr Schmidt (Schmidt & Associados)

#### Conselheiros

Eduardo Lopes de Faria (Petrobras)  
Ellen de Nazaré Souza Gomes (UFPA)  
José Agnelo Soares (UFCEG)  
José Humberto Andrade Sobral (Inpe)  
Patricia Pastana de Lugão (Strataimage)  
Paulo Roberto Porto Siston (Petrobras)  
Paulo Roberto Schroeder Johann (Petrobras)  
Renato Lopes Silveira (ANP)  
Ricardo Augusto Rosa Fernandes (Petrobras)  
Sergio Luiz Fontes (Observatório Nacional)

Secretário Divisão Centro-Sul  
Marcos Antônio Gallotti Guimarães (Geonunes)

Secretário Divisão Sul  
Otávio Coaracy Brasil Gandolfo (IPT)

Secretário Divisão Nordeste Meridional  
Marco Antônio Pereira de Brito (Petrobras)

Secretário Divisão Nordeste Setentrional  
Aderson Farias do Nascimento (UFRN)

Secretário Divisão Norte  
Cícero Roberto Teixeira Régis (UFPA)

Editor-chefe da Revista Brasileira de Geofísica  
Cleverson Guizan Silva (UFF)

Secretárias executivas  
Ivete Berlice Dias  
Luciene Camargo

Coordenadora de Eventos  
Renata Vergasta

#### BOLETIM SBGf

Editadora-chefe  
Adriana Reis Xavier

Jornalista responsável  
Marcelo Cajueiro (MTB n. 15963/97/79)

Diagramação  
Diagrama Comunicação

Tiragem: 2.500 exemplares  
Distribuição restrita

O Boletim SBGf também está disponível no site [www.sbgf.org.br](http://www.sbgf.org.br)

Sociedade Brasileira de Geofísica - SBGf  
Av. Rio Branco 156, sala 2.509  
20040-003 - Centro  
Rio de Janeiro - RJ  
Tel/Fax: (55-21) 2533-0064  
[sbgf@sbgf.org.br](mailto:sbgf@sbgf.org.br)

# Nuvens, suas Relações com a Química da Atmosfera e os Raios Cósmicos

Armando Dias Tavares Júnior  
Instituto de Física, UERJ

Marília Dias Tavares  
Instituto de Física, UFF (aposentada)

Jünger Rendtel  
Astrophysical Institute Potsdam, Alemanha

Peter Dalin  
Swedish Institute of Space Physics, Suécia

Eigil Friis-Christensen  
Danish Space Research Institute, Dinamarca

## RESUMO

A cobertura de nuvens na Terra é fator primordial no equilíbrio climático. As nuvens ocorrem na atmosfera, estratosfera e mesosfera e serão descritas sucintamente neste artigo. A importância da observação de nuvens na estratosfera é a sua associação com o aumento da poluição na atmosfera.

Uma nova teoria é apresentada, mostrando a interação entre as nuvens e os raios cósmicos. Não existem teorias semelhantes desenvolvidas até o momento.

## INTRODUÇÃO

A camada que envolve a Terra, conhecida como atmosfera, é composta de 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio, 0,9% de argônio, 0,03% de dióxido de carbono e traços de outros gases. Essa camada protege a Terra de variações bruscas de temperatura e isola a superfície terrestre de parte da radiação ultravioleta proveniente do Sol. A espessura total da atmosfera é cerca de 480 km. A atmosfera não tem limite exato para terminar, ela vai se tornando rarefeita até o início do espaço exterior e é dividida em diferentes camadas. A exosfera é a camada "externa" da atmosfera, inicia-se a 640 km da superfície terrestre e se estende até 1280 km, sendo a fronteira entre a atmosfera e o espaço exterior. A Figura 1 mostra as camadas atmosféricas e suas nomenclaturas. A ionosfera possui parte compreendida na termosfera e começa entre 70 e 80 km de altura, atingindo aproximadamente 640 km. Essa região se caracteriza pela grande quantidade de íons e elétrons livres que formam plasmas rarefeitos. As auroras austrais e boreais ocorrem na ionosfera em latitudes altas. Na mesosfera, região que se situa entre 48 e 80 km acima da superfície terrestre, a temperatura decresce rapidamente com a altitude. A camada entre 16 e 48 km denomina-se estratosfera e caracteriza-se por ligeiro aumento de temperatura com a altitude. A camada de ozônio da Terra fica situada na estratosfera, absorvendo parte da radiação ultravioleta de alta energia (UVC) proveniente do Sol.

A camada denominada tropopausa (ou camada de transição) é o limite entre a troposfera e a estratosfera, sendo caracterizada por pouca ou nenhuma alteração da temperatura com a altitude. A troposfera é a camada mais baixa da atmosfera terrestre. Inicia-se na superfície terrestre e vai até cerca de 16 km de altura. As mudanças climáticas e as nuvens com as quais os seres humanos mais têm contato ocorrem na troposfera.

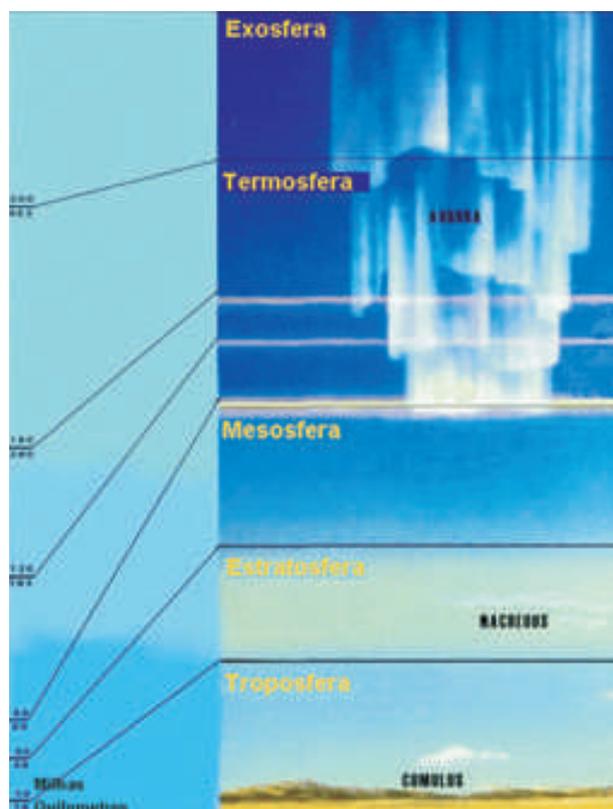


Figura 1 - Camadas da atmosfera, posição de nuvens e suas diferentes denominações e características. Copyright 2000,2001,2002 Free Software Foundation.

Metade da área terrestre total é coberta por nuvens, onde apenas cerca de 15% dessa área está espessamente coberta. A absorção de parte da radiação ultravioleta pelo vapor d'água (nas nuvens) cria um efeito estufa natural na Terra que é amplificado através de diversos poluentes como  $\text{CO}_2$ , CO e  $\text{N}_2\text{O}$ .

Modelos contemporâneos necessitam de informação sobre as condições terrestres: tamanho; forma e topografia dos continentes; composição da atmosfera; quantidade de radiação solar incidente. Os cientistas com essas informações simulam matematicamente o clima, aproximando-o ao máximo do clima real. Os resultados obtidos para temperaturas e ventos apresentam erros de até 5%, no entanto para nuvens e chuvas, a precisão é de apenas 25 a 30%. Atualmente, os modelos são capazes de fornecer alguns dias de previsão sobre as tem-

peraturas e ventos, dependendo das informações sobre as condições climáticas inseridas nos modelos teóricos (Friis-Christensen, 2000, 2001).

### CLASSIFICAÇÃO DE NUVENS

As nuvens geralmente são classificadas por características tais como: altitude, aparência ou origem. Por exemplo, nimbo significa “chuva”, como prefixo ou sufixo na denominação de uma nuvem, indicando que essa produzirá precipitação (chuva, neve ou granizo).

Alguns tipos de nuvem adquirem formas especiais devido ao movimento vertical ascendente do ar. Em relação à altura, as nuvens na atmosfera são classificadas como: altas, médias e baixas. As nuvens mais conhecidas em altas altitudes são formadas de cristais de gelo e referidas como “cirrus”, parecem farrapos, tendo aparência de fios de cabelo ou filamentos.

As nuvens médias, devido às suas altitudes mais baixas, são compostas principalmente de gotas d’água, podendo conter alguns cristais de gelo, o que depende da temperatura externa. As nuvens que produzem chuva são as nuvens baixas ou nuvens “cumulus”, que têm desenvolvimento vertical, são espessas e algumas vezes parecem

As nuvens estratosféricas são mistura de ácido sulfúrico, ácido nítrico e água, que se condensam formando nuvens em temperaturas inferiores a  $-80^{\circ}\text{C}$

algodão. A base da “cumulus” em geral é lisa e pode estar a 1.000 m da superfície terrestre. Todas as nuvens mencionadas acima têm diversas subclassificações não discutidas no texto.

Acima da tropopausa observam-se nuvens finas como um retículo de capilares. As nuvens nacaradas (“nacreous”) ou nuvens de madrepérola (“mother of pearl clouds”), denominadas nesse artigo como nuvens nacaradas ou estratosféricas, ocorrem na baixa estratosfera, em torno de 15 a 25 km de altitude, acima da troposfera, o que é muito abaixo das nuvens noctilucetas (NLC’s) que ocorrem a aproximadamente 82 km (Fig. 2).

As nuvens na região estratosférica são mistura de ácido sulfúrico, ácido nítrico e água. As substâncias mencionadas têm ocorrência natural na atmosfera e se condensam formando nuvens em temperaturas inferiores a  $-80^{\circ}\text{C}$  (temperatura na estratosfera durante o inverno em regiões polares).

A observação de nuvens nacaradas é possível em horários específicos, duas horas antes do nascer ou pôr do Sol, quando elas se mostram brilhantes e vívidas e coloridos de matizes iridescentes. Elas apresentam colorido variado: azul, verde e rosa, resultado da reflexão e refração da luz do Sol através delas. As nuvens nacaradas são vistas no inverno em latitudes boreais, sendo um fenômeno mais raro do que as auroras boreais e as NLC’s (nuvens noctilucetas).



Figura 2 - Nuvens na estratosfera conhecidas como “nacreous” ou nuvens nacaradas. Detalhe das nuvens em imagem obtida com câmera digital em Kiruna, Suécia (Swedish Institute). As cores são reais e talvez apareçam melhor a olho nu do que através de imagens (Foto cedida pelo Dr. P. Dalin).

NLC’s, cujo nome significa “noite luminosa” em latim, são observadas nas latitudes entre  $50^{\circ}$  e  $65^{\circ}$ , embora se afirme que as latitudes entre  $55^{\circ}$  e  $60^{\circ}$  são mais favorecidas. São as nuvens mais altas da atmosfera terrestre, localizadas entre 76 – 85 km de altitude, são tênues e percebidas apenas se estiverem iluminadas pela luz do Sol em determinado ângulo em relação à nuvem observada. NLC’s despertam a curiosidade dos cientistas por ser um fenômeno relativamente recente, cuja primeira evidência foi documentada em 1885 (Fig. 3).



Figura 3 - Nuvens na mesosfera conhecidas como nuvens noctilucetas (NLC’s) ou nuvens que brilham à noite, fotografadas por Dalin em Kiruna, Suécia (Swedish Institute), meia hora após a meia-noite, no início do mês de agosto (Foto cedida pelo Dr. P. Dalin).

### NUVENS NOCTILUCENTES, QUÍMICA DAS NUVENS

Em décadas recentes, o aparecimento de nuvens estratosféricas se tornou importante, devido ao interesse levantado pela comunidade científica pela possibilidade do esgotamento da camada de ozônio, nos polos. O ozônio é destruído por reações químicas com o cloro, liberado na atmosfera pelos CFC’s (denomina-se clorofluorcarboneto ou CloroFluorCarbono – CFC – aos compostos pertencentes à função orgânica de derivados halogenados, obtidos principalmente pela halogenação do metano:  $\text{CFCl}_3$ ;  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ;  $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$ ;  $\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$ ;  $\text{C}_2\text{F}_5\text{Cl}$ ). O resultado tem sido uma diminuição muito rápida da camada de ozônio. Liberar CFC’s na atmosfera é proibido em muitos países e, devido a isso,

## ARTIGO TÉCNICO

a quantidade de freons na atmosfera começou a diminuir. Estima-se entre cinquenta e cem anos para que os CFC's desapareçam totalmente da atmosfera (Kaleri, 2000).

Acredita-se que NLC's são criadas pelo vapor d'água formado a partir da decomposição do metano presente na atmosfera. Estas nuvens são observadas durante o verão do hemisfério Norte, nas regiões polares. A fina espessura das NLC's dificulta a sua visualização à luz do dia, quando o contraste entre nuvem e céu é muito pequeno.

Supõe-se que o nível da atividade solar aumente a temperatura em alguns poucos graus (acima do valor de formação de gelo), permitindo que nas regiões mais altas da

### Acredita-se que as nuvens noctilucentes são criadas pelo vapor d'água formado a partir da decomposição do metano presente na atmosfera

atmosfera a temperatura mude. O período onde haverá ocorrências máxima e mínima de NLC's estarão diretamente relacionados aos períodos de máximo e mínimo na atividade solar.

As tempestades solares mostram uma anticorrelação com a frequência de NLC's, significando que não há um relacionamento direto entre o aparecimento das NLC's e os especificados eventos solares. Observações recentes mostram uma correlação entre o aparecimento de auroras e NLC's no mesmo período de tempo sobre a Alemanha (Lazarev, 1998).

Apesar das nuvens noctilucentes serem frequentemente visíveis no hemisfério Norte, algumas observações foram feitas na América do Sul, sendo a maioria do espaço. Don Pettit, astronauta da Nasa, declarou durante entrevista para a rádio da agência em janeiro de 2003: "... vemos diariamente essas nuvens quando estamos sobre a Austrália e na extremidade sul da América do Sul..."

Do espaço, as NLC's são azul-esverdeadas e brilhantes. Tais nuvens permanecem como fenômeno inexplicado, que aparentemente tem ocorrido em uma região cada vez maior, onde antes não havia relato de tais eventos. É intrigante a origem dessas nuvens devido à altura em que as mesmas se encontram, ou seja, na mesosfera, onde é muito frio (-125° C) e extremamente seco.

Essas nuvens NLC's são compostas de cristais de gelo mínimos, portanto o aparecimento de nuvens na aridez da mesosfera tornou-se um mistério. É possível que os ventos ascendentes durante a estação mais quente transportem o vapor d'água presente na baixa atmosfera até a mesosfera, o que explicaria a ocorrência das NLC's apenas durante o verão (Müllemann & Lübken, 2005).

O que poderia acelerar o aparecimento das NLC's? O metano (CH<sub>4</sub>), gerado pela atividade humana e por outras fontes, aumenta diretamente o volume de água da mesosfera. O metano é um gás muito leve, que se concentra em abundância nas camadas superiores da mesosfera, dissociando-se através da radiação ultravioleta. O hidrogênio do metano reage com o oxigênio da atmosfera formando NLC's. Este processo produziria *in situ* o vapor d'água necessário para a formação de nuvens que brilham à noite,

portanto sem a necessidade desse ser transportado para o lugar onde se localizam as nuvens.

Na mesopausa, o tempo de vida médio da molécula de água é de apenas 3 a 10 dias. Tais mecanismos poderiam explicar porque as nuvens que brilham à noite (NLC's) só são vistas durante o verão, em altas latitudes. A realidade é que a concentração de metano na atmosfera mais que dobrou desde a era pré-industrial. As NLC's têm aumentado de frequência e intensidade com o maior desenvolvimento humano e com o aparecimento dos compostos clo-rofluorcarbonados (CFC's) na atmosfera. Rendtel, em sua expedição para detecção de nuvens noctilucentes (2004), observou a ocorrência de nuvens NLC's durante todas as noites dos primeiros dez dias de julho, comprovando um aumento em relação aos anos anteriores.

Em seguida descreveremos o modelo de outro colaborador sobre nuvens e raios cósmicos.

### TEORIA DOS RAIOS CÓSMICOS

A teoria que relaciona as nuvens com a ação de raios cósmicos foi desenvolvida pelos pesquisadores Svensmark & Friis-Christensen (1997), usando dados de satélites para a cobertura de nuvens. Durante o ciclo solar que abrangeu o período de setembro de 1986 a maio de 1996 (ciclo solar 22), eles documentaram uma redução na cobertura de nuvens de 3% entre o período que compreendia o mínimo e o máximo solar, em concordância com o decréscimo simultâneo do fluxo de raios cósmicos.

As partículas de raios cósmicos galácticos apresentam originalmente distribuição isotrópica, mas que são distorcidas por processos provenientes da heliosfera e relacionados à variação do campo magnético terrestre devido ao vento solar (Friis-Christensen, 2000). O efeito radiativo de tais mudanças corresponde a cerca de 1 a 1,5 Watts/m<sup>2</sup> sobre a superfície terrestre. Essa quantidade de energia pode ser comparada com o efeito estimado do crescimento da presença de CO<sub>2</sub> desde 1750.

Na atmosfera, na região entre a estratosfera e a ionosfera, chuviscos de partículas energéticas, entre as quais se incluem elétrons relativísticos da magnetosfera, afetam significativamente os processos químicos que envolvem a formação do altamente reativo nitrogênio ímpar (N<sub>3</sub>) (NO<sub>y</sub> - Callis & Lambeth, 1998). Esses constituintes atmosféricos contribuem para a destruição do ozônio. Os raios cósmicos são a principal causa da ionização da atmosfera abaixo de 60 km, exceto próximo ao solo (3 ou 4 km sobre a Terra). O efeito de ionização de raios cósmicos parece ser desprezível para latitudes inferiores a 55°, o que pode ser interpretado como a redução dos raios cósmicos devido à influência do aumento da componente horizontal do campo magnético da Terra (Marsh & Svensmark, 2000).

Svensmark & Friis-Christensen (1997) e Svensmark (1998) encontraram uma correlação entre a ação dos raios cósmicos e a cobertura global de nuvens. A Figura 4 mostra que a cobertura global de nuvens medida por satélite é correlacionada com o fluxo de raios cósmicos durante grande parte do ciclo solar. Ciclo solares duram em média 22 anos e alguns eventos importantes do Sol, conhecidos como "sunspots", se repetem durante o período.

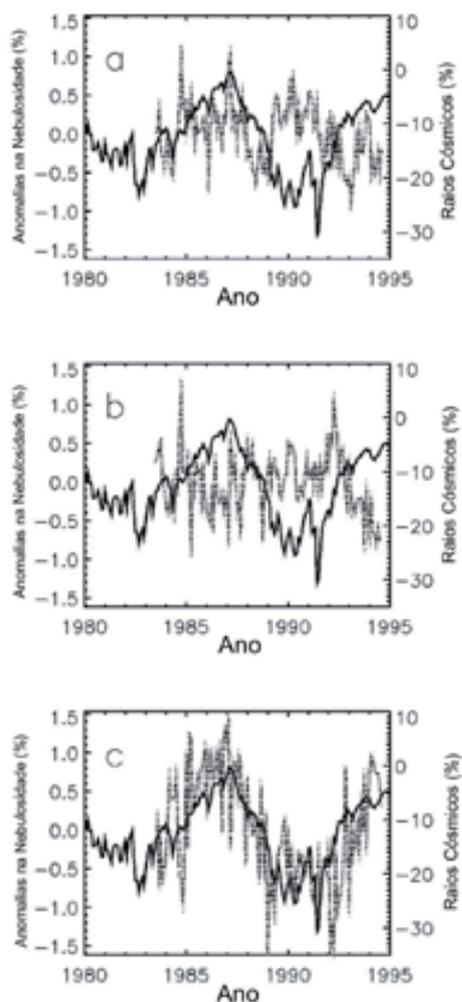


Figura 4 - Valores médios anuais para anomalias globais de (a) alta (b) média e (c) baixa cobertura de nuvens (linha tracejada) e fluxo de raios cósmicos galácticos do projeto Climax<sup>1</sup> (linha contínua), por Marsh & Svensmark (2000). Dados cedidos por Friis-Christensen.

O efeito radiativo da cobertura total de nuvens é complexo. Um aumento na ocorrência de nuvens altas implica aquecimento, enquanto maior ocorrência de nuvens baixas implica resfriamento. Devem-se conhecer quais tipos de nuvens são afetados para saber que tipo de alteração climática ocorrerá. O estudo foi feito através de estatística comparativa, entre os dados recolhidos no “Projeto Internacional de Climatologia de Nuvens para Satélites” (ISCCP).

Marsh & Svensmark (2000) demonstraram a forte correlação entre o fluxo de raios cósmicos e a frequência das nuvens baixas para um período que se situa entre julho de 1983 e setembro de 1994, como mostrado na Figura 4. Eles concluíram que as nuvens baixas são afetadas por raios cósmicos, informação importante em relação ao mecanismo físico, pois as nuvens baixas consistem de água na forma líquida que formará o núcleo de condensação da nuvem. Os pesquisadores apresentaram um mapa da correlação global entre nuvens e raios cósmicos, mostrando que sobre os oceanos em baixas e médias latitudes a correlação era alta.

## CONCLUSÕES

Atualmente e durante as duas décadas passadas, tem havido um grande empenho no desenvolvimento da pesquisa da mudança do clima. É necessário encontrar uma resposta definitiva para a questão: O crescimento da atividade humana tem acentuado ou não o aquecimento global?

Um dos maiores obstáculos na procura dessa resposta advém do entendimento incompleto das causas que atuam nas mudanças naturais do clima. Lassen & Friis-Christensen (1995) mostraram uma associação entre as variações da atividade solar e as mudanças climáticas. No entanto, a resposta não é satisfatória, porque as mudanças na irradiação solar seriam insuficientes se comparadas à resposta climática devido ao crescente aumento de gases do efeito estufa, que intensificam o aquecimento global. Efeitos atribuídos apenas à atividade solar não podem ser responsabilizados pelo aumento da temperatura observado agora. No entanto, tais dúvidas só podem ser dizimadas no momento em que todos os mecanismos físicos possíveis expliquem as observações já realizadas. Alguns mecanismos físicos envolvidos podem não necessitar ser considerados ou não estar relacionados à variabilidade solar. Mas estamos muito longe de compreender os complicados processos que envolvem a formação de nuvens. São necessárias mais observações para a compreensão dos mecanismos físicos envolvidos. A mudança climática é assunto extremamente relevante para a ciência atual, devido ao impacto na sociedade e na economia pelo provável aquecimento global em consequência da atividade humana.

## REFERÊNCIAS

- CALLIS LB & LAMBETH JD. 1998. NO<sub>y</sub> formed by precipitating electron events in 1991 and 1992: Descent into the stratosphere as observed by ISAMS. *Geophys. Res. Lett.*, 25: 1875-1878.
- FRIIS-CHRISTENSEN E. 2000. Sun, Clouds and Climate: An Editorial Comment. *Clim. Change*, 47: 1-5.
- FRIIS-CHRISTENSEN E. 2001. Solar Activity Variations and Possible Effects on Climate, NATO Advanced Study Institute on Space Weather, Crete (Greece). 25 pp.
- KALERI AY. 2000. Observations of small-sized noctilucent clouds from the Mir orbital space station in 1996-1997. *J. Opt. Technol.*, 67(5): 426-430.
- LASSEN K & FRIIS-CHRISTENSEN E. 1995. Variability of the solar cycle length during the past five centuries and the apparent association with the terrestrial climate. *J. Atm. Terr. Phys.*, 57: 835-845.
- LAZAREV AI. 1998. Noctilucent clouds and space. *J. Opt. Technol.*, 65(2). 177-178.
- MARSH N & SVENSMARK H. 2000. Cosmic rays, clouds and climate. *Space Sci. Rev.*, 94: 215-230.
- MÜLLEMANN A & LÜBKEN FJ. 2005. Horizontal Winds in the mesosphere at high latitudes. *Adv. Space Res.*, 35: 1890-1894.
- SVENSMARK H. 1998. Influence of Cosmic Rays on Earth's Climate. *Phys. Rev. Lett.*, 81: 5027-5030.
- SVENSMARK H & FRIIS-CHRISTENSEN. 1997. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage - a missing link in solar-climate relationships. *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.*, 59: 1225-1232.

<sup>1</sup> Construído em 1950, no Colorado (USA), Climax é o mais antigo monitor de nêutrons continuamente em operação obtendo dados durante as modulações de quatro ciclos solares de 11 anos, ou seja, dois ciclos magnéticos solares de 22 anos.