

ESTUDOS ESTENDIDOS SOBRE A OCORRÊNCIA DAS BOLHAS IONOSFÉRICAS SOBRE CACHOEIRA PAULISTA

Sabrina Gomes Pereira

UNIVAP - Bolsa PIBIC/CNPq

Orientador: Dr. José Humberto Andrade Sobral, Divisão de Aeronomia

O objetivo principal deste projeto de pesquisa será estender o estudo estatístico, o qual se encontra atualmente feito até o ano de 1992, das bolhas ionosféricas para os anos seguintes, ou seja, de 1993 a 1998. Devido a dificuldades decorrentes de problemas técnicos de ruídos na gravação de dados, a presente redução de dados se limitou aos anos de 1987, 1988 e 1998. No momento estamos buscando uma solução técnica para o processamento de dados dos demais anos. Até o ano de 1992 os dados vinham sendo gravados em papel. As bolhas ionosféricas são regiões da ionosfera onde ocorrem fortes abatimentos de densidade eletrônica. Na região de Cachoeira Paulista, esse fenômeno ocorre predominantemente após o pôr do sol e varia com a estação do ano (Sobral et al., 1980a,b, 1981). A aeroluminescência do oxigênio atômico no comprimento de onda de 630 nm consiste num diagnóstico extremamente confiável para se detectar as bolhas ionosféricas. Elas aparecem no sinal de aeroluminescência sob forma de vales (Sobral, 1980a,b; 1981, 1991). O sistema fotométrico em questão foi desenvolvido pelo orientador aqui concernente, no ano de 1976, a partir de cujo ano vem funcionando regularmente. É importante observar o fato de que as bolhas ionosféricas também causam fortes assinaturas em ionogramas, sob forma de uma zona espalhada, que é normalmente referenciada como traço F-espalhado (*spread-F*). Entretanto, o recíproco não é verdadeiro, ou seja, nem sempre o traço F-espalhado significa necessariamente a presença de uma bolha ionosférica. De modo que os nossos dados de ionossonda são mais apropriados para se estudar a frequência de ocorrência do traço F-espalhado, em vez de bolhas. A análise da frequência de ocorrência das bolhas resultou no seguinte: Considerando o período completo de 1977 a 1998, faltando os dados de 1993, 1995 e 1996, conforme acima citado, a frequência de ocorrência apresentou um mínimo de 5,0% em junho e um máximo de 86,0% em janeiro. Para o ciclo de máxima atividade solar, esses números foram: 6,8% em julho e 86,7% em janeiro. Para o ciclo de atividade solar mínima esses números foram zero % nos meses de maio, junho, agosto e setembro e o máximo de 88,9% no mês de janeiro. Portanto, a frequência de ocorrência se maximiza no mês de janeiro para ambos os ciclos de atividade solar. Abaixo mostramos o histograma referente à frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas para o os dois ciclos de atividade solar. Notamos a alta sazonalidade da frequência de ocorrência das bolhas pelo fato de tais frequências serem claramente mais altas no período de outubro a março, e menores nos meses de inverno em cuja estação a frequência cai monotonicamente atingindo um mínimo nos meses de junho/julho. A explicação da ocorrência de tais mínimos foge ao escopo deste trabalho. Porém estudos já demonstraram que tal fenômeno tem a ver com o alinhamento do campo geomagnético em relação à linha de transição noite-dia (Sobral et al., 1991).

Observação: É importante ressaltar que a presente bolsista iniciou a sua bolsa de IC muito recentemente, ou seja, dia 1/3/99, em substituição à Eliana Soares de Andrade que se desligou desta Bolsa pelo fato de ter completado o seu curso de graduação.

Referências

SOBRAL, J. H. A.; ABDU, M. A.; BATISTA, I. S. "Airglow Studies on Ionosphere Dynamics over Low Latitude in Brazil". Ann. Geophys. 36(2), 199-204, 1980.

SOBRAL, J. H. A.; ABDU, M. A.; BATISTA, I. S.; ZAMLUTTI, C. J. "Association Between Plasma Bubble Irregularities and Airglow Disturbances over Brazilian Low Latitudes". Geophys.Res.Lett., 11(7), 980-982, 1980.

Relatório Final de Bolsa de Iniciação Científica - PIBIC

Instituição onde foi realizada esta Bolsa: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, São José dos Campos, S. P.

Instituição outorgante: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq

Bolsista: Sabrina Gomes Pereira
Orientador: Dr. José Humberto Andrade Sobral

Título do projeto: Estudos estendidos sobre a freqüência de ocorrência das bolhas ionosféricas da região sudeste brasileira

Relatório Final
Prazo de entrega 29/06/99

1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto de pesquisa é a investigação da frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas sobre a região de Cachoeira Paulista no período de 1977-1998, baseando-se em cerca de 751 noites de experimentos noturnos de aeroluminescência OI 630 nm realizados em Cachoeira Paulista..

2. Introdução

Iniciei os meus trabalhos neste projeto em 1º de março de 1999, em substituição à Bolsista Eliana Soares de Andrade. Nesse período o meu esforço consistiu em concentrar-me na continuidade do projeto da Eliana. Dessa forma, analisei, no período citado, cerca de 48 noites de experimentos de aeroluminescência quanto a existência ou não das bolhas. Observei que muitos desses dias ainda não estavam reduzidos por computador quando iniciei este trabalho.

O fenômeno ionosférico aqui estudado é conhecido por bolhas ionosféricas (*ionospheric plasma bubbles*), as quais consistem em regiões de grandes dimensões espaciais de depleção de plasma ionosférico e foram descobertas sobre a região brasileira, por volta de 1977 pelo núcleo de estudos ionosféricos do INPE (Sobral et al., 1980a,b; 1981). Elas se estendem ao longo das linhas de força do campo geomagnético, podendo atingir milhares de quilômetros ao longo das linhas de força, tomando muitas vezes extensões trans-equatoriais. Sua dimensão no plano perpendicular ao campo magnético é em torno de 150 km. Esse fenômeno é de grande importância para o ambiente espacial brasileiro devido à sua forte interferência nas telecomunicações, inclusive as telecomunicações via satélite. Sua estrutura de irregularidades de densidade eletrônica causa interferências na onda eletromagnética através de processos de interação onda-partícula, onde as partículas (íons e elétrons) do meio ionosférico ou roubam ou ganham energia da radiação eletromagnética. A Figura 1A ilustra o comportamento dinâmico da bolha, mostrando-a desde o seu aparecimento logo após o por do sol e subindo em altura, sempre alinhada ao longo da linha de campo geomagnético, à medida que se desloca para leste. A Figura 1B mostra, esquematicamente a interferência da bolha nas telecomunicações via satélites.

Este projeto visa estudar a ionosfera noturna na região de Cachoeira Paulista (CP), utilizando-se a técnica ótica de aeroluminescência, ou *airglow* na língua inglesa. Os experimentos aqui concernentes foram realizados durante vários anos pelo orientador desta Bolsa IC, na cidade de Cachoeira Paulista situada no interior de São Paulo. Esses experimentos foram executados pelos observadores técnicos Pedro Paulo e Hélio Borges, do observatório de aeroluminescência do INPE de CP.

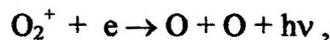
Este projeto apresenta três tabelas mostrando a frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas no período de 1977 a 1998.

A Tabela 1 mostra o período de atividade solar completo, ou seja, o período de máxima atividade solar mais o de mínima, compreendendo os anos de 1977 a 1998, perfazendo um total de 751 noites de observação.

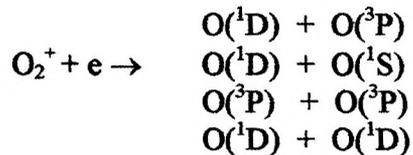
Após refeitas as tabelas foram plotados os respectivos gráficos referentes ao número de dias de observação das bolhas e a frequência de ocorrência das mesmas completando, assim, a estatística de aparecimento das bolhas ionosféricas.

3. A luminescência noturna OI 630 nm

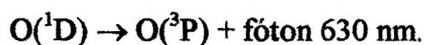
A luminescência noturna, ou *airglow*, de um modo geral é uma luz muito fraca que provém do céu, tanto durante o dia como durante a noite, e ocorre em vários comprimentos de onda, decorrendo de vários processos de geração. No presente caso, estamos lidando com o comprimento de onda de 630 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), proveniente do oxigênio atômico da região F da ionosfera noturna, que fica em torno de 300 km de altura. A Figura 2 ilustra aproximadamente a camada emissora ante o perfil de densidade eletrônica da ionosfera. O átomo de oxigênio emite um fóton de 630 nm após a transição eletrônica $O(^1D) \rightarrow O(^3P)$, onde $O(^1D)$ e $O(^3P)$ são os estados excitado e não excitado, respectivamente. O estado excitado $O(^1D)$ provém da recombinação dissociativa do íon O_2^+ , ou seja:



onde h é a constante de Planck, ν é a frequência da radiação eletromagnética e $h\nu$ é a energia que poderá excitar um ou dois dos átomos de oxigênio produzidos na reação acima. Desse modo a reação acima poderá dar os seguintes resultados:



O átomo $O(^1D)$, então, produz um fóton de comprimento de onda 630 nm através da seguinte transição eletrônica fotoemissiva.



Com o auxílio de um fotômetro de varredura é feita a observação do *airglow* resultando em perfis de intensidade do *airglow*.

O estudo da movimentação da bolha ionosférica é feito a partir da superposição dos perfis, formando assim o mosaico.

4. O Observatório de Luminescência de Cachoeira Paulista

A sede do INPE em Cachoeira Paulista possui uma facilidade ótica de um porte considerável que consiste num prédio conhecido como o Observatório de Luminescência o qual foi especialmente projetado pelos pesquisadores da Divisão de Aeronomia no final da década de 1970. Ele possui uma área externa que consiste num grande terraço, onde ficam instalados os fotômetros para as observações noturnas que, são guardados, dentro desse prédio, durante o dia e uma grande área interna que abriga os equipamentos de comando, controle e processamento dos dados de luminescência. Tais observações são feitas rotineiramente durante 13 dias ao mês centrados na lua nova. Dois técnicos, Srs.

Hélio Borges e Pedro Paulo tem realizado todos os experimentos de luminescência naquele local durante o espaço de tempo de quase 20 anos.

Existem lá vários equipamentos óticos que fazem medidas rotineiras de luminescência, tais como imageadores, interferômetros tipo “Fabry-Perot”, fotômetros fixos e fotômetros de varredura. O presente projeto de pesquisa utiliza dados obtidos com um sistema fotométrico de varredura que, varre o céu noturno numa extensão zenital de cerca de 75° em torno do zênite (direção vertical no sentido de baixo para cima).

5. Metodologia

A detecção das bolhas ionosféricas é feita através dos registros da intensidade da aeroluminescência onde aparecem as assinaturas das bolhas sob forma de vales que se deslocam de oeste para leste nos perfis espaciais da aeroluminescência $\lambda = 630$ nm. A Figura 1D, no topo, mostra a camada emissora de aeroluminescência com o céu quieto, ou seja, sem perturbações da aeroluminescência. Na parte inferior da Figura 1D está ilustrado o perfil perturbado pela presença da bolha ionosférica. Colocando-se tais registros perturbados pela bolha da Figura 1D um após o outro, resulta a seqüência de perturbações onde aparece o deslocamento das bolhas ionosféricas tal com mostra a Figura 1F (veja também os registros das figuras apresentadas por Sobral et al. 1980a,b; 1981; 1985; 1990; 1991).

Os registros de aeroluminescência no comprimento de onda acima citado são possivelmente o melhor método diagnóstico para detectar a presença da bolha já que a sua presença é quase impossível passar despercebida na aeroluminescência. Por isso cremos nos resultados do nosso estudo estatístico.

Os perfis acima citados são montados numa folha de papel, um após o outro, e tudo isso feito à mão por se tratarem de dados antigos sem a digitalização que temos hoje em dia desses dados. O sistema de aquisição de dados dos fotômetros de varredura somente foi digitalizado no ano de 1992. De modo que a maioria dos experimentos mostrados na Tabela 1 foram feitos com registro em folha de papel registrador. À seqüência de perfis montada na forma acima citada chamamos de “mosaico” (veja tais perfis ilustrados por Sobral et al. (1980a,b;1981;1985;1990;1991).

Os anos aqui estudados (1977 – 1998) foram divididos em dois grupos: um deles correspondente às menores atividades solares (1977, 1983 – 1987, 1993 – 1998) e o outro às maiores atividades solares (1978 – 1982, 1988 – 1992).

Abaixo está a tabela de manchas solares (*sunspot numbers*) raltivas ao período aqui estudado.

ANO	SUNSPOT NUMBERS
1977	27.5
1978	92.5
1979	155.4
1980	154.6
1981	140.4
1982	115.9
1983	66.6
1984	45.9
1985	17.9
1986	13.4
1987	29.4
1988	100.2
1989	157.6
1990	142.6
1991	145.7
1992	94.3
1993	54,6
	29,9
1995	17,5
1996	8,7
1997	21,5
1998	64,3

Sunspot Numbers

A tabela acima mostra o número médio de manchas solares em cada ano do período aqui estudado (1977 – 1998). Conforme pode-se notar tais números são maiores no grupo de anos de maior atividade solar (1978 - 1982 , 1988 – 1992) cujo número médio é 129,92 e menores nos de menor atividade solar (1977 , 1983 – 1987, 1993 - 1998) cujo número médio é 33,1.

6. Discussão e Conclusões

Foi feito neste trabalho um estudo sobre a frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas sobre a região de Cachoeira Paulista envolvendo um total de 751 noites estudadas. Ao que nos conta este é o estudo estatístico envolvendo o maior número de dados (número de dias) que temos conhecimento. Portanto este trabalho deverá resultar numa publicação num periódico especializado, de alto nível científico.

A Tabela 1 mostra os resultados da análise completa que fizemos sobre a ocorrência das bolhas ionosféricas sobre a região de Cachoeira Paulista.

A Tabela 2 mostra a frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas no período de máxima atividade solar.

A Tabela 3 mostra a frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas no período de mínima atividade solar.

Analisando os gráficos das respectivas tabelas podemos verificar a grande sazonalidade da ocorrência das bolhas ionosféricas, já que durante os meses de verão, ou mais especificamente no período que vai de outubro a março, a ocorrência delas é bastante frequente (veja também Sobral et al., 1980a,b; 1981). Durante o período restante do ano, ou seja, de abril a setembro, a frequência de ocorrência das bolhas vai diminuindo a partir de abril, até atingir um mínimo de ocorrência no mês de julho (Sobral et al. 1997a). As bolhas ionosféricas também podem ocorrer nos meses de inverno quando existem fortes tempestades magnéticas (Sobral et al. 1997b).

Foram examinados os experimentos de luminescência noturna durante o período de 1977-1998, cerca de 751 dias de experimentos de aeroluminescência ionosférica ($\lambda = 630$ nm) com o objetivo de detectar bolhas ionosféricas na região de Cachoeira Paulista. Para cada noite de experimento foram montados perfis de intensidade de aeroluminescência correspondendo cada perfil a uma varredura espacial de $\pm 75^\circ$ em torno do plano vertical. A sequência de tais perfis permitiu verificar se a bolha estava presente ou não. Os nossos resultados indicaram uma grande sazonalidade na ocorrência das bolhas ionosféricas cuja frequência de ocorrência se maximiza no período de outubro a março e se minimiza no inverno, ou seja, de abril a setembro.

As conclusões deste projeto de pesquisa podem ser resumidas, como verificado no término da pesquisa, da seguinte maneira:

1) Existe claramente uma considerável sazonalidade na frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas sobre a região de Cachoeira Paulista.

2) A frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas durante o período completo de atividade solar corresponde a máxima ocorrência no mês de janeiro (86,0%) e a mínima ocorrência no mês de junho (5%). O gráfico desta frequência de ocorrência está mostrado na Figura 3. A figura 4 mostra, sob forma de ocorrência o histograma da ocorrência ou não das bolhas desse mesmo período.

3) A frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas durante o período de máxima atividade solar corresponde a máxima ocorrência no mês de janeiro (84,0%) e a mínima ocorrência no mês de julho (6,8%). O gráfico desta frequência de ocorrência está mostrado na Figura 5. A figura 6 mostra, sob forma de ocorrência o histograma da ocorrência ou não das bolhas desse mesmo período.

4) A frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas durante o período de mínima atividade solar corresponde a máxima ocorrência no mês de janeiro (88,9%) e a mínima ocorrência nos meses de maio, junho, agosto e setembro (zero%). O gráfico desta frequência de ocorrência está mostrado na Figura 7. A figura 8 mostra, sob forma de ocorrência o histograma da ocorrência ou não das bolhas desse mesmo período.

As conclusões acima estão coerentes com o fato de as bolhas ocorrerem com mais frequência quanto maior for a velocidade de subida da ionosfera após o pôr do sol e isso ocorre nos meses de verão, mas precisamente no mês de janeiro e com menos frequência durante o inverno pois, durante o inverno tais velocidades de subida da ionosfera são menores.

Legendas

Figura 1A. Esta figura ilustra o comportamento dinâmico da bolha, mostrando-a desde o seu aparecimento logo após o pôr do sol e subindo em altura, sempre alinhada ao longo da linha de campo geomagnético, à medida que se desloca para leste. A parte sombreada representa o período noturno no globo terrestre.

Figura 1B. Essa figura mostra esquematicamente a interferência da bolha ionosférica sobre o sinal do satélite. A bolha rouba energia do sinal resultando num sinal de menor intensidade ao sair da bolha.

Figura 1C. Esta figura ilustra esquematicamente a camada emissora ante o perfil de densidade eletrônica da ionosfera. A camada emissora da aeroluminescência OI 630 nm aqui estudada fica próxima e logo abaixo do pico da camada F da ionosfera e tem cerca de uns 40 km de espessura. A altura do máximo de densidade eletrônica está situada em torno de 300 km de altura. Entretanto essa altura pode variar com a hora do dia e com a localidade geográfica. Porém a camada emissora em geral é considerada como situada a uma altura de 300 km.

Figura 1D. Mostra-se esquematicamente, no topo da figura, a camada emissora de aeroluminescência com o céu quieto, ou seja, sem perturbações da aeroluminescência. Na parte inferior está ilustrada a mesma camada na presença de uma bolha ionosférica.

Figura 1E. Esta figura mostra uma visão geral dos equipamentos das Divisões de Aeronomia (DAE) e Geofísica Espacial (DGE) da área de Ciências Espaciais e Atmosféricas CEA

Figura 1F. Esta figura mostra o a seqüência dos registros perturbados num caso real, ou seja, um resultado experimental onde aparece o deslocamento das bolhas ionosféricas

Figura 2. Frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas no período de 1977 a 1998.

Figura 3. Histograma das bolhas observadas no período completo (1977 a 1998).

Figura 4. Frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas no período máximo (1978 a 1982, 1988 a 1992).

Figura 5. Histograma das bolhas observadas no período máximo (1978 a 1982, 1988 a 1992).

Figura 6. Frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas no período mínimo (1977, 1983 a 1987 e 1993 a 1998).

Figura 7. Histograma das bolhas observadas no período mínimo (1977, 1983 a 1987 e 1993 a 1998).

Tabela 1. Frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas no período de 1977 a 1998.

Tabela 2. Frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas no período de 1978 a 1982, 1988 a 1992.

Tabela 3. Frequência de ocorrência das bolhas ionosféricas no período de 1977, 1983 a 1987 e 1993 a 1998.

Referências

- SOBRAL, J.H.A.; ABDU, M.A.; BATISTA, I.S. "Airglow Studies on Ionosphere Dynamics over low Latitude in Brazil". *Ann. Geophys.* t.36, fasc. 2, 1980, pp. 199-204, 1980a.
- SOBRAL, J.H.A.; ABDU, M.A.; BATISTA, I.S.; ZAMLUTTI, C.J. "Association Between Plasma Bubble Irregularities and Airglow Disturbances over Brazilian Low Latitudes". *Geophys. Res. Lett.*, 11 (7), 980-982, 1980b.
- SOBRAL, J.H.A.; ABDU, M.A.; ZAMLUTTI, C.J.; BATISTA, I.S. "Wave Disturbances in the Low Latitude Ionosphere and Equatorial Ionospheric Plasma Depletions". *J. Geophys. Res.*, 86, A3, 1374-1378, 1981.
- SOBRAL, J.H.A.; ABDU, M.A.; SAHAI, Y. "Equatorial Plasma Bubble Eastward Velocity Characteristics from Scanning Airglow Photometer Measurements over Cachoeira Paulista". *J. Atmos. Terr. Phys.* vol. 47(8-10), 895-900, 1985.
- SOBRAL, J.H.A. and ABDU, M.A. "Latitudinal Gradient in the Plasma Bubble Zonal Velocities as Observed by Scanning 630nm Airglow Measurements". *J. Geophys. Res.*, vol. 95, nº A6, 8253-8257, 1990.
- SOBRAL, J.H.A.; ABDU, M.A. "Solar Activity Effects on Equatorial Plasma Bubble Zonal Velocity and its Latitude Gradient as Measured by Airglow Scanning Photometers". *J. Atmos. Terr. Phys.* vol. 53(8), 729-742, 1991.
- SOBRAL, J. H. A.; BORBA, G. L.; ABDU, M. A.; BATISTA, I. S.; SAWANT, H. S.; ZAMLUTTI, C. J.; TAKAHASHI, H.; NAKAMURA Y. "Post-sunset wintertime 630.0 nm airglow perturbations associated with gravity waves at low latitudes in the south american sector". *J. Atmos. Terr. Phys.*, vol. 59, 13, 1611-1623, 1997a.
- SOBRAL, J. H. A.; ABDU, M. A.; GONZÁLEZ, W. D.; TSURUTANI, B., T.; BATISTA, I. S. "Effects of intense storms and substorms on the equatorial ionosphere/thermosphere system

in the American sector from ground based and satellite data". J. Geophys. Res., vol. 102, 14305-14313, 1997b.

Agradecimentos – Esta Bolsa de Iniciação Científica foi outorgada pelo CNPq através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e executada nas dependências da Divisão de Aeronomia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. A Bolsista agradece a atenção do Dr. Mario Ricci, responsável por tais bolsas no INPE.

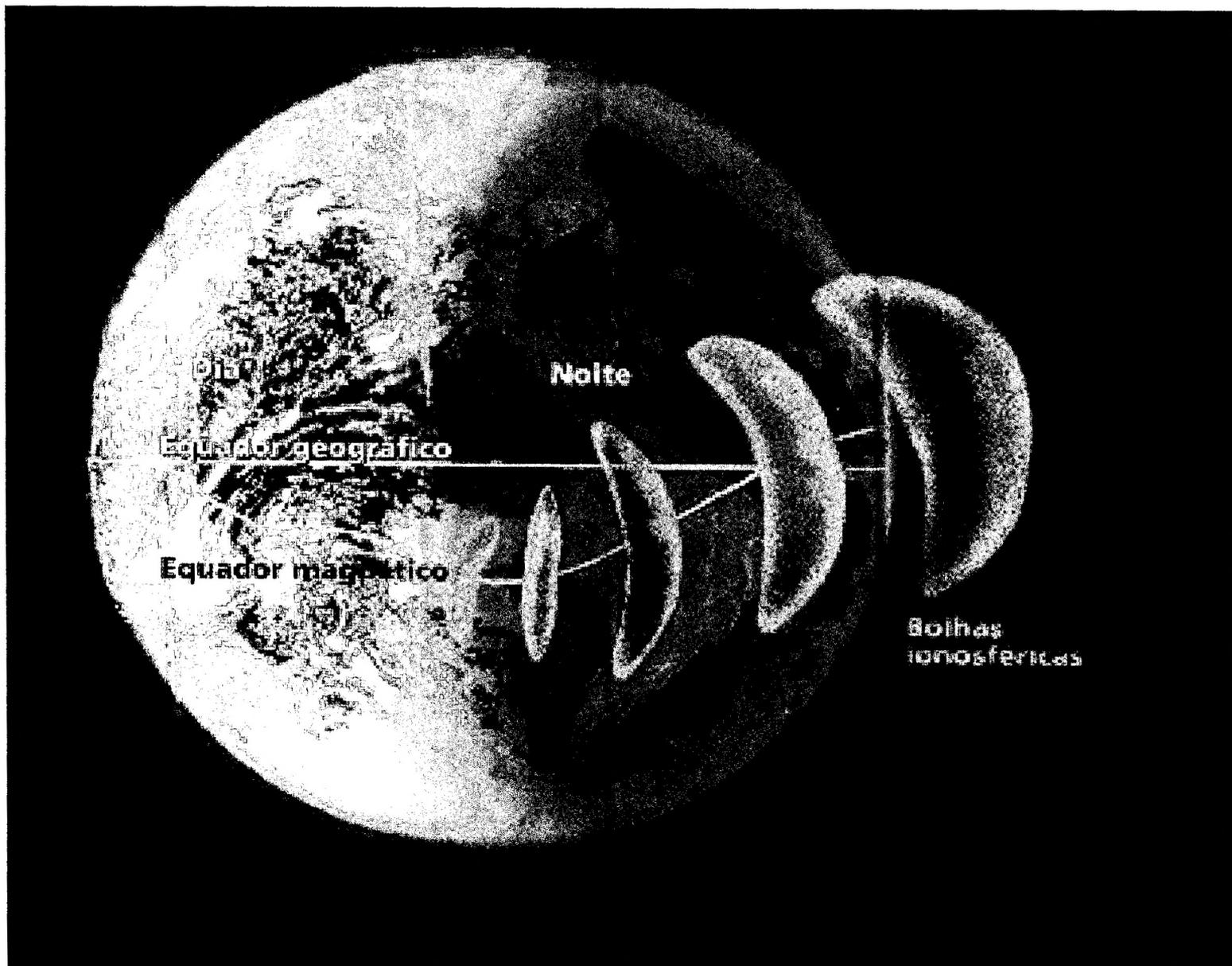


Figura 1A

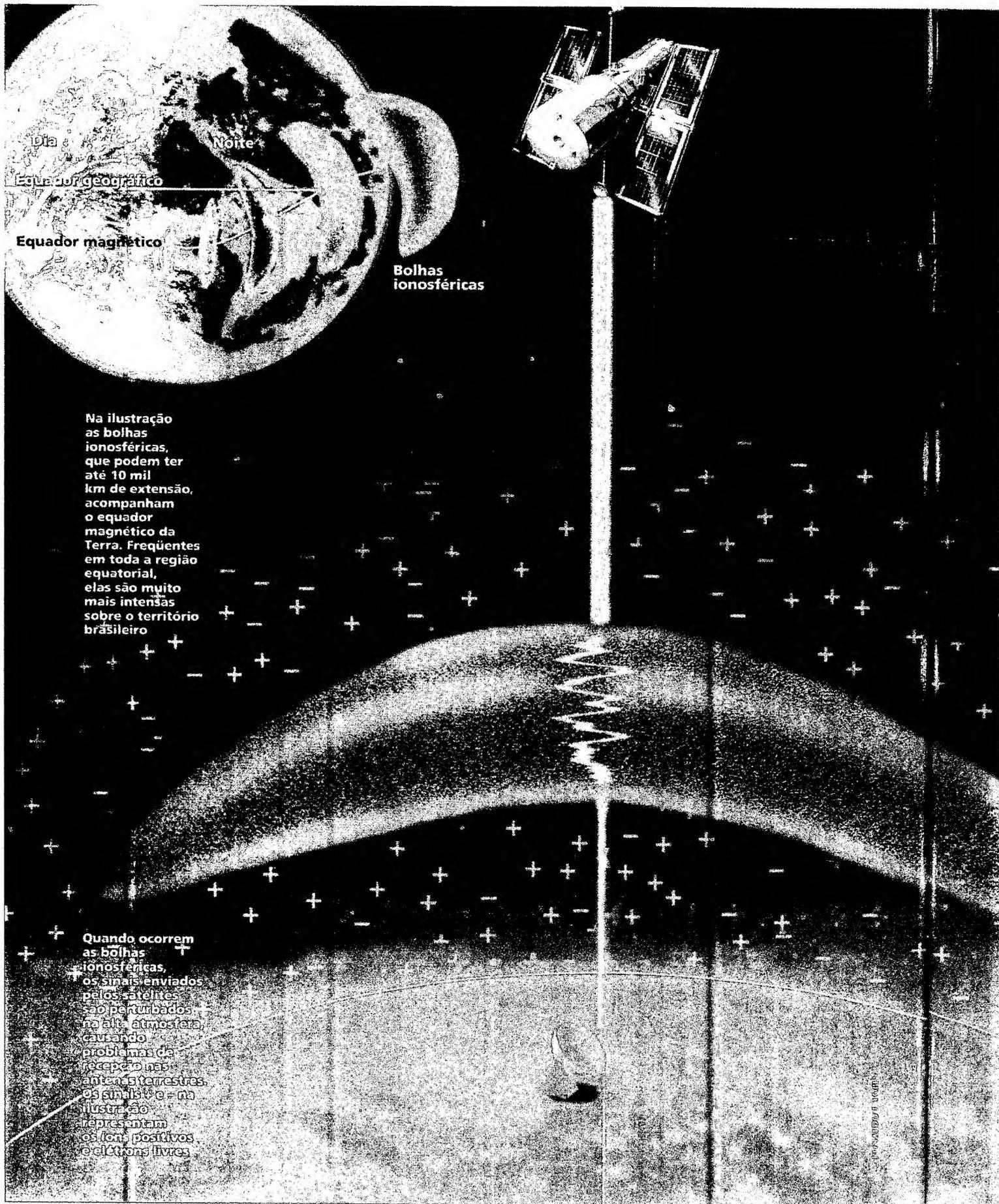


Figura 1B

A IONOSFERA E A LUMINESCÊNCIA NOTURNA

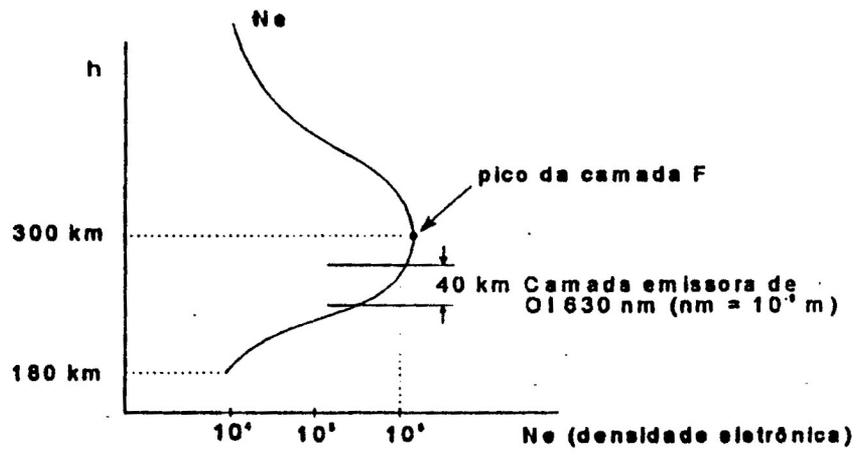


Figura 1C

OBSERVAÇÃO DO AIRGLOW

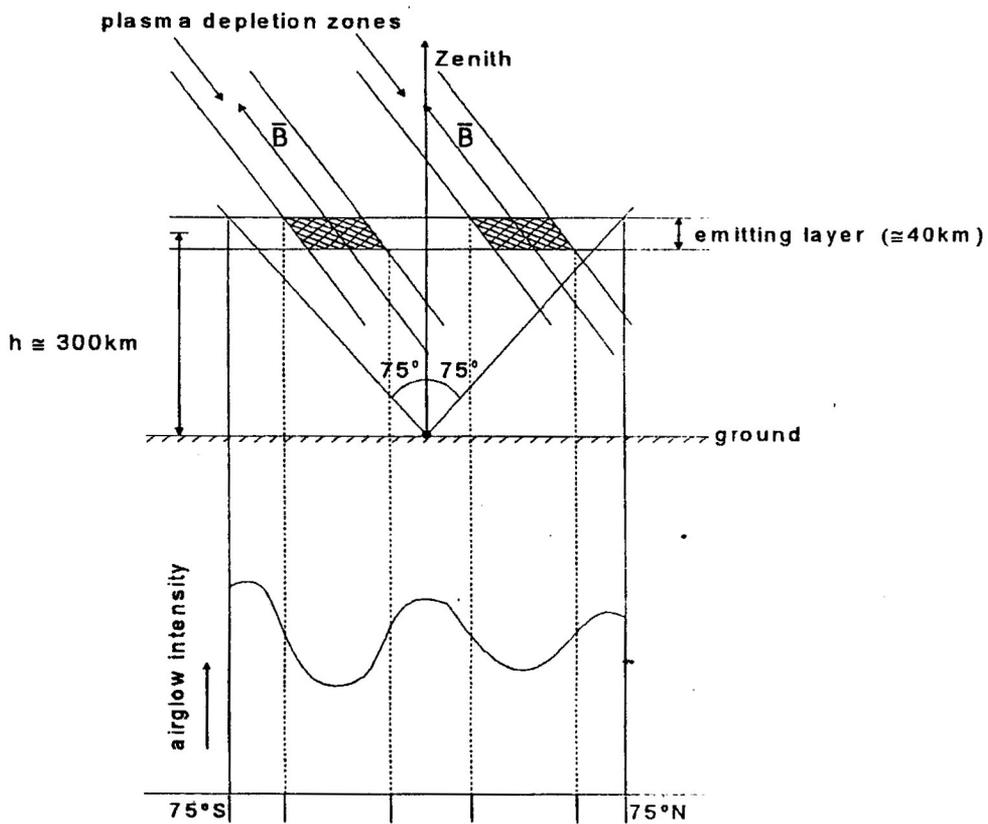
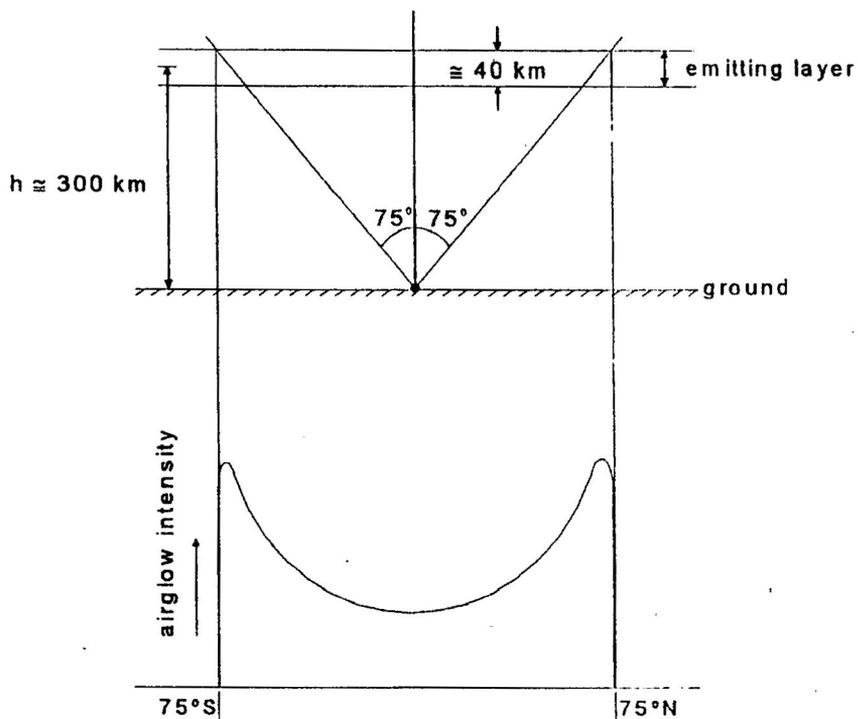


Figura 1D

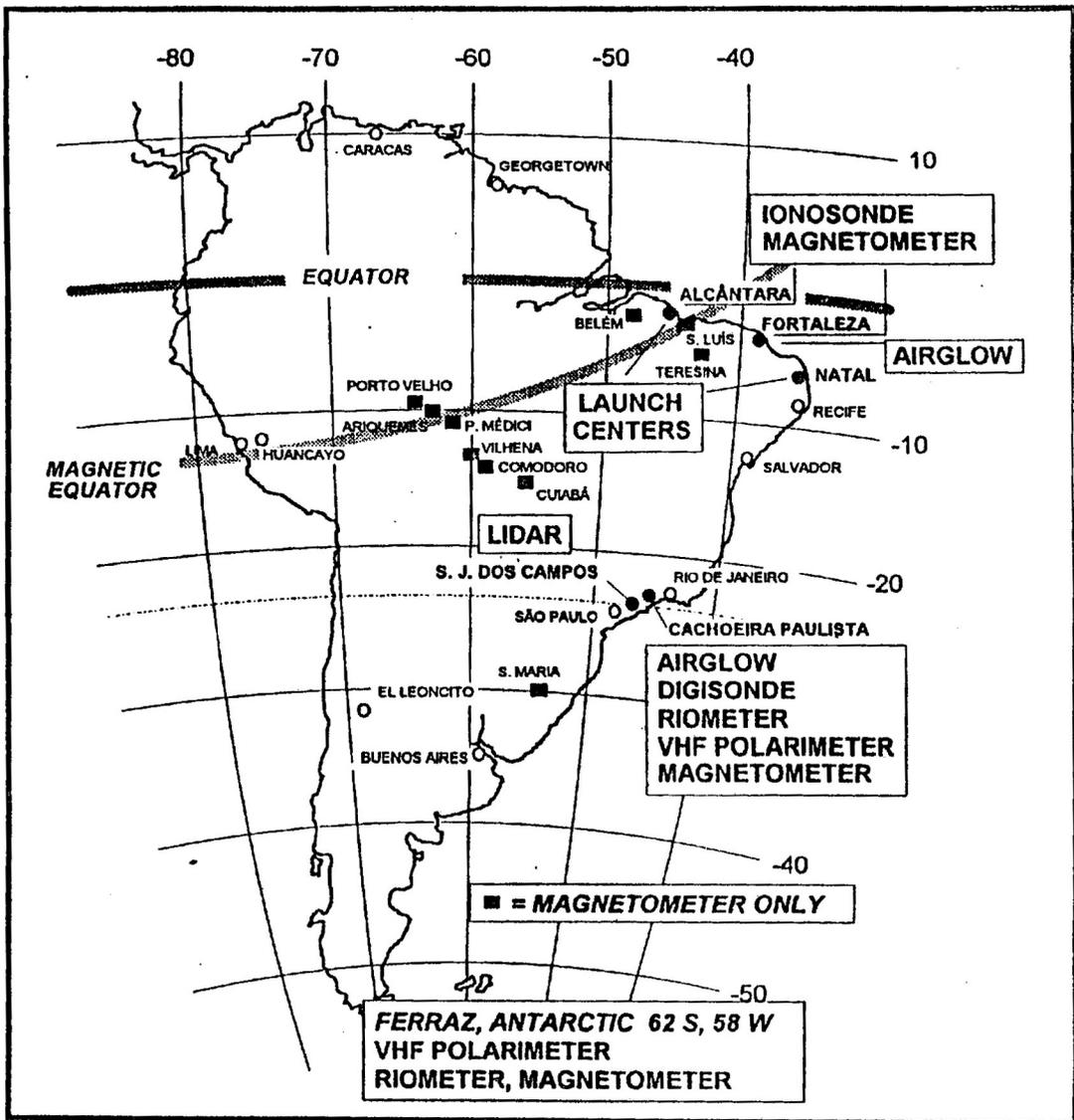


Figura 1E

EXEMPLO DE PERFIS DE AIRGLOW DE VARREDURAS LESTE-OESTE SOBRE CACHOEIRA PAULISTA

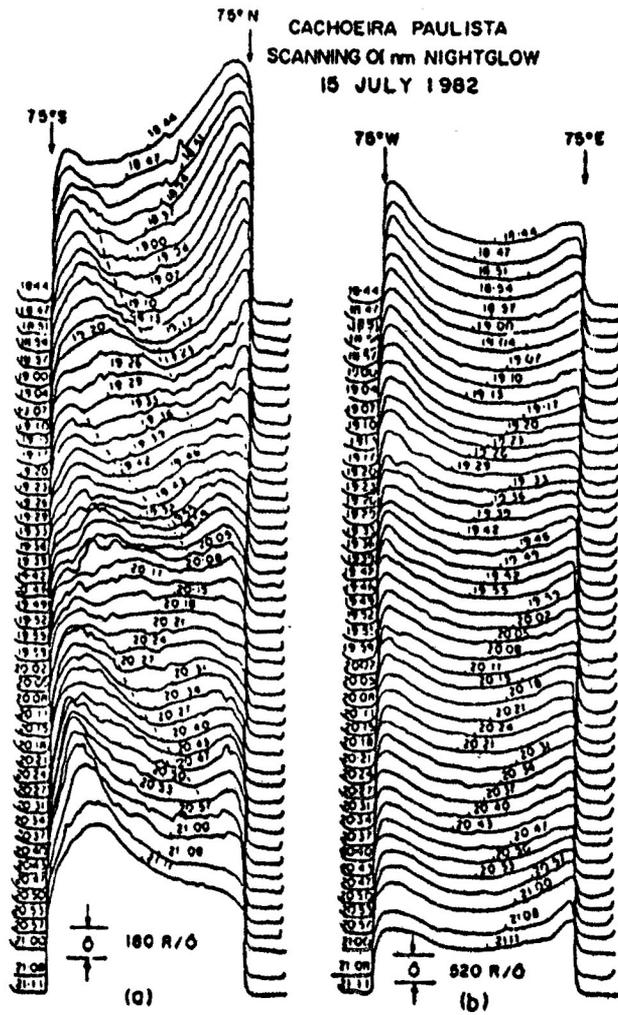


Figura 1F

COMPLETE SOLAR ACTIVITY PERIOD OF BUBBLE OBSERVATION -TOTAL OF 751 NIGHTS

YEAR	BUBBLES	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1977	YES												
	NO								8			2	
1978	YES						1	1	1	1	3	1	2
	NO			2		9	3	8	5	1			
1979	YES	2	1	2	4							3	
	NO			1		6	3	5	2			3	
1980	YES	1	7	6	3	2			1	3	2	3	3
	NO		1	2	5	8	4	4	4	4	2	2	5
1981	YES	4	6	4					2	1	1	3	4
	NO	2	2	1	2			11	8	3	3	2	
1982	YES	3	3		3			1			4		
	NO	1	4	3	6	7	7	14					
1983	YES	2	4	6				1					
	NO				7	10	5	12	10	1			
1984	YES							1			5		
	NO			1	3		3	9	4	6	5	2	3
1985	YES		1	2							2		
	NO		4	4	1			1			5		
1986	YES	4	1	1							3	3	
	NO	1		3			11				8		
1987	YES	3	4	7	1						1	4	1
	NO	1	2	6	5	8	10	12	9	3		1	2
1988	YES	5	1	5							3	4	7
	NO				5	9	2				1	1	1
1989	YES			2						1	2	1	
	NO		1	1			9	1					
1990	YES	3	1	4	4	4			1	4	1	10	3
	NO			2	1	9		4	3	2			
1991	YES	1		5	4		2	2	2	1	1	1	2
	NO				2	7	9	5	6	8			
1992	YES	2	1	3	2		1				2		
	NO	1	1	1	4	5	10	3					
1993	YES										5	4	3
	NO										1	2	1
1994	YES	2	3	1	1								
	NO		1	2									
1995	YES												
	NO												
1996	YES												
	NO												
1997	YES												
	NO												
1998	YES	5	2								3		
	NO										1		
total	OBSERVED	37	35	48	22	6	4	6	7	11	38	37	25
	NOT OBSERVED	6	16	29	41	78	76	89	59	28	26	15	12
Total number of days:		43	51	77	63	84	80	95	66	39	64	52	37
Frequency of occurrence:		86,0%	68,6%	62,3%	34,9%	7,1%	5,0%	6,3%	10,6%	28,2%	59,4%	71,2%	67,6%

Tabela 1

**COMPLETE SOLAR ACTIVITY PERIOD
BUBBLES OBSERVATION FOR A TOTAL OF 751 NIGHTS OF EXPERIMENTS**

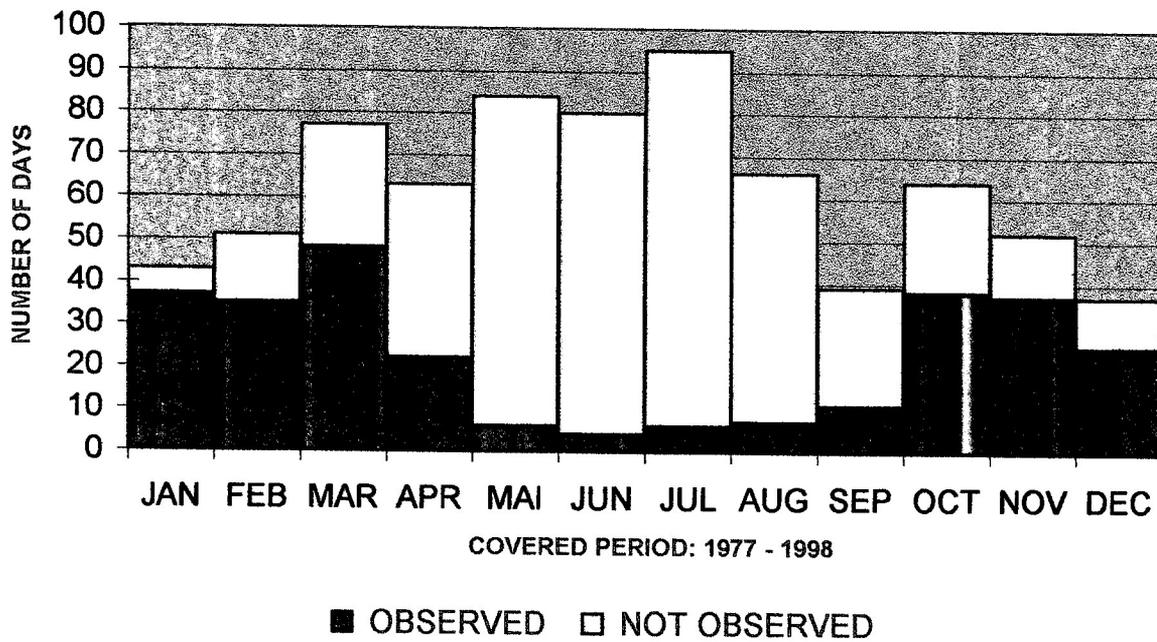


Figura 3

FREQUENCY OF OCCURRENCE FOR THE COMPLETE SOLAR ACTIVITY PERIOD AND FOR A TOTAL OF 751 NIGHTS OF EXPERIMENTS

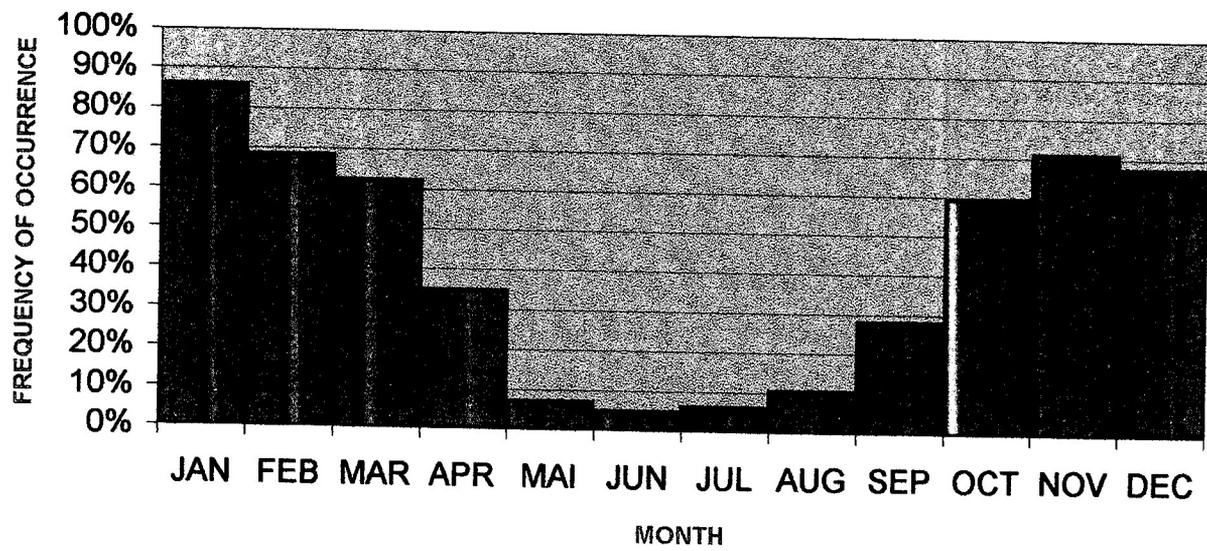


Figura 2

SOLAR MAXIMUM PERIOD
TOTAL OF 469 NIGHTS

YEAR	BUBBLES (YES OR NO)	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1978	YES						1	1	1	1	3	1	2
	NO			2		9	3	8	5	1			
1979	YES	2	1	2	4							3	
	NO			1		6	3	5	2			3	
1980	YES	1	7	6	3	2			1	3	2	3	3
	NO		1	2	5	8	4	4	4	4	2	2	5
1981	YES	4	6	4					2	1	1	3	4
	NO	2	2	1	2			11	8	3	3	2	
1982	YES	3	3		3			1			4		
	NO	1	4	3	6	7	7	14					
1988	YES	5	1	5							3	4	7
	NO				5	9	2				1	1	1
1989	YES			2						1	2	1	
	NO		1	1			9	1					
1990	YES	3	1	4	4	4			1	4	1	10	3
	NO			2	1	9		4	3	2			
1991	YES	1		5	4		2	2	2	1	1	1	2
	NO				2	7	9	5	6	8			
1992	YES	2	1	3	2		1				2		
	NO	1	1	1	4	5	10	3					
total	BUBBLES OBSERVED	21	20	31	20	6	4	4	7	11	19	26	21
	BUBBLES NOT OBSERVED	4	9	13	25	60	47	55	28	18	6	8	6
Total number of days:		25	29	44	45	66	51	59	35	29	25	34	27
Frequency of occurrence:		84,0%	69,0%	70,5%	44,4%	9,1%	7,8%	6,8%	20,0%	37,9%	76,0%	76,5%	77,8%

Tabela 2

**MAXIMUM SOLAR ACTIVITY PERIOD
AVERAGE SUNSPOT NUMBER FOR THE COVERED PERIOD: 129,92**

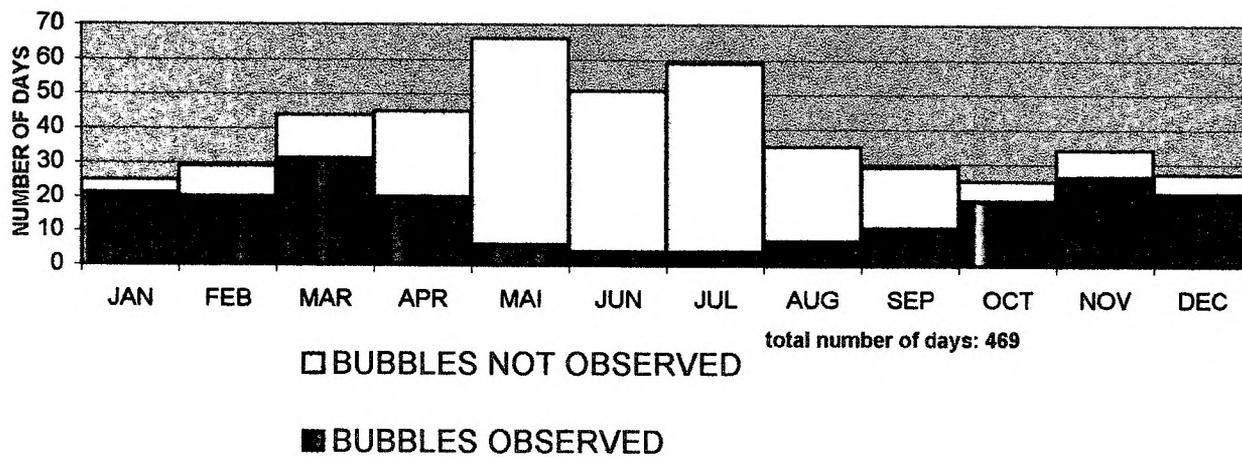


Figura 5

**FREQUENCY OF OCCURRENCE FOR THE MAXIMUM SOLAR ACTIVITY PERIOD
AND FOR A TOTAL OF 469 NIGHTS OF EXPERIMENTS**

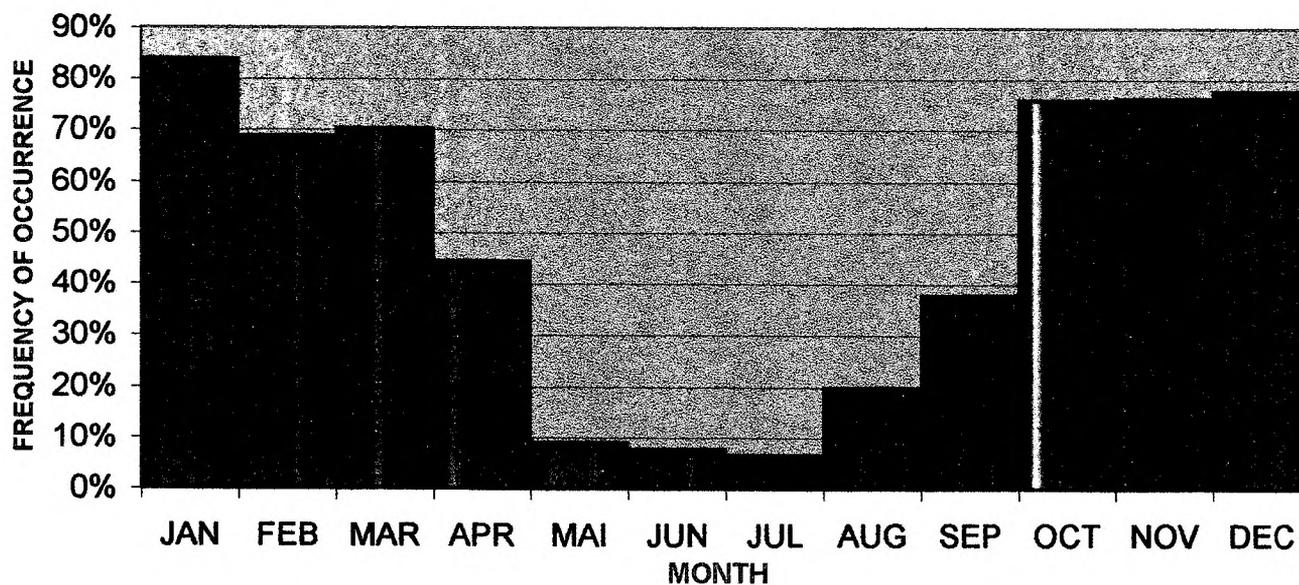


Figura 4

SOLAR MINIMUM PERIOD
TOTAL OF 282 NIGHTS

YEAR	BUBBLES (YES OR NO)	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1977	YES												
	NO								8			2	
1983	YES	2	4	6				1					
	NO				7	10	5	12	10	1			
1984	YES							1			5		
	NO			1	3		3	9	4	6	5	2	3
1985	YES		1	2							2		
	NO		4	4	1			1			5		
1986	YES	4	1	1							3	3	
	NO	1		3			11				8		
1987	YES	3	4	7	1						1	4	1
	NO	1	2	6	5	8	10	12	9	3		1	2
1993	YES										5	4	3
	NO										1	2	1
1994	YES	2	3	1	1								
	NO		1	2									
1995	YES												
	NO												
1996	YES												
	NO												
1997	YES												
	NO												
1998	YES	5	2								3		
	NO										1		
total	BUBBLES OBSERVED	16	15	17	2	0	0	2	0	0	19	11	4
	BUBBLES NOT OBSERVED	2	7	16	16	18	29	34	31	10	20	7	6
Total number of days:		18	22	33	18	18	29	36	31	10	39	18	10
Frequency of occurrence:		88,9%	68,2%	51,5%	11,1%	0,0%	0,0%	5,6%	0,0%	0,0%	48,7%	61,1%	40,0%

Tabela 3

MINIMUM SOLAR ACTIVITY PERIOD
AVERAGE SUNSPOT NUMBER FOR THE COVERED PERIOD: 33,1

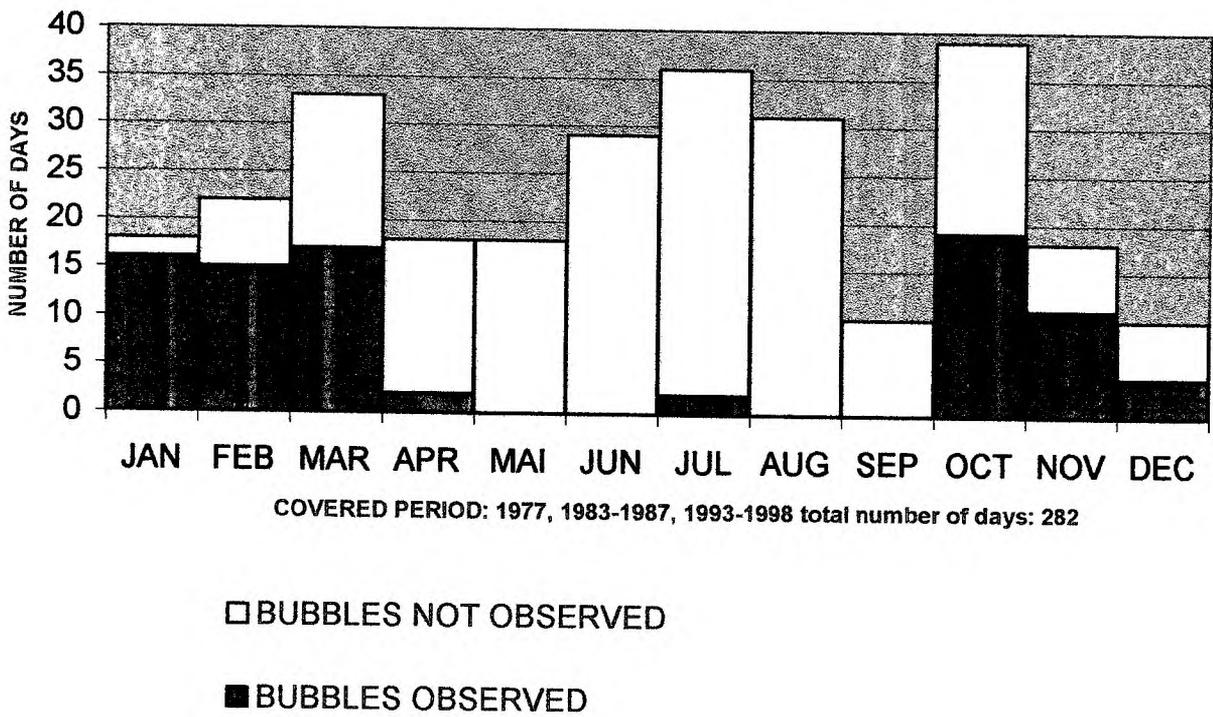


Figura 7

FREQUENCY OF OCCURRENCE FOR THE MINIMUM SOLAR ACTIVITY PERIOD AND FOR A TOTAL OF 282 NIGHTS OF EXPERIMENTS

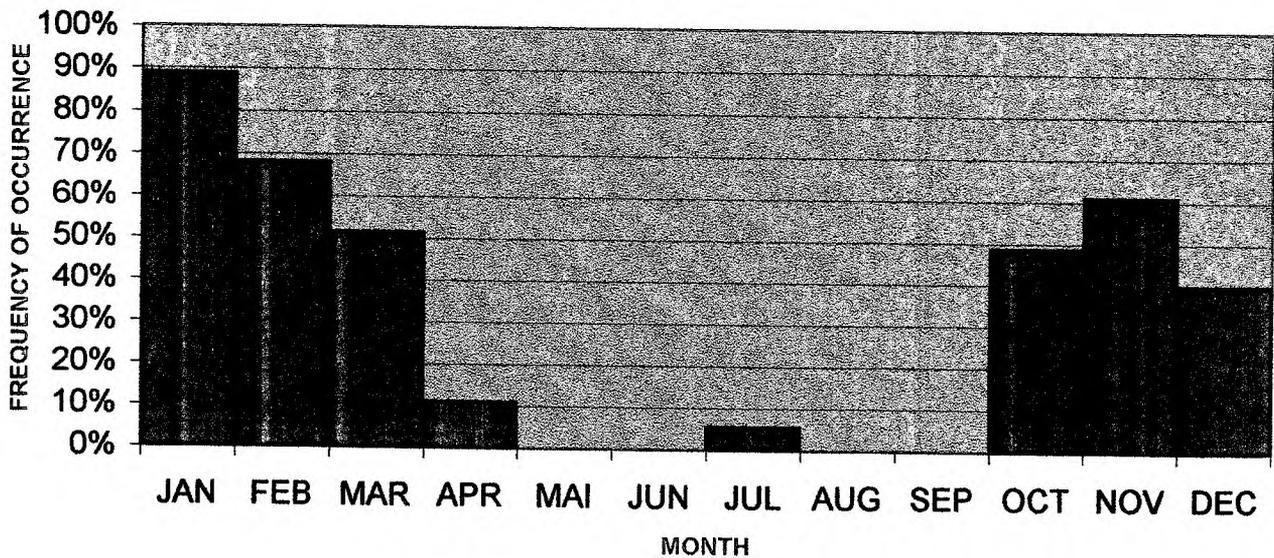


Figura 6