

PRECIPITAÇÃO DE ELÉTRONS ENERGÉTICOS NA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL PARA BAIXOS VALORES DE "L" E SUA RELAÇÃO COM A ATIVIDADE GEOMAGNÉTICA

O. PINTO JR. e W.D. GONZALEZ

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
C.P. 515, 12201 - São José dos Campos, S.P.

A review of measurements dealing with precipitating energetic (≥ 100 keV) electrons at low L values (≤ 2) of the South Atlantic Magnetic Anomaly is presented. Among them we include those obtained at São José dos Campos - Brazil (geographic coordinates $23^{\circ}12'S$, $45^{\circ}51'W$, $L \approx 1.13$) on April 14 and December 18, 1981, in which X-rays detectors on board stratospheric balloons were used. After a discussion of the physical mechanisms responsible for the precipitation process during magnetically calm periods, an effort is also done to identify possible mechanisms which could be responsible for intensifying the precipitation during magnetically disturbed periods.

INTRODUÇÃO

Medidas de fluxos de elétrons energéticos (≥ 100 keV) em precipitação na Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), para baixos valores do parâmetro L (≤ 2), oriundos da população natural do cinturão interno de radiação são escassas (Gledhill, 1979). Mais raras ainda são medidas da variabilidade destes fluxos com a atividade magnética (Voss & Smith, 1980). Em um esforço para aumentar o conhecimento a este respeito, faz-se uma análise dos fluxos de elétrons energéticos em precipitação na atmosfera da AMAS obtidos a partir de medidas de raios-X, com detectores a bordo de balões estratosféricos, realizadas em 1981 em São José dos Campos - Brasil (coordenadas geográficas $23^{\circ}12'S$, $45^{\circ}51'W$ e $L \approx 1,13$) (Pinto, 1985; Pinto & Gonzalez, 1986).

As seções seguintes apresentam uma revisão das medidas de elétrons energéticos em precipitação para $L \leq 2$ na AMAS, bem como uma discussão dos processos dinâmicos relacionados com esta precipitação. A falta de informação impede a preparação de um modelo global da precipitação de elétrons energéticos em função da atividade magnética para a AMAS. Evidências isoladas parecem demonstrar uma relação de proporcionalidade entre o fluxo de elétrons energéticos em precipitação e a atividade magnética (Paulikas, 1975); comportamento oposto parece ocorrer para o fluxo de elétrons com energias ≤ 10 keV (Gledhill & Hoffman, 1981). Finalmente é feita uma tentativa para identificar as possíveis causas relacionadas com a intensificação da precipitação de elétrons durante períodos magneticamente perturbados.

MEDIDAS DE ELÉTRONS ENERGÉTICOS EM PRECIPITAÇÃO

As primeiras medidas de partículas carregadas na

AMAS foram feitas pelo Sputnik V em 1960, em torno de 300 km, utilizando cintiladores e contadores a gás (Vernov et al., 1967). Até 9 de julho de 1962, quando ocorreu a explosão de uma bomba nuclear denominada "Starfish" em $L \approx 1,12$, pouca informação se tinha a respeito dos fluxos de elétrons no cinturão interno de radiação e, em particular, na AMAS. A maioria das medidas referia-se a fluxos globais de radiação e não somente a elétrons (Hess, 1968). Os dados mais completos sobre elétrons quase-aprisionados anteriores à explosão "Starfish" estão em Seward (1973). Seus dados, obtidos pelo satélite 1961 $\alpha \beta$ em setembro de 1961, entre 240 e 410 km e durante um período de fraca atividade magnética, referem-se principalmente a elétrons com energias maiores que 100keV. As principais características dos fluxos integrais medidos foram a forte dependência com o parâmetro L (ao menos entre 1,10 e 1,50) e com a longitude da medida. Na Fig. 1 é mostrada a região de máxima precipitação de elétrons ≥ 100 keV (Seward, 1973), bem como o "locus" dos valores mínimos do campo magnético em 100 km em função de L (denominado "centro" da AMAS). Outras medidas anteriores à explosão "Starfish" foram realizadas, porém sem uma aparente concordância (Freden, 1969).

Após 1962, devido à explosão "Starfish", o cinturão interno de radiação ficou contaminado por uma população artificial de elétrons energéticos várias vezes superior à população natural, assim permanecendo até aproximadamente 1968 (Teague et al., 1979). Neste período uma série de medidas da população artificial foi feita por diversos grupos (para uma revisão, ver Freden, 1969). A distribuição geográfica desta população foi muito semelhante à da população natural, descrita em Seward (1973), o que indicou ser esta distribuição função principalmente dos processos associados à perda dos elétrons, ao menos para períodos magneticamente calmos (Vernov et al., 1967).

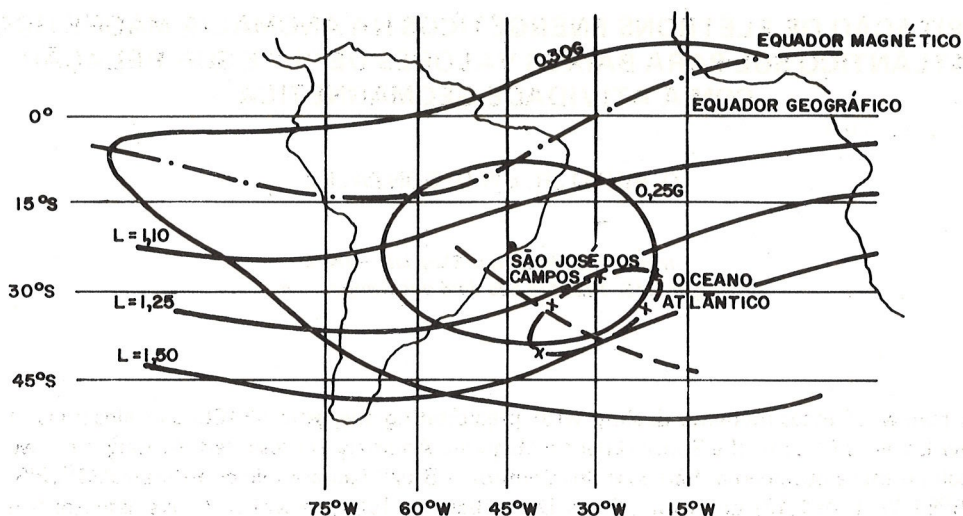


Figura 1 — Localização do máximo fluxo de elétrons com energias ≥ 100 keV em precipitação na AMAS obtidos por Seward (1973) (—x—). Também é mostrado o "locus" dos mínimos valores do campo magnético em 100km em função de L (---).

Entre 1962 e 1968 variações longitudinais no fluxo de elétrons em precipitação foram medidas por diversos autores (por exemplo Williams & Kohl, 1965; Imhof, 1968). A principal característica das medidas foi uma assimetria leste-oeste em relação ao "centro" da AMAS, sendo o fluxo de elétrons a oeste cerca de uma ordem de grandeza maior (Imhof & Smith, 1965; Vernov et al., 1967). Tal fato foi considerado como uma evidência da existência de outras interações de elétrons do cinturão interno, além daquela com os constituintes atmosféricos (pois esta não produz tal assimetria).

Após 1968 o cinturão interno voltou ao estado natural (Teague et al., 1979). Todavia, mesmo tendo passado mais de uma década, poucas medidas de elétrons energéticos em precipitação foram feitas (Paulikas, 1975; Gledhill, 1979), principalmente em baixos valores de L. Aparentemente a principal razão para isto é o fato de que a maioria dos satélites que passam pela AMAS usam instrumentos projetados para medir fluxos aurorais e, assim, não conseguem responder corretamente aos fluxos na AMAS, onde existe um maior ruído de fundo energético devido aos prótons do cinturão interno (Gledhill, 1979).

Na Fig. 2 são mostrados os fluxos diferenciais de elétrons naturais em precipitação na AMAS, para valores de $L \lesssim 2$, medidos por diversos autores. Os valores de fluxo obtidos para 14 de abril de 1981 foram calculados com base em medidas de raios-X realizadas por um detector de NaI (Ti), a bordo de um balão estratosférico lançado de São José dos Campos — Brasil (Pinto & Gonzales, 1986); por isto, somente valores do fluxo de elétrons acima de ≈ 100 keV têm significado, visto que elétrons abaixo desta energia não contribuem significativamente para o fluxo de raios-X em altura de balão. Estas medidas foram realizadas durante a fase de recuperação de uma tempestade magnética ($|Dst| \sim 290$), sendo neste sentido represen-

tativas de um período de forte atividade magnética. Medidas de raios-X feitas em 18 de dezembro de 1981 a partir de São José dos Campos, durante um período de fraca atividade magnética, não determinaram quaisquer fluxos significativos de elétrons em precipitação; apenas um limite superior para o fluxo de elétrons pôde ser estimado (Pinto & Gonzales, 1986). Considerando uma constância do espectro em energia tem-se um limite superior para o fluxo de elétrons em precipitação de uma ordem de grandeza a menos que aquele de 14 de abril de 1981, o que caracteriza uma intensificação do fluxo de elétrons em precipitação com a atividade magnética. Também são mostrados na Fig. 2 os valores de fluxo obtidos por West & Buck (1976) e Vampola & Gorney (1983) para valores de L entre 1,10 e 2,00 e períodos magneticamente calmos. Não são mostradas as medidas de Imhof et al. (1980), por estarem publicadas em contagens por segundo.

O fato de estes fluxos serem da mesma ordem daqueles determinados para 14 de abril de 1981 em $L \sim 1,13$ durante um período de forte atividade magnética, parece indicar que o fluxo de elétrons em precipitação entre L igual a 1,1 e 2,0 é na média, para um dado nível de atividade magnética, maior do que aquele em $L \sim 1,13$, em concordância com as evidências de um máximo na precipitação em L 1,4 (Seward, 1973; Voss & Smith, 1980). Todos os valores de fluxo em precipitação acima de 100 keV mostrados na Fig. 2 são menores que 1% do fluxo aprisionado no equador nestes valores de L, obtidos pelo modelo AE-6 (Teague et al., 1976). Outro aspecto importante na Fig. 2 é o rápido aumento do fluxo de elétrons em precipitação abaixo de 100 keV. Tal aspecto parece indicar a presença de outras fontes atuantes nestas energias, talvez elétrons secundários devidos à interação coulombiana dos elétrons mais energéticos com os constituintes atmosféricos. Medidas do fluxo integral de elétrons em precipita-

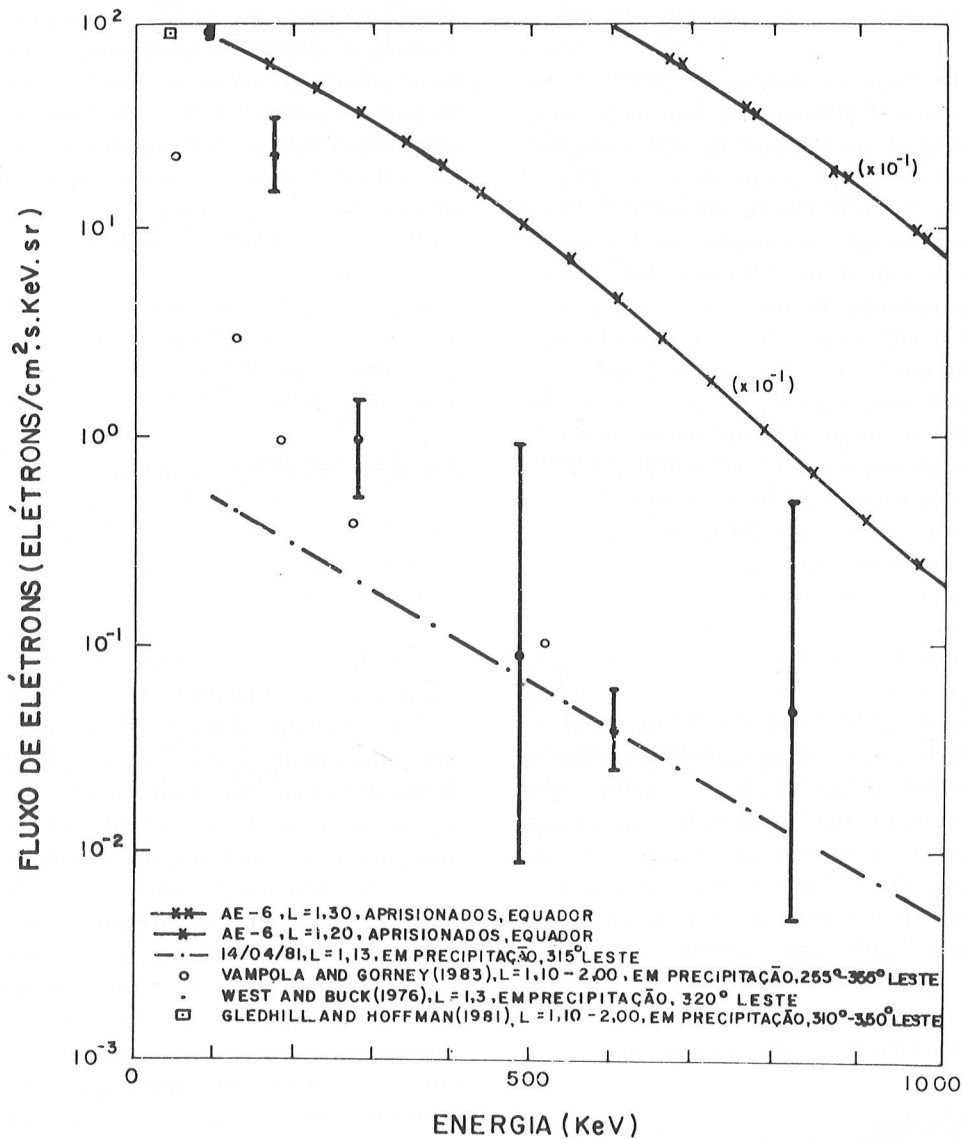


Figura 2 — Fluxos diferenciais de elétrons energéticos em precipitação na AMAS medidos por diversos autores. Os valores de fluxo para 14 de abril de 1981 só tem significado acima de 100 keV. O fluxo diferencial de elétrons com energias ≥ 100 keV aprisionado no equador para dois valores de L e o fluxo em 26 keV obtido por Gledhill & Hoffman (1981) também são mostrados.

ção na AMAS (Galperin & Temny, 1968; Seward, 1973; Vakulov et al., 1976) são aproximadamente consistentes com os fluxos diferenciais mostrados na Fig. 2.

Medidas de elétrons energéticos em precipitação na AMAS em relação a atividade magnética são escassas: Rosen & Sanders (1971) mediram um aumento do fluxo de elétrons quase-aprisionados artificiais para $L \lesssim 2$ durante duas tempestades magnéticas; Imhof et al., (1980) mediram uma correlação do fluxo de elétrons quase-aprisionados naturais em $L \approx 1,75$ com o Índice Dst. Em concordância com estas medidas, evidências indiretas de um aumento da precipitação durante tempestades magnéticas para elétrons de ~ 100 keV (Trivedi et al., 1973; Abdu et al., 1973, 1981) e para

elétrons > 1 MeV (Martin et al., 1973, 1974) também foram apresentadas. A estas evidências somam-se as de um aumento de ao menos uma ordem de grandeza no fluxo de elétrons em precipitação acima de 100 keV, em $L \approx 1,13$ (longitude geográfica $\approx 45^{\circ}$ W), durante uma tempestade magnética que atingiu $|Dst| \approx 290$ (Pinto, 1985). É importante ainda salientar que também evidências de distúrbios no fluxo de elétrons aprisionados em baixos valores de L relacionadas com tempestades magnéticas foram apresentadas por diversos autores: Imhof et al. (1967), Pfitzer & Winckler (1968), Bostron et al. (1970), Rosen & Sanders (1971) e Teague et al. (1979) (população artificial) e Imhof et al. (1981b) (população natural).

DINÂMICA DOS ELÉTRONS ENERGÉTICOS DO CINTURÃO INTERNO

A dinâmica dos elétrons energéticos (≥ 100 keV) do cinturão interno de radiação é comumente descrita por uma equação de Fokker-Planck nas variáveis de ação e em seus ângulos associados, incorporando termos de fonte e de perda (Schulz & Lanzerotti, 1974). Os coeficientes de Fokker-Planck levam em consideração os diversos mecanismos de interação dos elétrons com agentes externos. No caso do cinturão interno de radiação, os mecanismos conhecidos são: espalhamento coulombiano com os constituintes atmosféricos, difusão em "pitch-angle" em interações com ondas naturais ou artificiais; e difusão radial em interações com flutuações elétricas, magnéticas ou mesmo devida a assimetrias no campo geomagnético ("shell splitting").

O termo de fonte é composto fundamentalmente por elétrons produzidos por: "cosmic-ray albedo neutron decay" (CRAND), aparentemente de menor importância (Freden, 1969); elétrons originários do cinturão externo que se difundem radialmente para o cinturão interno, principalmente durante tempestades magnéticas (Freden, 1969); ou ainda por elétrons acelerados localmente em interações ressonantes (Voss & Smith, 1980; Paulikas & Blake, 1982).

O termo de perda consiste na precipitação de elétrons na atmosfera. Considera-se um elétron em precipitação quando em um dado ponto seu "pitch-angle" seja tal que corresponda a um ponto de reflexão em ou abaixo de 100 km (Roederer et al., 1967). Deste modo, todos os mecanismos que levam à precipitação de elétrons atuam de modo a alterar o seu "pitch-angle" fazendo com que os pontos de reflexão sejam levados para baixo de 100 km. Fundamentalmente existem dois mecanismos: espalhamento coulombiano e interações ressonantes com ondas.

Espalhamento Coulombiano

MacDonald & Walt (1961) mostraram que a interação dos elétrons do cinturão interno de radiação com a atmosfera não podia ser tratado como um simples movimento para menores alturas do ponto de reflexão, e sim segundo o formalismo de Fokker-Planck, baseado em uma equação de difusão (Haerendel, 1968). Todavia sua equação por ser integrada nas fases associadas aos invariantes adiabáticos, limita-se à população aprisionada onde não há substanciais variações do fluxo com a longitude. Além disso, MacDonald & Walt (1961) consideraram um estado estacionário com os termos de fonte e perda se cancelando (logo, não obtiveram informações sobre estes termos).

Welch & Kaufmann (1963) e Walt (1964) aplicaram uma equação similar aquela de MacDonald & Walt (1961) às partículas injetadas artificialmente na explosão "Starfish", considerando a variação temporal, uma fonte do tipo função delta e um termo de perda na forma de uma condição de contorno. A principal conclusão foi que a população de elétrons energéticos decai exponencialmente com uma constante de tempo no plano equatorial dependente de L e da ordem de 100 dias para valores de L entre 1,0 e 1,3.

Roederer et al. (1967) deram um passo além no estudo dos elétrons do cinturão interno mantendo a longitude na equação de Fokker-Planck. O comportamento da função de distribuição próxima ao topo da atmosfera foi simulado, fazendo-a anular-se em 100 km. Embora tal afirmação faça com que os valores de fluxos em precipitação não possam ser obtidos, chegou-se a novas conclusões: a população de elétrons tende a precipitar-se preferencialmente a oeste do "centro" da AMAS, havendo uma contínua repopulação a leste (efeito "windshieldwiper"). Todavia a variação da função de distribuição com o "pitch-angle" devida a espalhamento coulombiano não explicava as medidas existentes, sugerindo a atuação de outro mecanismo, possivelmente associado a ondas.

Interações Ressonantes com Ondas

A interação de elétrons com ondas requer determinadas condições de ressonância entre a energia dos elétrons e a frequência das ondas (Schulz & Lanzerotti, 1974). Sabe-se que dois tipos de ondas interagem com elétrons do cinturão interno de radiação: ondas artificiais, geradas por transmissores de alta potência no solo, e ondas naturais.

O papel das ondas artificiais na precipitação de elétrons do cinturão interno de radiação é pouco conhecido, porém devido ao fato de que a maioria dos transmissores localizam-se em média e altas latitudes, acredita-se que sua importância é menor em baixas latitudes, ao menos para $L < 1,5$ (Vampola & Kuck, 1978; Koons et al., 1981; Imhof et al., 1981a). Como exemplo de ondas naturais, pode-se citar as ondas Pc5, oriundas de compressões da magnetosfera durante períodos magneticamente perturbados, as quais poderão entrar em ressonância de deriva com elétrons energéticos (Gonzalez & Gonzalez, 1979). Outro tipo de ondas de maior frequência, que podem entrar em ressonância ciclotrônica com elétrons energéticos, é o hiss plasmassférico. Hiss plasmassférico são ondas eletromagnéticas que têm sido detectadas em toda a plasmassfera (Thorne et al., 1973), as quais, acredita-se sejam originadas na plasmasspausa através de instabilidades ciclotrônicas, propagando-se então por toda plasmassfera (Thorne et al., 1979). Evidências de hiss em baixos L foram dadas por Tsurutani et al. (1975). As principais características são uma frequência central em torno de 500 Hz, uma largura de banda de ~ 300 Hz e uma amplitude extremamente variável, relacionada com o nível da atividade magnética (Tsurutani et al., 1975; Larkina & Likhter, 1982). Estas ondas podem interagir com elétrons relativísticos (da ordem de MeV), reduzindo seus tempos de vida (Tsurutani et al., 1975; Gonzalez & Gonzales, 1979).

Exemplo de solução de uma equação de Fokker-Planck para uma distribuição de elétrons que considera espalhamento coulombiano e interações ressonantes com ondas para médias latitudes é dado em Spjeldvik & Thorne (1975). Tratamento similar para baixas latitudes não existe, principalmente devido à pouca informação sobre ondas nesta região. Modelos semi-empíricos que se utilizam de valores de fluxos medidos no Hemisfério Norte e da geometria

do campo geomagnético, foram feitos por Cladis & Dessler (1961) e Torr et al. (1975), todavia, também restritos a $L > 2$. Neste sentido, recentemente Vampola & Gorney (1983) apresentaram medidas de elétrons energéticos em função da longitude para baixos valores de L . Suas medidas parecem indicar novos aspectos relacionados com a dinâmica da precipitação na AMAS.

CONCLUSÃO

O conjunto das evidências apresentadas parece caracterizar um aumento tanto na população aprisionada como na população em precipitação em baixos valores de L na AMAS durante intensas tempestades magnéticas ($|Dst| \geq 100$), a exemplo do ocorrido em médias latitudes (Paulikas, 1975). Fora destes períodos não ocorrem variações na população aprisionada (Paulikas, 1975), sendo a variação da precipitação (Imhof et al., 1980) provavelmente associada aos seus aspectos dinâmicos (Paulikas, 1975).

No momento não se conhece bem quais seriam os agentes responsáveis pela intensificação da precipitação na AMAS durante períodos magneticamente perturbados. Aparentemente uma intensificação da amplitude do hiss durante tais períodos (Larkina & Likhter, 1982) poderia levar a

intensificação da precipitação, a exemplo do ocorrido em médias latitudes (Spjeldvik and Thorne, 1975). Outros processos foram também sugeridos, nos quais os elétrons interagiriam ressonantemente com flutuações magnéticas originárias de instabilidades ionosféricas (Imhof & Smith, 1966) ou ainda com micropulsões magnéticas do tipo Pc5 (Trivedi et al., 1973) existentes em períodos perturbados. Finalmente um aumento da densidade atmosférica neutra, associada a mecanismos de transporte de altas para baixas latitudes durante períodos magneticamente perturbados, em alturas em torno de 300 km, poderia intensificar o espalhamento coulombiano e, portanto, a precipitação durante estes períodos. Estimativa da variação da precipitação de elétrons em $L = 1,25$ devido a este último processo foi feita por Pinto et al. (1986). Determinou-se, todavia, que a precipitação pode aumentar de no máximo um fator de dois com a atividade magnética.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente subvencionado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), através do contrato FINEP 537/CT. Os autores agradecem a Dra. A.L.C. Gonzalez, ao Dr. M.A. Abdu e ao Dr. J.M. da Costa as sugestões.

REFERÊNCIAS

- ABDU, M.A., ANANTHAKRISHNAN, S., COUTINHO, E.F., KRISHNAN, B.A. & REIS, E.M. de S. — 1973 — Azimuthal drift and precipitation of electrons into the South Atlantic Geomagnetic Anomaly during an SC magnetic storm. *J. Geophys. Res.*, **78**: 5830-5836.
- ABDU, M.A., BATISTA, I.S., PIAZZA, L.R. & MASSAMBANI, O. — 1981 — Magnetic storm associated enhanced particle precipitation in the South Atlantic Anomaly: evidence from VLF phase measurements. *J. Geophys. Res.*, **86**: 7533-7542.
- BOSTROM, C.O., BEALL, D.S. & ARMSTRONG, J.C. — 1970 — Time history of the inner radiation zone, October 1963 to December 1968. *J. Geophys. Res.*, **75**: 1246-1256.
- CLADIS, J.B. & DESSLER, A.J. — 1961 — X rays from Van Allen belt electrons. *J. Geophys. Res.*, **66**: 343-350.
- FREDEN, S.C. — 1969 — Inner-belt Van Allen radiation. *Space Sci. Rev.*, **9**: 198-242.
- GALPERIN, Y.I. & TEMNY, V.V. — 1968 — Model intensity distribution of electrons trapped in the inner zone. 8th COSPAR meeting, London.
- GLEDHILL, J.A. — 1979 — Non-solar ionization in the South Atlantic Anomaly: a review. IAGA meeting, Canberra.
- GLEDHILL, J.A. & HOFFMAN, R.A. — 1981 — Nighttime observation of 0.2 to 26keV electrons in the South Atlantic Anomaly made by Atmosphere Explorer C. *J. Geophys. Res.*, **86**: 6739-6744.
- GONZALEZ, A.L.C. & GONZALEZ, W.D. — 1979 — The role of wave-particle interactions on the particle precipitation in the Brazilian Magnetic Anomaly. *EOS Trans. AGU*, **60**: 910.
- HAERENDEL, G. — 1968 — Diffusion theory of trapped particles and the observed proton distribution. In *Earth's particles and Fields*, (B.M. McCormac, ed.), Reinhold Book.
- HESS, W.N. — 1968 — The radiation belt and magnetosphere. Waltham, MA, Blaisdell.
- IMHOF, W.L. — 1968 — Electron precipitation in the radiation belts. *J. Geophys. Res.*, **73**: 4167-4184.
- IMHOF, W.L. & SMITH, R.V. — 1965 — Longitudinal variation of high energy electrons at low altitudes. *J. Geophys. Res.*, **70**: 569-577.
- IMHOF, W.L. & SMITH, R.V. — 1966 — The behavior of trapped electrons and protons at the lower edge of the inner radiation belt. *J. Geophys. Res.*, **71**: 4157-4171.
- IMHOF, W.L., ANDERSON, R.R., REAGAN, J.B. & GAINES, E.E. — 1981a — The significance of VLF transmitters in the precipitation of inner belt electrons. *J. Geophys. Res.*, **86**: 225-234.
- IMHOF, W.L., GAINES, E.E. & REAGAN, J.B. — 1981b — High-resolution spectral features observed in the inner radiation belt trapped electron population. *J. Geophys. Res.*, **86**: 2341-2347.
- IMHOF, W.L., REAGAN, J.B. & GAINES, E.E. — 1980 — Measurements of inner zone electron precipitation. *J. Geophys. Res.*, **85**: 9-16.
- IMHOF, W.L., REAGAN, J.B. & SMITH, R.V. — 1967 — Long-term study of electrons trapped on low L shells. *J. Geophys. Res.*, **72**: 2371-2377.
- KOONS, H.C., EDGAR, B.C. & VAMPOLA, A.L. — 1981 — Precipitation of inner zone electrons by whistler mode waves from

- VLF transmitters UMS and NWC. *J. Geophys. Res.*, **86**:640-648.
- LARKINA, V.I. & LIKHTER, J.I. — 1982 — Storm-time variation of plasmaspheric ELF hiss. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **44**:415-423.
- MacDONALD, W.M. & WALT, M. — 1961 — Distribution function of magnetically confined electrons in a scattering atmosphere. *Ann. Phys.*, **15**:44-62.
- MARTIN, I.M., RAI, D.B., DA COSTA, J.M., PALMEIRA, R.A.R. & TIVEDI, N.B. — 1973 — Enhanced electron precipitation in Brazilian Magnetic Anomaly in association with sudden commencement. *Nature*, **240**:84-86.
- MARTIN, I.M., RAI, D.B., PALMEIRA, R.A.R., TRIVEDI, N.B., ABDU, M.A. & DA COSTA, J.M. — 1974 — Enhanced low-energy gamma rays at balloon altitudes in the Brazilian Magnetic Anomaly. *Nature*, **25**:252-253.
- PAULIKAS, G.A. — 1975 — Precipitation of particles at low and middle latitudes. *Rev. Geophys. Space Phys.*, **13**:709-734.
- PAULIKAS, G.A. & BLAKE, J.B. — 1982 — High energy particles in the magnetosphere. *Adv. Space. Res.*, **2**:43-46.
- PFITZER, K.A. & WINCKLER, J.R. — 1968 — Experimental observations of a large addition to the electron inner radiation belt after a solar flare event. *J. Geophys. Res.*, **73**:5792-5797.
- PINTO, O., Jr. — 1985 — Estudo sobre raios-X na atmosfera da Anomalia Magnética do Atlântico Sul. Tese de Doutorado em Ciência Espacial, INPE.
- PINTO, O., Jr. & GONZALEZ, W.D. — 1986 — X-ray measurements at South Atlantic Magnetic Anomaly. *J. Geophys. Res.*, **91**:7072-7078.
- PINTO, O., Jr., GONZALEZ, W.D. & PINTO, I.R.C.A. — 1986 — Variação em função da hora local e da atividade magnética da precipitação de elétrons na Anomalia Magnética do Atlântico Sul. *Rev. Bras. Geofís.*, submetido para publicação.
- ROEDERER, J.G., WELCH, J.A. & HEROD, J.V. — 1967 — Longitude dependence of geomagnetically trapped electrons. *J. Geophys. Res.*, **72**:4431-4447.
- ROSEN, A. & SANDERS, N.L. — 1971 — Loss and replenishment of electrons in the inner radiation zone during 1965-1967. *J. Geophys. Res.*, **76**:110-121.
- SCHULZ, M. & LANZEROTTI, L.J. — 1974 — Particle diffusion in the radiation belts. New York, NW, Spring Verlag.
- SEWARD, F.D. — 1973 — The geographical distribution of ~ 100 keV electrons above the Earth's atmosphere. Livermore, Lawrence Livermore Laboratory, University of California (UCRL 51456).
- SPJELDVIK, W.N. & THORNE, R.M. — 1975 — The cause of storm after effects in the middle latitude D-region. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **37**:777-795.
- TEAGUE, M.J., CHAN, K.W. & VETTE, J.I. — 1976 — AE6: A model environment of trapped electrons for solar maximum. Maryland, NSSDC (NSSDC/WDC-A R&S 76-04).
- TEAGUE, M.J., SCHOFIELD, N.J., CHAN, K.W. & VETTE, J.I. — 1979 — A study of inner zone electron data and their comparison with trapped radiation models. Maryland, NSSDC (NSSDC/WDC-A R&S 79-06).
- THORNE, R.M., CHURCH, S.R. & GORNEY, D.J. — 1979 — On the origin of plasmaspheric hiss: The importance of wave propagation and the plasmopause. *J. Geophys. Res.*, **84**:5241-5247.
- THORNE, R.M., SMITH, E.J., BURTON, R.K. & HOLZER, R.E. — 1973 — Plasmaspheric hiss. *J. Geophys. Res.*, **78**:1581-1596.
- TORR, D.G., TORR, M.R., WALKER, J.C.G. & HOFFMAN, R.A. — 1975 — Particle precipitation in the South Atlantic Geomagnetic Anomaly. *Planet. Space Sci.*, **23**:15-26.
- TRIVEDI, N.B., RAI, D.B., MARTIN, I.M. & DA COSTA, J.M. — 1973 — Particle precipitation in Brazilian Geomagnetic Anomaly during magnetic storms. *Planet. Space Sci.*, **21**:1699-1704.
- TSURUTANI, B.T., SMITH, E.J. & THORNE, R.M. — 1975 — Electromagnetic hiss and relativistic electron losses in the inner zone. *J. Geophys. Res.*, **80**:600-607.
- VAKULOV, P.V., GRIGOROV, N.L., DOBROVOLSKA, R., DUBINSKY, Y., RAKHAROV, A.V., KUDELA, K., KUZNETSOV, S.N., KUZNETSOVA, V.A., PISARENKO, N.F., SAVENKO, L.A., FISHER, S., SOMOGYI, A. & YESEFOVICH, I.A. — 1976 — Studies of corpuscular radiation in the Earth's: Environs based on Intercosmos 5 data. 16th COSPAR meeting, Varma.
- VAMPOLA, A.L. & GORNEY, D.J. — 1983 — Electron energy deposition in the middle atmosphere. *J. Geophys. Res.*, **88**:6267-6274.
- VAMPOLA, A.L. & KUCK, G.A. — 1978 — Induced precipitation of inner zone electrons, 1. Observations. *J. Geophys. Res.*, **83**:2543-2551.
- VERNOV, S.N., GORCHAKOV, E.V., SHAVRIN, P.I. & SHAVRI-NA, K.N. — 1967 — Radiation belts in the region of the South Atlantic Magnetic Anomaly. *Space Sci. Rev.*, **7**:490-533.
- VOSS, H.D. & SMITH, L.G. — 1980 — Global zones of energetic particle precipitation. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **42**:227-239.
- WALT, M. — 1964 — The effects of atmospheric collisions on geomagnetically trapped electron. *J. Geophys. Res.*, **69**:3947-3958.
- WELCH, J.A. & KAUFMANN, R.L. — 1963 — Trapped electron time histories for $L = 1.18$ to $L = 1.30$. *J. Geophys. Res.*, **68**:685-699.
- WEST, H.I., Jr. & BUCK, R.M. — 1976 — Energetic electrons in the inner belt in 1968. *Planet. Space Sci.*, **24**:643-650.
- WILLIAMS, D.J. & KOHL, J.W. — 1965 — Loss and replenishment of electrons at middle latitudes and high B values. *J. Geophys. Res.*, **70**:4139-4150.

Versão original recebida em Ago/85;
Versão final em Abr/87.