

DINÂMICA DA PRECIPITAÇÃO DE PARTÍCULAS NA REGIÃO ANTÁRTICA DURANTE EVENTOS GEOMAGNÉTICOS

Caio Marcos Franck Pessotto
Escola de Engenharia Industrial SJC - Bolsa PIBIC/CNPq
Orientador: Dr. René A Medrano-B
Proantar

O estudo da precipitação de partículas, durante tempestades magnéticas, na Antártida, é importante para comparações com eventos de mesma natureza no hemisfério oposto (isto é, a região Ártica), onde o número de pesquisas realizadas é incomparavelmente maior.

O presente trabalho baseia-se na análise de dados de um polarímetro VHF, instalado na Estação Antártica Comandante Ferraz, na península antártica (62°S, 58.4°W) e dados simultâneos de outro similar instalado em Cachoeira Paulista, SP (22°S, 45°W). Em princípio pretendia-se fazer o estudo incluindo 3 riômetros, também instalados na Estação Antártica Comandante Ferraz, entretanto, como uma análise preliminar mostrou indícios de ondas de gravidade se propagando acima de Ferraz, foi decidido concentrar-se no estudo de duas tempestades magnéticas, para cujos intervalos disponha-se de dados simultâneos de Ferraz e Cachoeira Paulista.

Em determinadas circunstâncias, quando a precipitação de partículas na atmosfera auroral é muito grande, surgem perturbações ionosféricas que, segundo a literatura, se propagam geralmente dos pólos para as regiões equatoriais deslocando-se horizontalmente com velocidades de até 700 m/s (Francis, 1975; Hunsucker, 1982). Por sua vez, estas perturbações produzem deformações no perfil eletrônico, na sua passagem.

Objetivando verificar este tipo de propagação, utilizou-se dados do polarímetro de Cachoeira Paulista para avaliar se as perturbações ionosféricas, produzidas na antártica alcançaram esta região, como previsto na literatura.

Na avaliação foi selecionado um período em que ocorreu um evento geomagnético, o qual vai de 05 de maio a 13 de maio de 1992, sendo que o maior valor do índice geomagnético Kp foi observado no dia 10 de maio (Solar Geophysical Data, 1992). Neste período teve que ser digitalizado o conjunto de dados da antártica em intervalos de 5 minutos, para complementar a falta de dados digitais.

A figura 1 mostra as curvas relativas ao conteúdo eletrônico, em unidades arbitrárias, que foram plotadas em sobreposição para Antártida e Cachoeira Paulista. A base temporal utilizada foi Universal Time - UT, possibilitando a comparação, para o dia 7 de maio de 1992 instante em que se dá o início da tempestade, nas duas regiões.

Da análise comparativa dos dados dos dois polarímetros, algumas condições podem ser apontadas. Os dados da antártida mostram picos de aumento do conteúdo eletrônico em intervalos de aproximadamente 1 hora. Estes picos podem ser identificados com as perturbações ocasionadas pela passagem de ondas de gravidade (Oliver and Hagan, 1991). Entretanto, os dados de Cachoeira Paulista não apresentam as mesmas características, o que pode indicar que as ondas de gravidade não se propagam na direção equatorial, ou então, que foram absorvidas na sua trajetória.

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA (PIBIC / CNPq)

RELATÓRIO FINAL

DINÂMICA DA PRECIPITAÇÃO DE PARTÍCULAS NA REGIÃO
ANTÁRTICA DURANTE EVENTOS GEOMAGNÉTICOS

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
PROANTAR

ORIENTADOR: Dr. RENÉ ADALID MEDRANO BALBOA
BOLSISTA: CAIO MARCOS FRANCK PESSOTTO

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SÃO PAULO
JULHO / 1997

RESUMO

O estudo da precipitação de partículas , durante tempestades magnéticas, na Antártida, é importante para comparações com eventos de mesma natureza no hemisfério oposto (isto é, a região Ártica), onde o número de pesquisas realizadas é incomparavelmente maior.

O presente trabalho baseia-se na análise de dados de um polarímetro VHF, instalado na Estação Antártica Comandante Ferraz, na península antártica (62°S , 58.4°W) e dados simultâneos de outro similar instalado em Cachoeira Paulista, SP (22°S , 45°W). Em princípio pretendia-se fazer o estudo incluindo 3 riômetros, também instalados na Estação Antártica Comandante Ferraz, entretanto, como uma análise preliminar mostrou indícios de ondas de gravidade se propagando encima de Ferraz, foi decidido concentrar o estudo em tempestades magnéticas, para cujos intervalos disponha-se de dados de polarímetro simultâneos de Ferraz e Cachoeira Paulista.

Os dados utilizados são de polarímetro, devido as perturbações verificadas produzirem deformações no perfil eletrônico, na sua passagem.

Para análise dos indícios de ondas de gravidade, utilizou-se dados do polarímetro de Cachoeira Paulista para avaliar se as perturbações ionosféricas, produzidas na antártica alcançaram esta região, como previsto na literatura.

Foi selecionado um período que apresentasse eventos geomagnéticos, por apresentar condições de intensificação da precipitação de partículas. O período selecionado vai de 05 a 13 de maio de 1992.

SUMÁRIO

I - INTRODUÇÃO	4
Eventos Geomagnéticos	4
Comportamento da Ionosféra	6
Os índices Kp	7
Ondas de Gravidade	8
II - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS	10
Seleção dos períodos com eventos geomagnéticos	10
Digitalização e tratamento dos dados	11
Plotagem dos dados obtidos	11
III - CONCLUSÃO	15
IV - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
Tabelas 1 - Períodos com anomalia geomagnética	17
Figura 1 - Tabela de índices Kp da publicação Solar Geophysical Data do World Data Center, página 125, julho de 1992	19
Figura 2 - Gráficos com dados de polarímetro - LT	21
Figura 3 - Gráficos com dados de polarímetro - UT	31

INTRODUÇÃO

Eventos Geomagnéticos

A precipitação de elétrons e prótons energéticos provenientes da magnetosfera, que se propagam helicoidalmente nas linhas do campo geomagnético, gera uma ionização nas moléculas e átomos da atmosfera. Essa precipitação ocorre exclusivamente nas regiões antárticas e árticas. As tempestades geomagnéticas, originadas por ondas de choque interplanetárias provenientes de explosões solares, que também emitem raios cósmicos na magnetosfera, têm o mesmo efeito que o da precipitação de partículas da magnetosfera.

O sol libera constantemente um conjunto de partículas, principalmente prótons e elétrons que formam o chamado vento solar, e radiações eletromagnéticas, como ondas de rádio, infravermelho, ondas na faixa do visível, ultravioleta, raio x e γ . As partículas do vento solar em períodos calmos propagam-se entre 300 km.s^{-1} e 400 km.s^{-1} . Outro fenômeno produzido pelo Sol é um campo magnético interplanetário, que se propaga no espaço interplanetário interagindo com as atmosferas e campos magnéticos dos planetas. O Sol também emite partículas com energias muito altas, durante as explosões solares, chamadas de raios cósmicos solares (Paula E. R.,1987).

Como os raios cósmicos solares se propagam ao longo das linhas de campo magnético, pode-se dizer que o campo geomagnético controla o acesso destas partículas à atmosfera da Terra. A magnetosfera também é influenciada pelo campo magnético interplanetário gerado pelo Sol e pelo vento solar. Sua forma é regida por estes dois fatores, formando uma onda de choque e uma cauda magnética.

Mas, todas estas condições, que são consideradas de períodos calmos, podem sofrer variações bruscas em sua intensidade, devido à atividade no vento solar. Estas tempestades geralmente são ocasionadas por uma erupção solar, que intensifica a densidade e velocidade do vento solar, atingindo velocidades de até 2000 km.s^{-1} . A radiação eletromagnética mais significativa para a ionização da atmosfera é a dos raios x , com energias suficientes para a ionização de partículas da atmosfera.

Havendo uma intensificação nos parâmetros do vento solar, o campo geomagnético e a ionosfera, deverão sofrer grandes variações.

O campo geomagnético sofre uma compressão no lado voltado para o Sol, e como consequência da concentração das linhas de campo, há um aumento rápido na intensidade do campo magnético medido na superfície da Terra, chamado de início súbito (IS). Logo em seguida um decréscimo do campo devido a um aumento das correntes elétricas que fluem na magnetosfera, criando um sistema de corrente de anel. Por último ocorre a recuperação para o estado não perturbado, quando acaba a tempestade solar.

Esses períodos são chamados de tempestades magnéticas (eventos geomagnéticos).

Comportamento da Ionosfera

Os raios UV e X principalmente, provenientes do Sol, ao atingirem a atmosfera cedem energia às partículas lá existentes, provocando ionização. Ao entardecer a radiação ionizante diminui de intensidade, e durante a noite é completamente ausente. Nestas condições os íons e elétrons se recombinam, diminuindo a densidade eletrônica (número de elétrons por cm^3). Este processo é chamado de recombinação íon-elétron. Portanto, a acumulação de elétrons livres forma uma estrutura de densidade eletrônica que depende da altura e dos horários do dia.

Neste trabalho, utilizam-se dados de um polarímetro eletrônico, que registra a variação do plano de polarização de sinais emitidos por satélites geoestacionários. Estes dados permitem inferir o conteúdo eletrônico (integração do perfil eletrônico com a altura) desde o satélite até a antena do polarímetro. Desta maneira, por volta do meio dia local, o conteúdo eletrônico terá seus maiores valores, diminuindo consideravelmente depois das 18 horas, visto que a intensidade da radiação ionizante solar diminui também de intensidade. Durante à noite o conteúdo eletrônico atinge seu menor valor, devido à recombinação íon-elétron, uma vez que os elétrons voltam a neutralizar os átomos e moléculas ionizadas. No amanhecer local, quando os raios solares novamente iluminam a atmosfera, se inicia novamente a ionização, aumentando o valor do conteúdo eletrônico. Desta maneira com os dados de polarímetro é possível observar as variações da densidade

eletrônica na ionosfera. Atualmente são utilizados, para este objetivo, equipamento baseados nos GPS's (Ground Position System) que funcionam em frequências mais elevadas.

Para o estudo de eventos ionosféricos, baseados em perturbações geomagnéticas, são utilizados os dados dos polarímetros de dois pontos da superfície terrestre (Antártica e Cachoeira Paulista) que poderão fornecer a dinâmica de estruturas de densidade eletrônica e alguma possível variação anormal da densidade, podendo assim concluir alguma característica das tempestades Geomagnéticas.

Os Índices Kp

Para estudar o comportamento da magnetosfera que influi no comportamento do movimento de partículas, as quais ionizam a atmosfera, utiliza-se o índice de atividade geomagnética Kp encontrada na publicação mensal Solar Geophysical Data do World Data Center. Muito dos físicos tem usado as variações geomagnéticas, quando eles desejam ter alguma idéia do nível da atividade magnetosférica. O índice Kp, que é fornecido em intervalos de 3 horas, é um índice do nível mundial da atividade geomagnética. É derivado de um composto estatístico de variações em um grupo selecionado de estações em zona sub-auroral. Os valores de Kp vão de 0 (baixa atividade) à 9 (forte atividade). E estes valores são dispostos em uma escala quase-logarítmica. No início de um evento geomagnético, na tabela dos índices Kp utiliza-se uma marcação, a qual é chamada de “início súbito” (Rostoker, 1972). Um exemplo da disposição dos índices está na tabela 1.

Para a análise das perturbações ionosféricas, com o índice Kp, é possível selecionar períodos e apontar instantes nos quais se tem o eventos geomagnéticos.

Ondas de Gravidade

Um dos fenômenos que ocorrem devido a precipitação de partículas são as ondas de gravidade, que são oscilações que ocorrem na atmosfera neutra. São geradas pela diferença de pressão que ocorre devido ao aquecimento anisotrópico da atmosfera e pela ação da gravidade. As ondas de gravidade surgem com as pequenas oscilações do estado de equilíbrio hidrostático da atmosfera (Borba, 1993).

As tempestades geomagnéticas descritas acima, intensificam a precipitação de partículas nas regiões aurorais, que ao atingirem a atmosfera provocam o aquecimento Joule da atmosfera. Esses eventos são fontes geradoras de ondas de gravidade.

As ondas de gravidade são geradas principalmente na baixa e média atmosfera e se propagam para a termosfera com amplitudes crescentes com a altura (Borba, 1993)

As ondas de gravidade geradas pela precipitação de partículas provenientes de tempestades geomagnéticas, são de oscilações de larga escala, com períodos compreendidas entre 2 e 5 h, apresentam poucos ciclos e possuem comprimento de onda horizontal na ordem de algumas centenas de quilômetros e velocidade horizontal entre 300 m.s^{-1} e 1000 m.s^{-1} geomagnéticas (Francis, 1975; Hunsucker, 1982) (?Gossard e Hooke, 1975).

As ondas de gravidade perdem sua intensidade até se dissiparem por completo, ao longo de sua propagação. Estas são consideradas um importante mecanismo de dissipação de energia contida na atmosfera, ou nela injetada durante tempestades magnéticas.

Quando as ondas de gravidade se propagam ao longo da linha de campo geomagnéticas, tendem a se elevar devido ao aquecimento da ionosfera, mas ao mesmo tempo é atraída pela gravidade da Terra, provocando uma oscilação.

Para análise da presença e comportamento das ondas de gravidade pode ser utilizado o índice Kp e polarímetros além de outros artifícios. Segundo Georges (1968) e Titheridge (1972), índice $Kp \geq 5$ é condição necessária para geração de ondas de gravidade de larga escala. Existem outros argumentos para esta condição, mas neste estudo leva-se em conta apenas o critério dos índices Kp.

As observações para estudo do comportamento de ondas, se faz com instrumentos dispostos em regiões distintas, que podem assim observar características particulares para cada região, como exemplo, o decréscimo da intensidade das ondas de gravidade, ao se propagarem. O instrumento utilizado no estudo foi o polarímetro, um na Estação Antártica Comandante Ferraz (62°S, 58.4°W), Antártida e outro em Cachoeira Paulista (45°W, 22°S), São Paulo.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Seleção dos Períodos com Eventos Geomagnéticos

A seleção dos períodos foi realizada com a seleção de dados simultâneos dos polarímetros de Cachoeira Paulista e da Estação Ferraz, na Antártida. Os dados de polarímetro da EACF encontram-se na forma digital e analógica, e os de CP apenas na forma analógica.

Selecionaram-se períodos com atividade geomagnética elevada, índices $K_p \geq 5$, levando em consideração as condições dos dados de polarímetro de Cachoeira Paulista e EACF. Com este objetivo consultou-se a publicação mensal Solar Geophysical Data do World Data Center, e verificando os valores K_p , foram indicados vários períodos, que estão relacionados na tabela 1.

Após a seleção dos períodos geomagneticamente ativos, foi verificado a disponibilidade de dados aproveitáveis dos polarímetros de ambas as regiões. Somente dois intervalos, de dados, foram encontrados reunindo as condições desejadas. Estes períodos são:

- 09 a 13 de maio de 1992, e

- 18 a 25 de maio de 1992.

Digitalização e Tratamento dos Dados.

Os dados de polarímetro de Cachoeira Paulista, estavam na forma analógica, em cartas gráficas, os que foram digitalizados numa mesa digitalizadora. A digitalização foi efetuada em intervalos de 5 minutos, numa base temporal que correspondia à hora local de Cachoeira Paulista.

Por outro lado os dados da EACF estavam dispostos na forma analógica e digital. Foi necessária a utilização de ambos conjuntos de dados uma vez que falhas, nos dados disponíveis, podiam ser complementados com a existência dos outros. A princípio utilizou-se os dados digitais que foram processados pelo sistema *REPLOCET*^{*1}. Como os dados digitais foram armazenados em níveis diferentes, e os dados do intervalo de tempo da aquisição não é disposto em intervalos de minutos ou segundos para cada valor correspondente, esse programa desenvolvido fazia todo o tratamento dos dados, já obtendo como resultado uma tabela adequada para ser plotada, para o período correspondente. Alguns períodos apresentaram problemas de dados digitais, e optou-se pela digitalização de dados analógicos para estes períodos.

Plotagem dos Dados Obtidos

Com as tabelas de dados disponíveis para as duas regiões, levantou-se as curvas do polarímetro através do programa Grapher for Windows.

Para uma visualização adequada, ambos os conjuntos de dados deveriam estar numa base de tempo tanto UT como LT.

Como os dados da EACF foram adquiridos na base temporal de hora universal (UT-Universal Time) e os de CP na base temporal de hora local (LT-Local Time), foi necessário fazer a conversão das bases temporal para obter gráficos comparativos das duas regiões em UT e LT.

O cálculo utilizado foi:

Cachoeira Paulista:

Como os dados de CP estão em horário local oficial, primeiro são transformados para hora universal UT. Depois são transformados em hora local verdadeira ($H_{LOCAL / VERDADEIRA}$) levando em conta que Cachoeira paulista está na longitude 45 graus oeste, portanto:

$$H_L = UT - 45^\circ \frac{24}{360^\circ}$$
$$H_L = UT - 3$$

onde:

$$H_{OFICIAL} = UT - 4$$

$$H_{OFICIAL} + 4 = UT$$

$$H_{LOCAL-VERDADEIRA} = UT - 3$$

*¹Sistema desenvolvido por Lúcia de A Terra Limiro, divisão de Aeronomia - CEA.

Estação Antártica Comandante Ferraz:

Os dados da base temporal para o polarímetro desta região estão em UT, e devem ser passados para LT verdadeira, segue-se então o seguinte cálculo:

$$H_{LOCAL-VERDADEIRA} = UT - 58,4^{\circ} \frac{24}{360^{\circ}}$$

$$H_{LOCAL-VERDADEIRA} = UT - 3,8933$$

A seguir nas figuras de 2.a à 2.i, foram plotados os gráficos comparativos das duas regiões, em hora local. A razão de ter colocado os dados, cujos valores estão em unidades arbitrárias (em razão de não terem sido convertidos em unidades de conteúdo eletrônico), na mesma base de hora local, é para distinguir o efeito local de ionização devido à radiação ionizante solar. Conforme mostram as figuras 2.a à 2.i, o início da ionização corresponde com o início da subida do conteúdo eletrônico. A incidência do aumento da ionização em ambas as regiões mostra que o comportamento dos dados é aquele esperado (no final do dia 10/05/1992 e o dia 11/05/1992, existe uma falta de dados no registros).

As figuras de 3.a à 3.i são as mesmas que as indicadas em 2.a à 2.i, porém com a base temporal em UT. Os índices Kp, em ambos os casos, encontram-se em hora universal. As figuras 3.d à 3.i permitem distinguir eventos simultâneos ou correspondentes. Pode-se ver, na Fig. 3.d correspondente ao dia 08/05/1992, através dos índices Kp, o início da tempestade, podem ser observados picos de conteúdo eletrônico após às 12:00 UT. Estes picos persistem inclusive no dia 09/05/1992. O intervalo

entre estes picos é, em média, 1 hora. Estes são os picos que podem ser identificados com os eventos caracterizados como a propagação de ondas de gravidade. Nota-se que estes picos não aparecem nos dados de C. Paulista, o que pode indicar que as ondas, foram dissipadas no seu percurso desde a Antártida às regiões equatoriais, ou então a direção de propagação foi diferente das esperadas.

Outro fato interessante mostrado nos dados da Antártida, é que durante a tempestade geomagnética, o conteúdo eletrônico foi gradualmente desaparecendo, como mostram as figuras correspondentes aos dias 09 e 10/05/1992. A falta de dados da EACF no dia 11/05/1992 não permite acompanhar esta diminuição. Contudo, no dia 12/05/1992 pode-se ver uma recuperação gradual. Este comportamento parece corresponder aos eventos de tempestade iônica negativa descritas por Pavlov (1994), embora o tempo de recuperação seja muito grande (quase dois dias).

Estes resultados preliminares deverão ser estudados com maior detalhe para estabelecer condições mais sólidas.

CONCLUSÃO

Com a plotagem dos gráficos, foi possível verificar como a precipitação de partículas carregadas na região Antártica, provenientes de evento geomagnético, interfere no comportamento da ionosfera nas regiões polares, diferentemente das de baixas latitude.

O que realmente chamou à atenção nos dados plotados foram os picos em intervalos semelhantes nas curvas do polarímetro da Antártida, o que é característico na ocorrência de ondas de gravidade de longa escala. O mesmo não foi notado em Cachoeira Paulista, o que não era esperado, pois segundo a literatura as ondas de gravidade se propagam das regiões aurorais para o equador. Isto indica que a possível onda ou se dissipou totalmente ao longo do percurso, ou se propagou numa direção não convencional, ocorrência que deve ser estudada mais a fundo para obter conclusão de maior teor

Outro fato interessante foi a diminuição considerável na densidade eletrônica na região antártica, por quase dois dias. Estas observações podem corresponder às tempestades iônicas negativas, que acontecem durante as tempestades geomagnéticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borba, G. L., Estudo de Perturbações Propagantes na Região F da Ionosfera no Setor Sul Americano, INPE, 1993.
- Francis, S. H., Global Propagation of Atmospheric Gravity Waves; J. Atmos. Terr. Phys. **37**(6/7), 1011, 1975.
- Hunsucker, R.D. Atmospheric Gravity Waves Generated in the High Latitude Ionosphere: A Review; Geophys. Space Phys., **20**(2), 293. 1982.
- Oliver, W. L. , M. E. Hagan , Simulation of a Gravity Wave Over the Middle and Upper Atmosphere Radar, J. Geophys. Res. 96 (A6) 9793, 1991
- Pavlov, A V. , The Role of Vibrationally Excited Nitrogen in the Formation of the Mid-Latitude Negative Ionospheric Storms, Ann. Geophysicae 12,554,1994.
- Paula, E. R., Resposta da Região F Ionosférica às Tempestades Magnéticas em Baixas Latitudes no Brasil, INPE, 1987.
- Rostoker, G., Geomagnetic Indices, Review of Geophysics and Space Physics, **10**, 935, 1972.
- Solar Geophysical Data, 125, July 1992.

TABELA 1

Períodos com Anomalia Geomagnética

(períodos com dados bons de Polarímetro)

- Maio 09 /92

início com SSC: 09/05/92 19:30h

duração: ~3 dias (1,5 dias com intens. Kp > 5)

intensidade Kp máx.: 9Kp

Obs.: - falhas nos dados do polarímetro.

- o período antes de SSC apresentou uma grande queda nos valores de Kp.

- Maio 22 /92

início com SSC: 22/05/92 04:30h

duração: ~20:00h (12:00h com intens. Kp > 5)

intensidade Kp máx.: 6,3Kp

- Agosto 22 /92

início sem SSC: 22/08/92 13:30h

duração: ~20:00h (18:00h com intens. Kp > 5)

intensidade Kp máx.: 8Kp

Obs.: - dados do polarímetro com falhas.

- Setembro 09 /92

início com SSC: 09/09/92 00:30h

duração: ~2 dias (2 dias com intens. Kp > 5)

intensidade Kp máx.: 7,3Kp

Obs.: - dois pontos de queda de intensidade Kp durante a tempestade.

- dados do polarímetro irregulares.

- Setembro 17 /92

início sem SSC: 17/09/92 00:00h

duração: ~1 dias (1 dias com intens. Kp > 5)

intensidade Kp máx.: 7,3Kp

Obs.: - a intensidade Kp, no período da tempestade, apresentou uma queda.

- dados do polarímetro irregulares e sem registro de dados.

- Abril 02 /94

início sem SSC: 02/04/94 11:30h

duração: ~2 dias (1,5 dias com intens. Kp > 5)

intensidade Kp máx.: 7,3Kp

Obs.: - pequena queda nos valores Kp antes da tempestade.

- o período posterior à tempestade, até aproximadamente dia 12/04/94, manteve valores constantes e elevados de Kp.

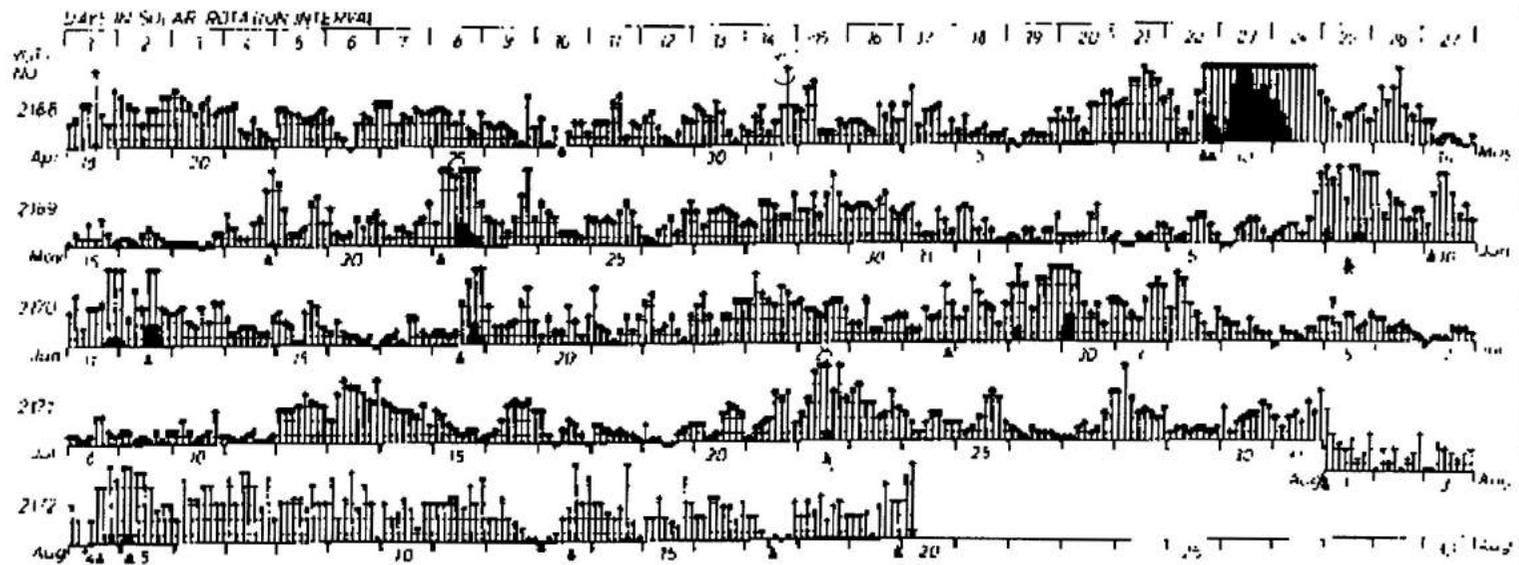
FIGURA 1

Tabela de índices Kp da publicação Solar Geophysical Data do World Data Center, página 125, julho de 1992.

PLANETARY 3-HOUR-RANGE INDICES (Kp) BY 27-DAY SOLAR ROTATION INTERVAL

University of Göttingen

Kp through: July 31, 1992



▲ - sudden commencement

PLANETARY MAGNETIC
THREE-HOUR-RANGE INDICES
Kp (after Bartels)
Kp till 1992 July 31
Ks (from Wingst and Göttingen) till Aug 20

125
Jul 92

FIGURA 2

Gráficos comparativos dos dados de polarímetro para as regiões da Estação Antártica Comandante Ferraz e Cachoeira Paulista.

Em Tempo Local - LT

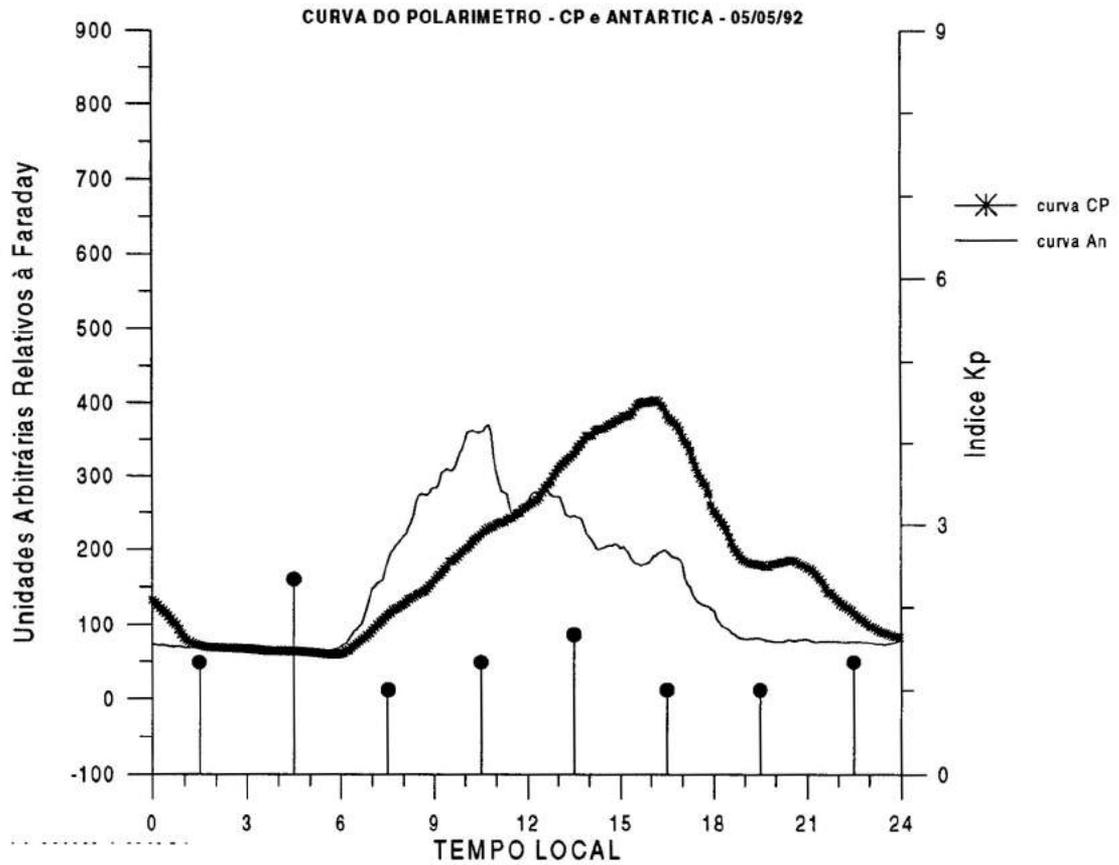


Figura 2.a - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora local, para o dia 05/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

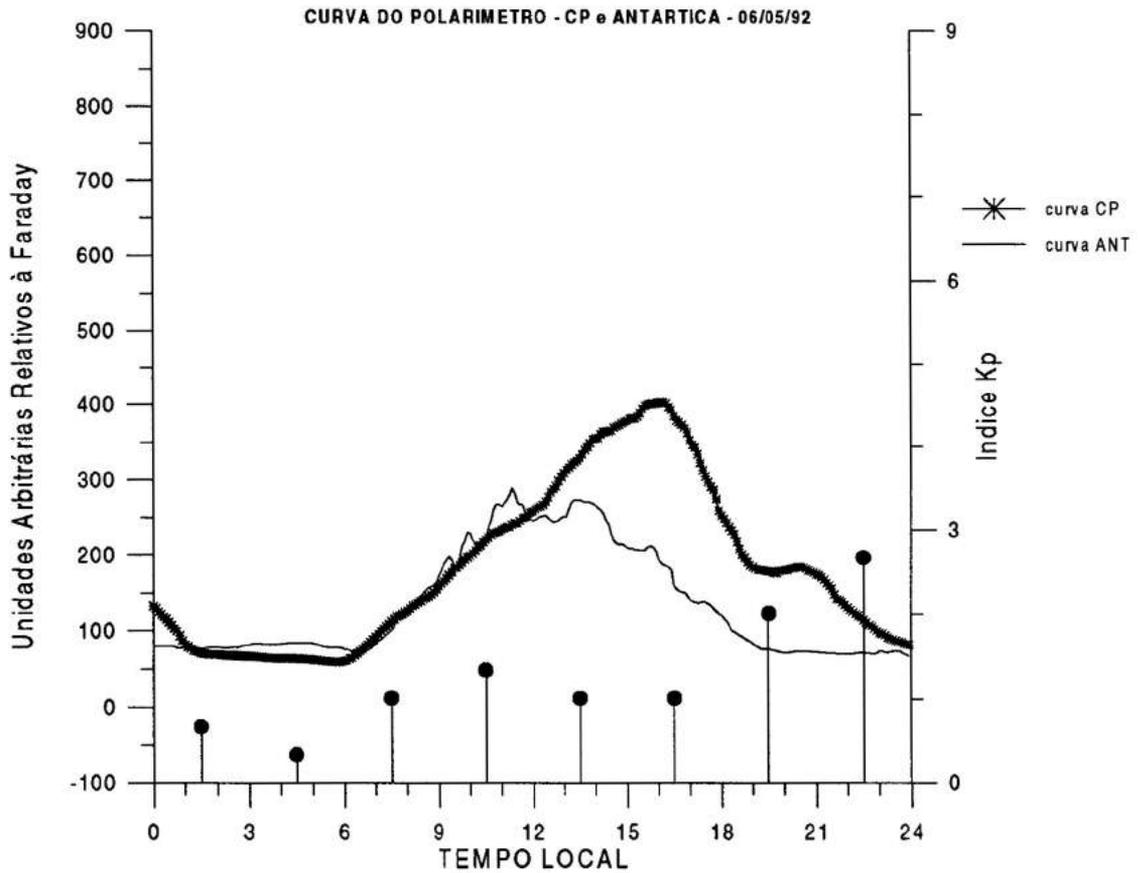


Figura 2.b - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora local, para o dia 06/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

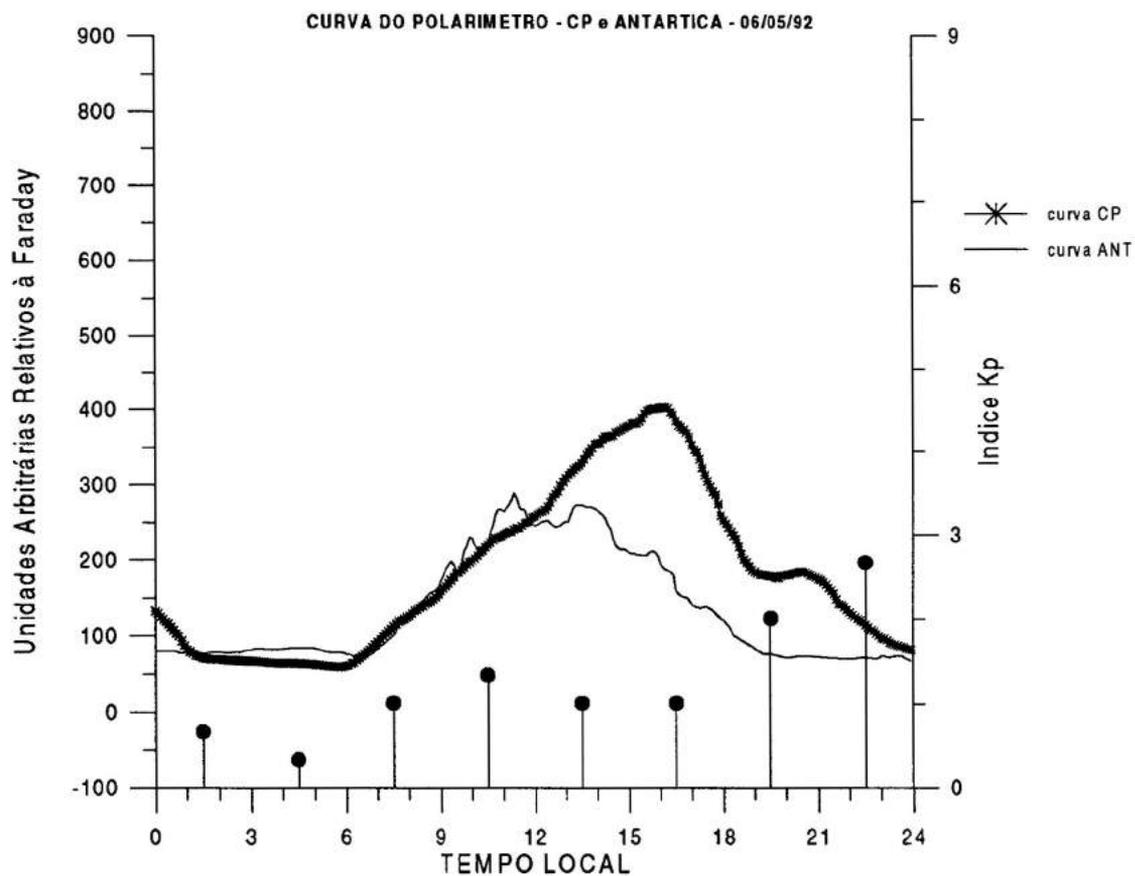


Figura 2.b - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora local, para o dia 06/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

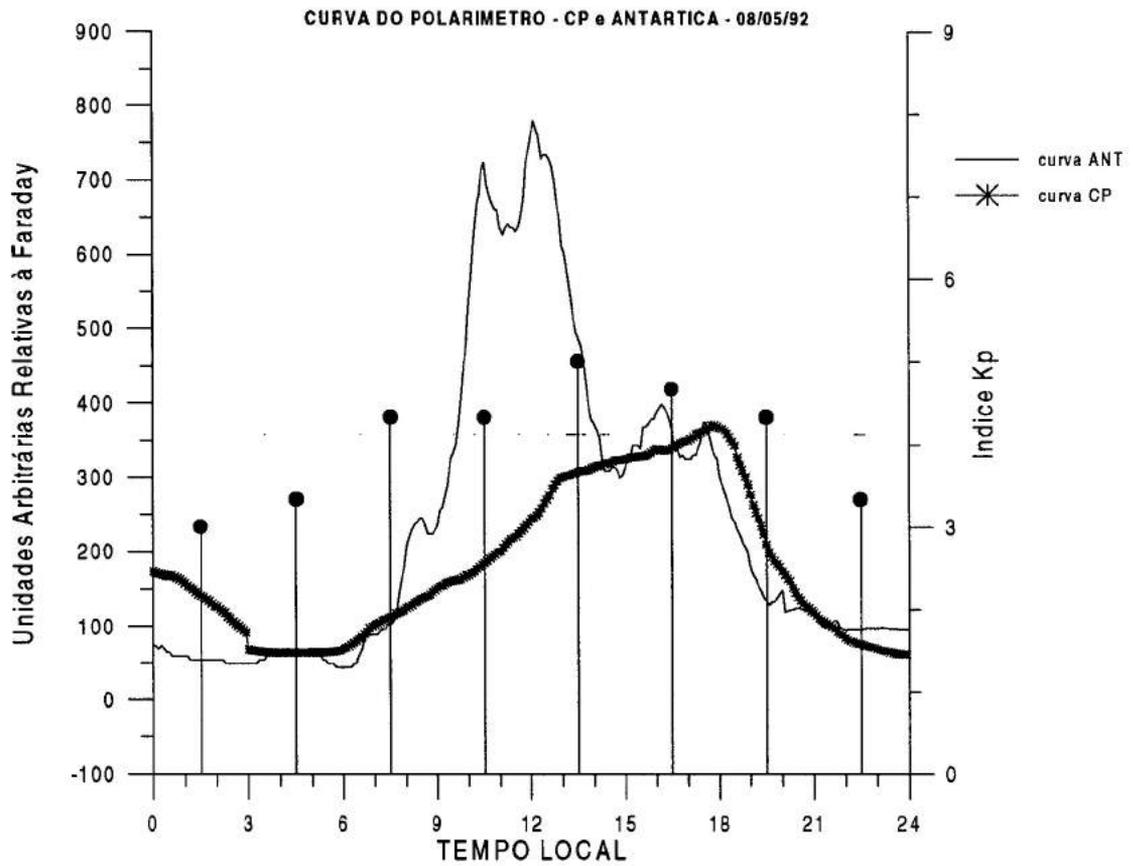


Figura 2.d - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora local, para o dia 08/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

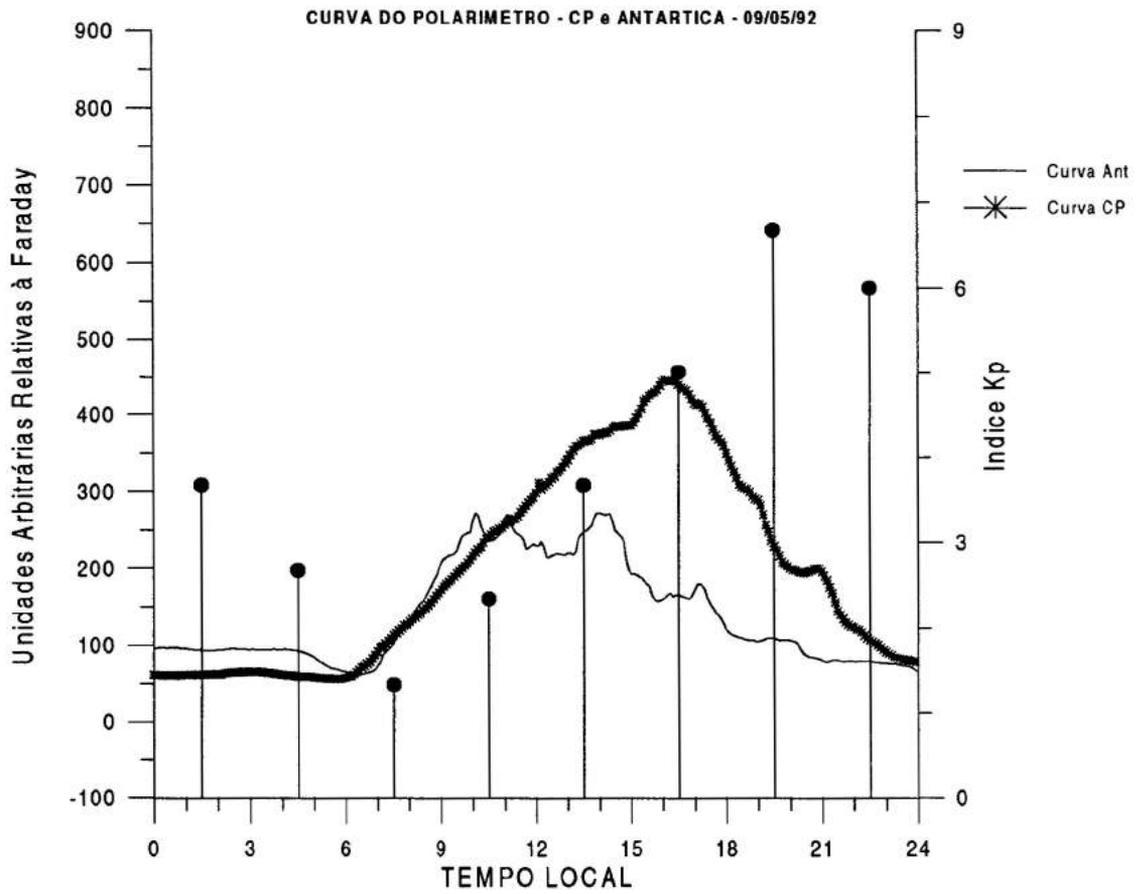


Figura 2.e - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora local, para o dia 09/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

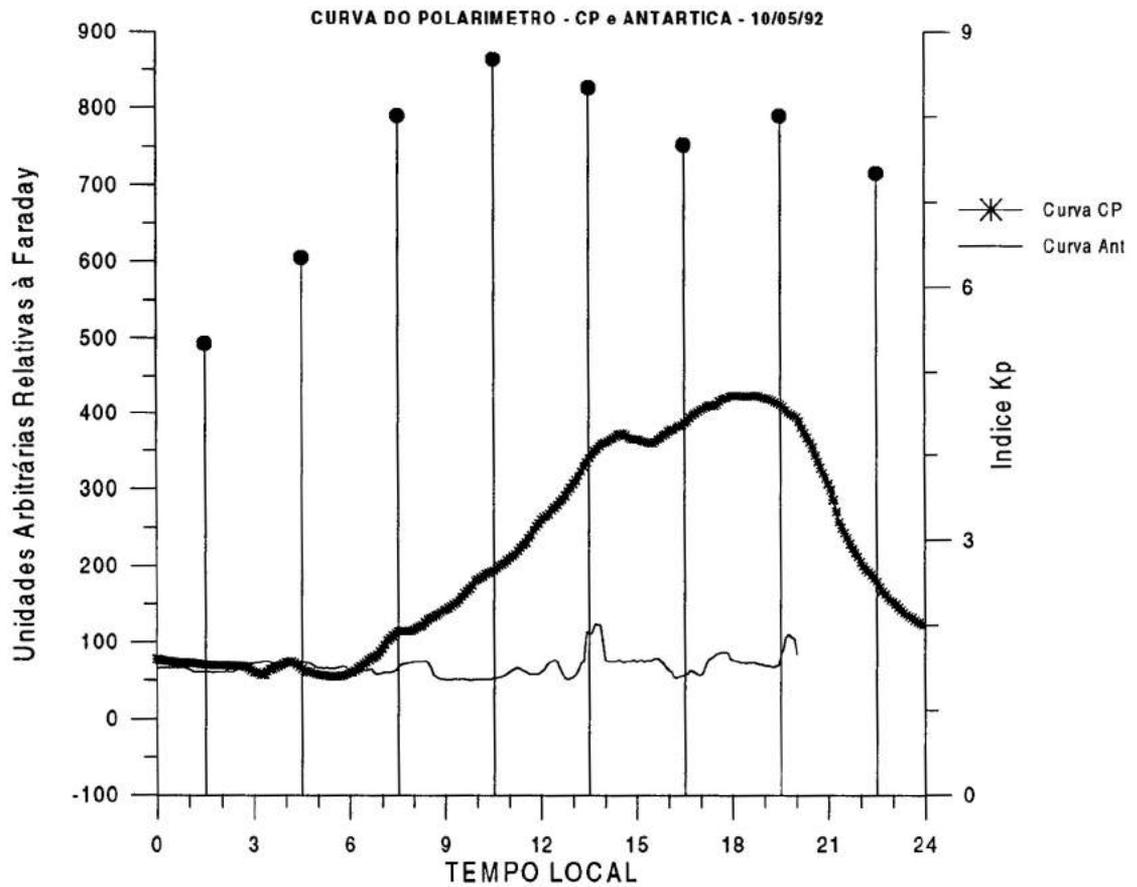


Figura 2.f - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora local, para o dia 10/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

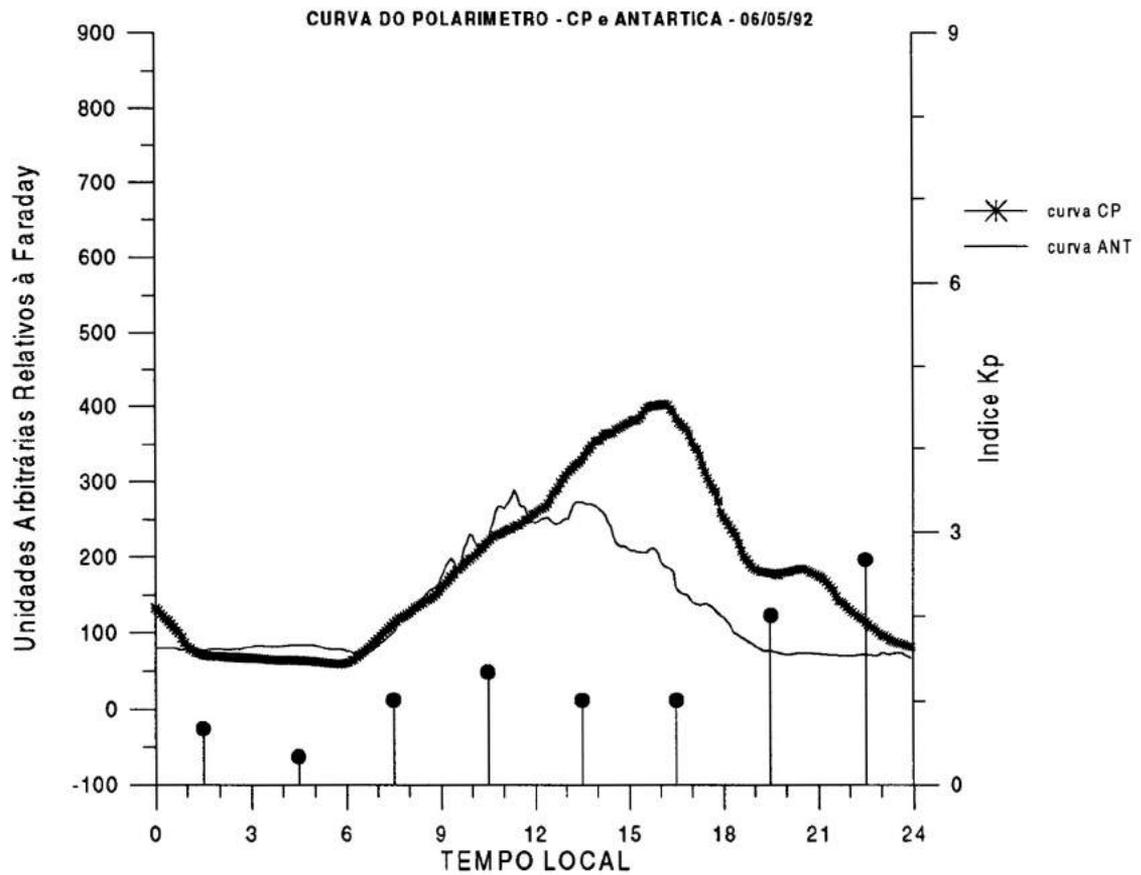


Figura 2.b - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora local, para o dia 06/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

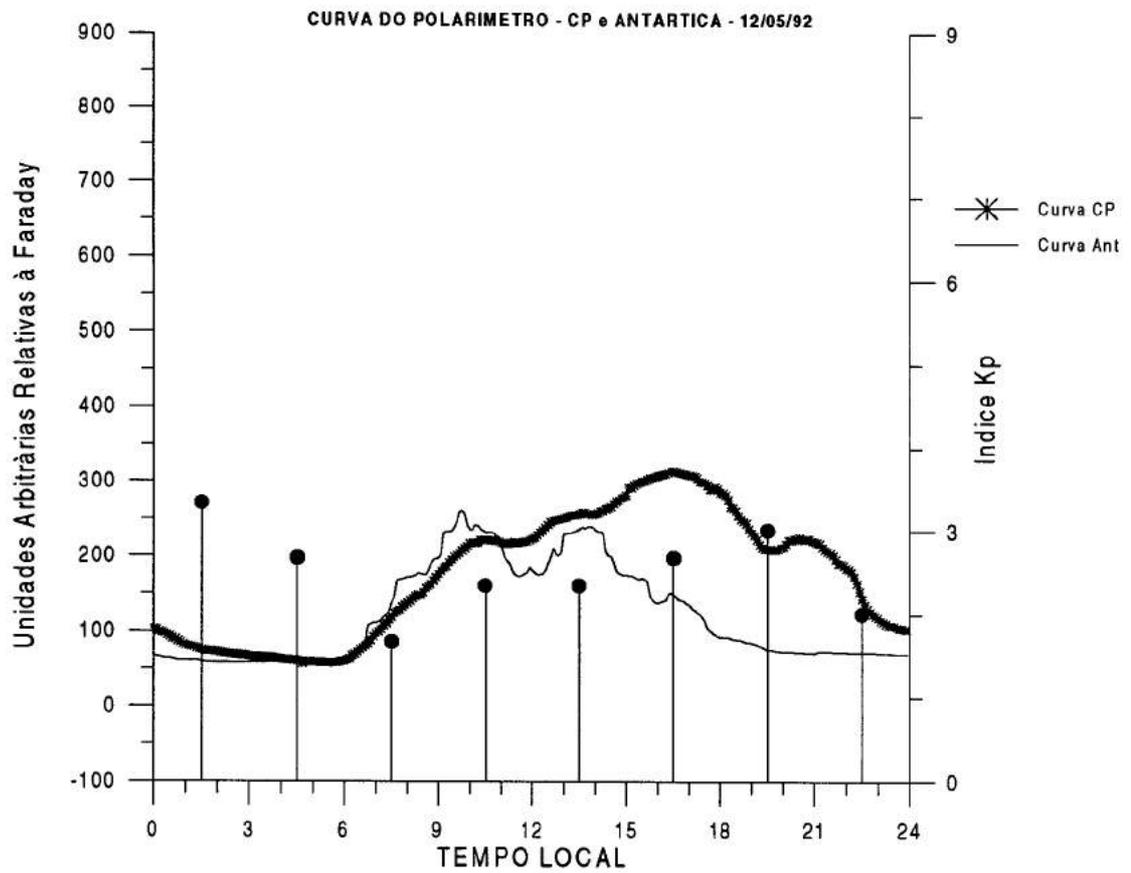


Figura 2.h - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora local, para o dia 12/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

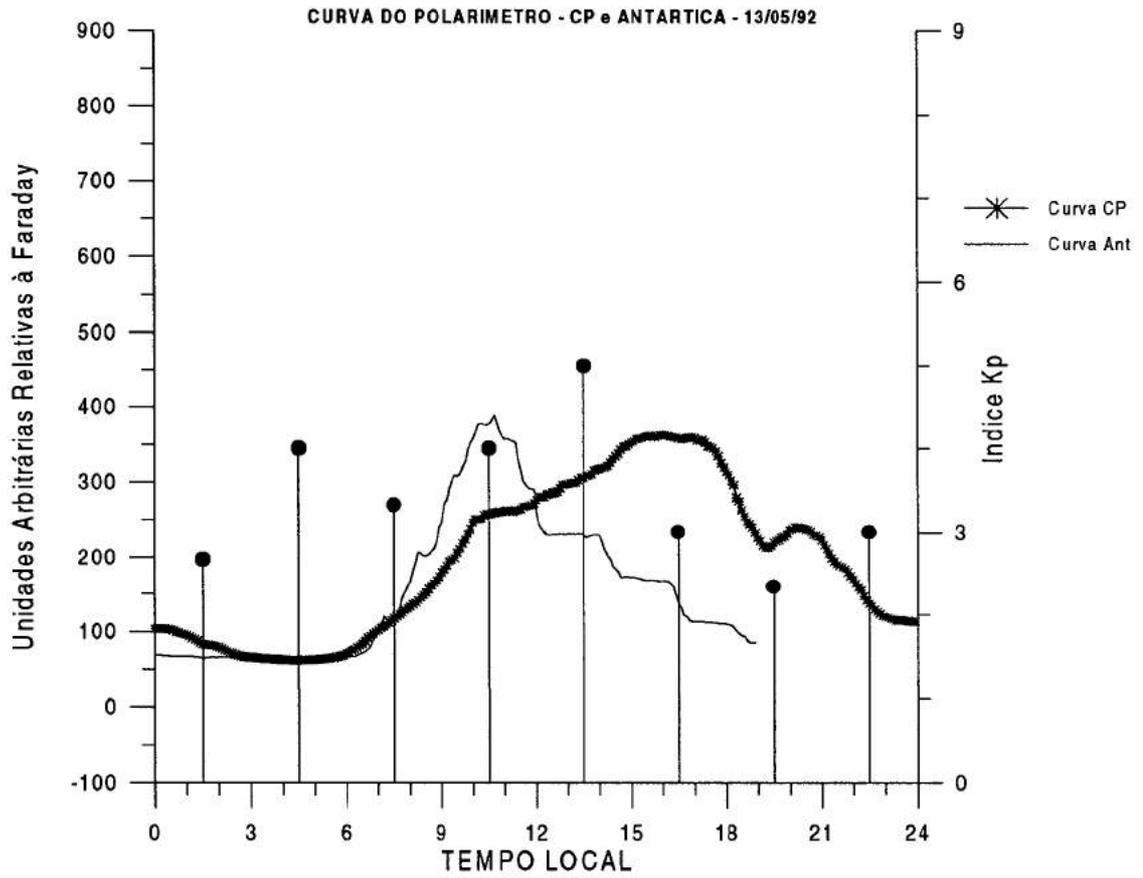


Figura 2.i - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora local, para o dia 13/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

FIGURA 3

Gráficos comparativos dos dados de polarímetro para as regiões da Estação Antártica Comandante Ferraz e Cachoeira Paulista.

Em Tempo Universal - UT

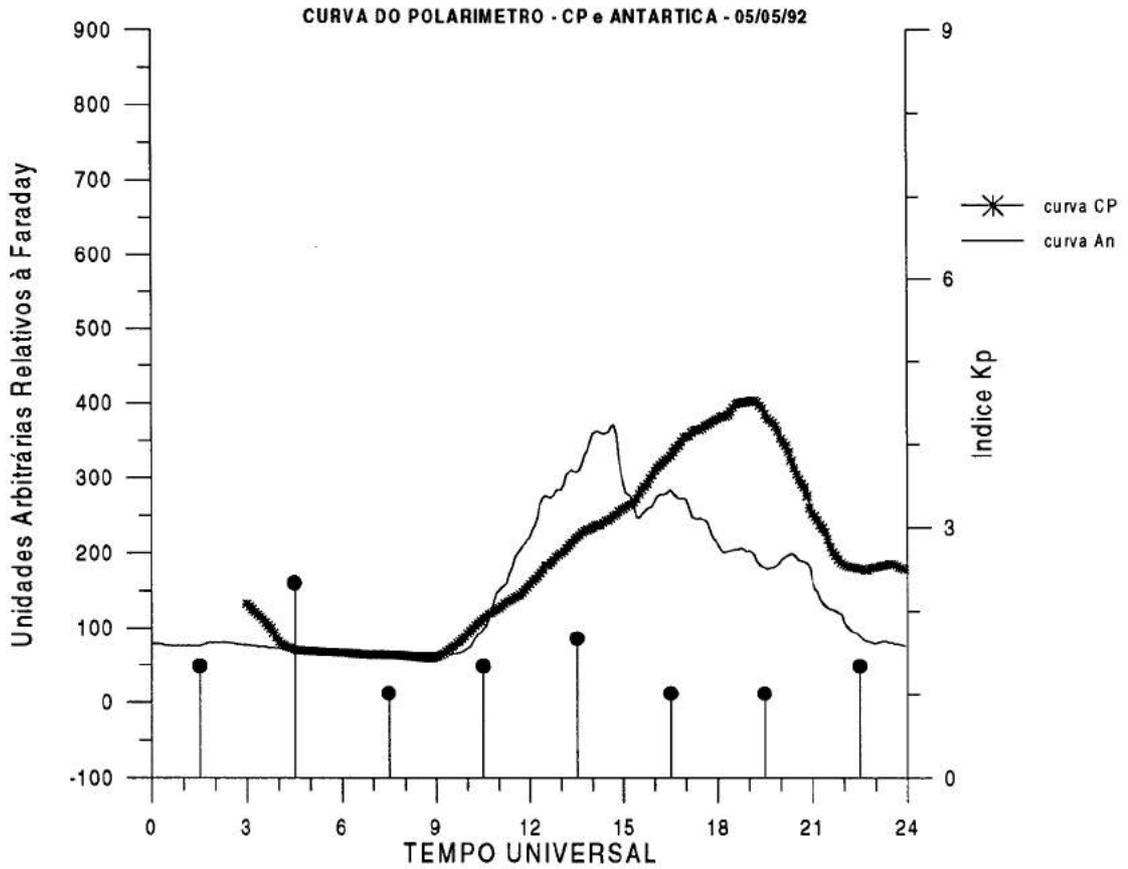


Figura 3.a - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora universal, para o dia 05/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

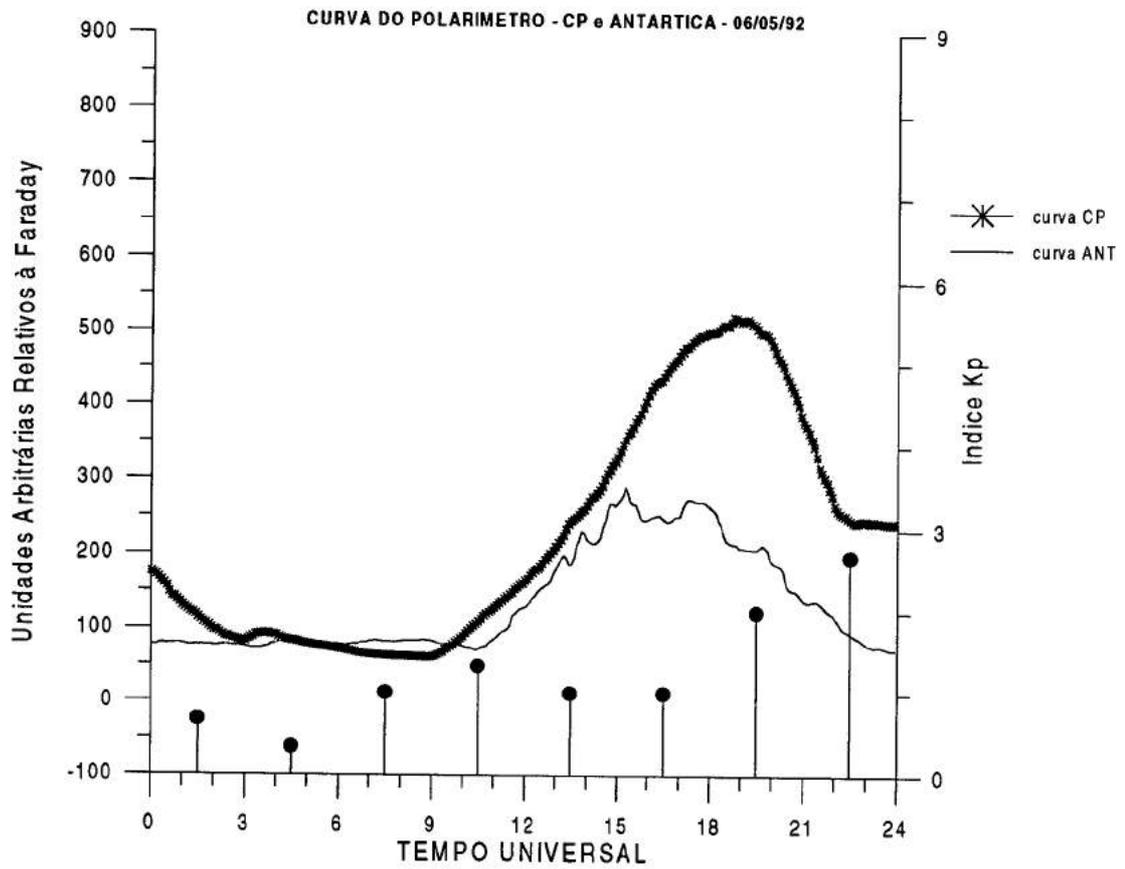


Figura 3.b - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora universal, para o dia 06/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

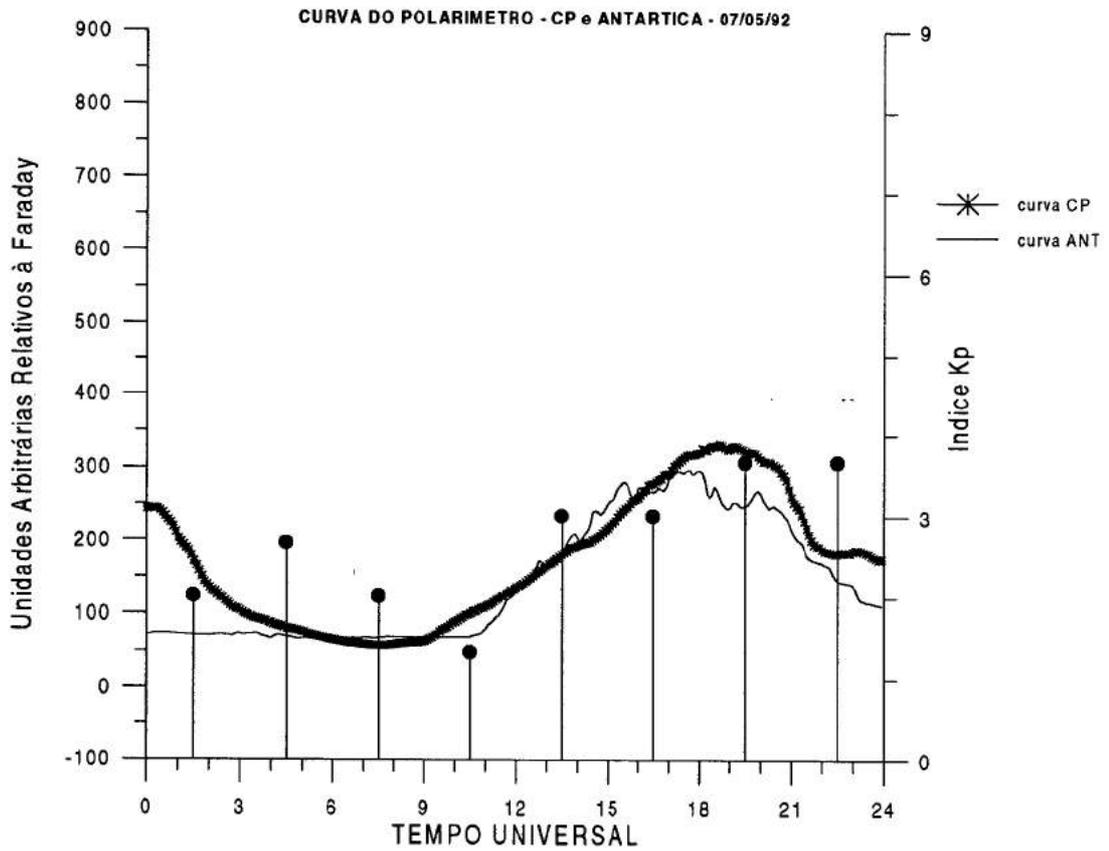


Figura 3.c - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora universal, para o dia 07/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

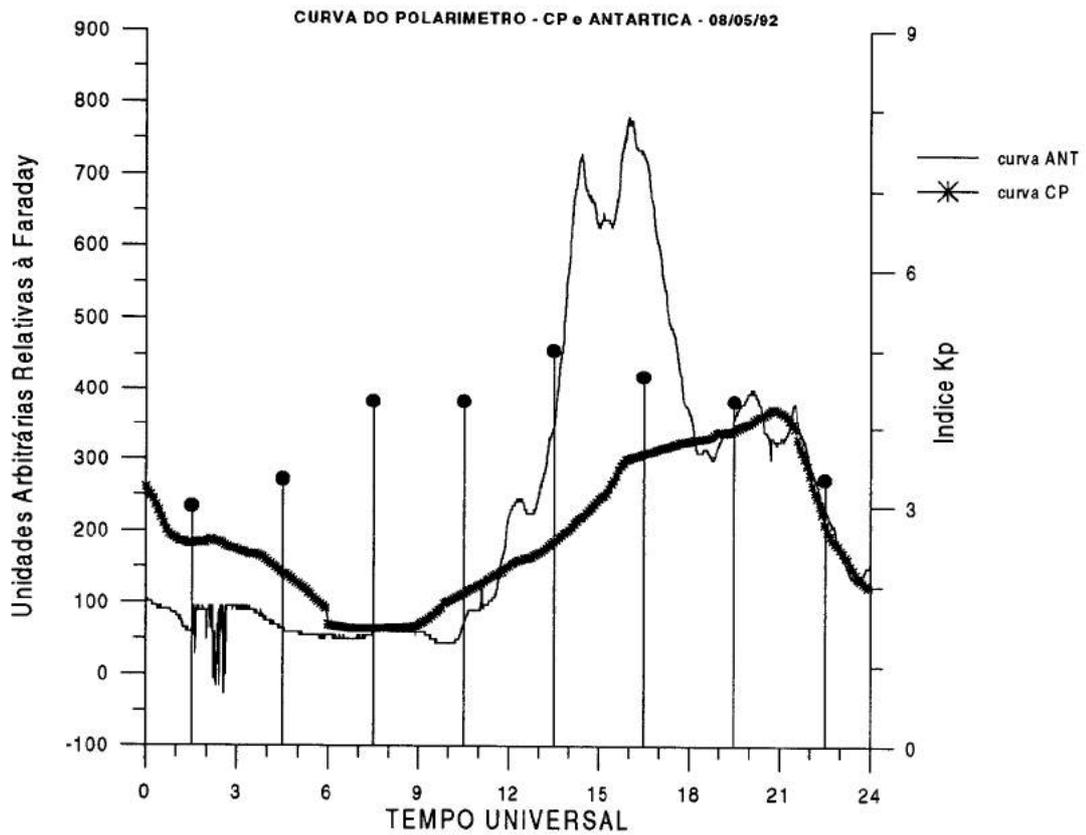


Figura 3.d - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora universal, para o dia 08/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

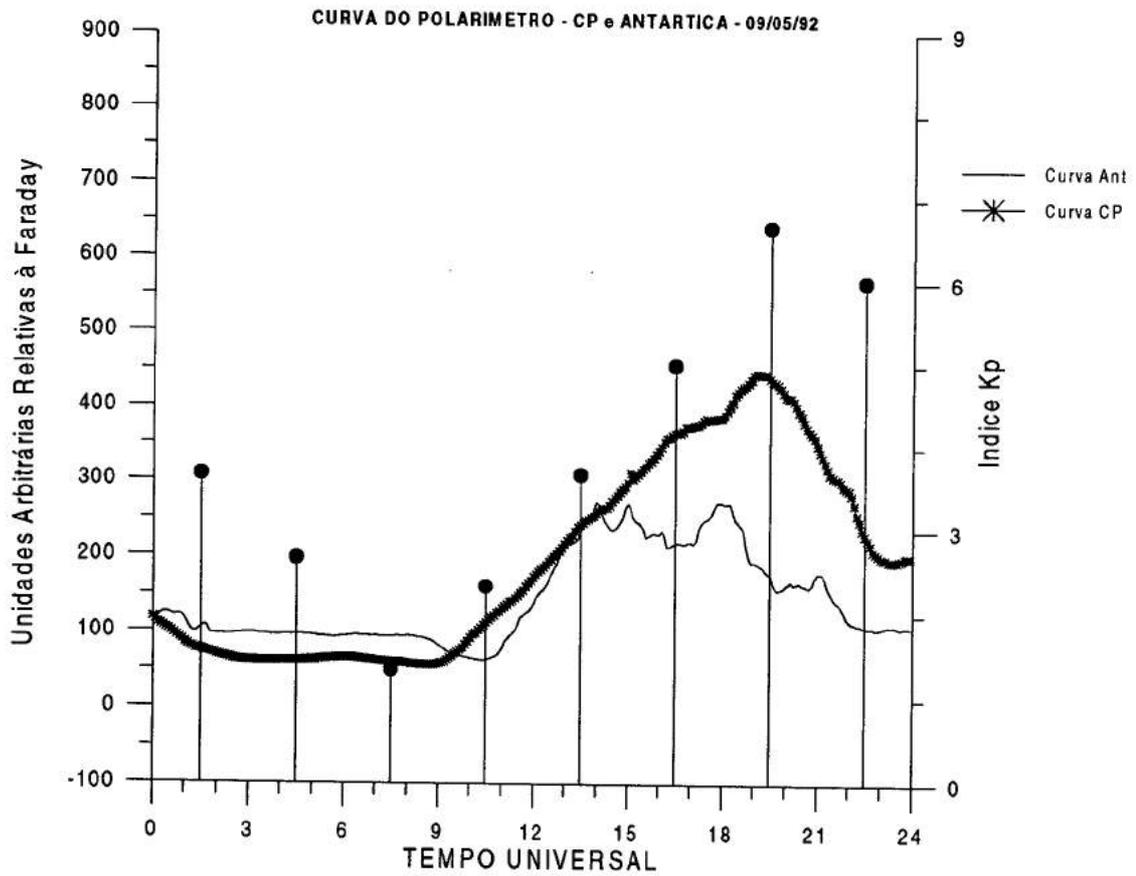


Figura 3.e - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora universal, para o dia 09/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

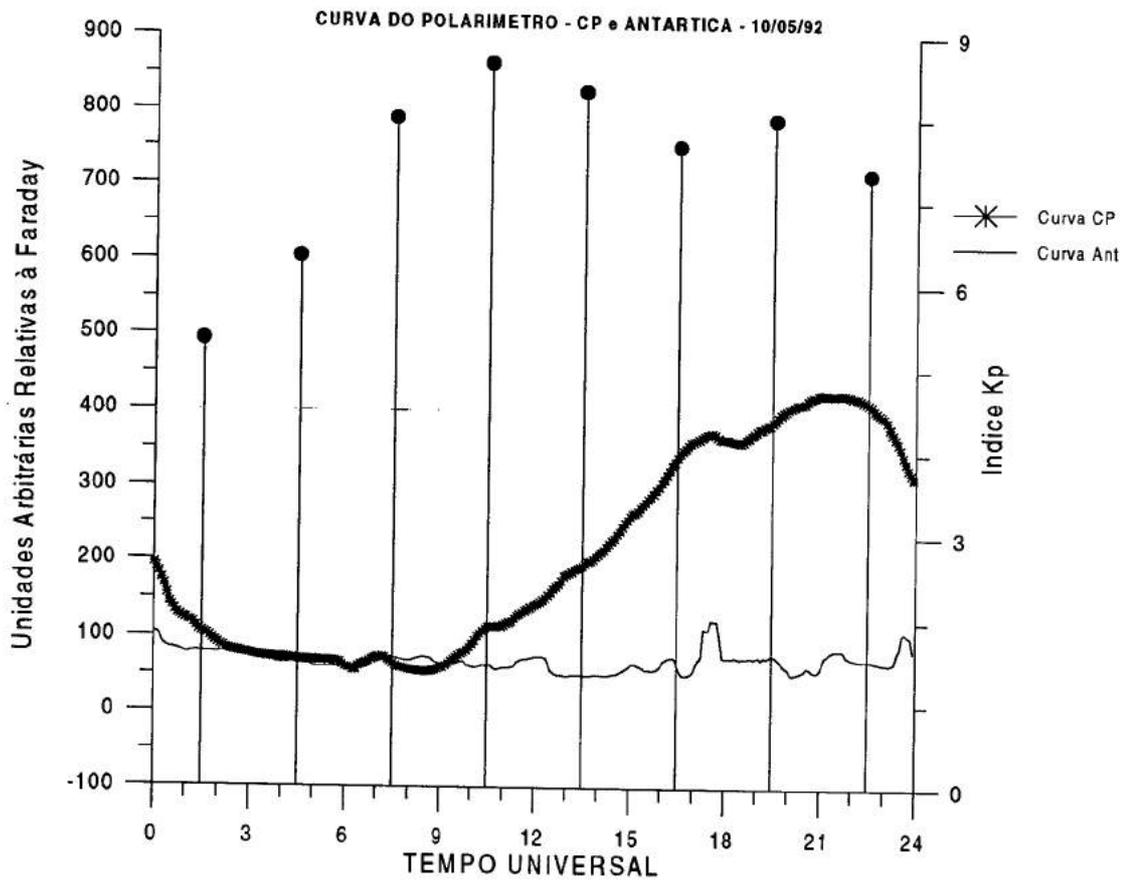


Figura 3.f - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora universal, para o dia 10/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

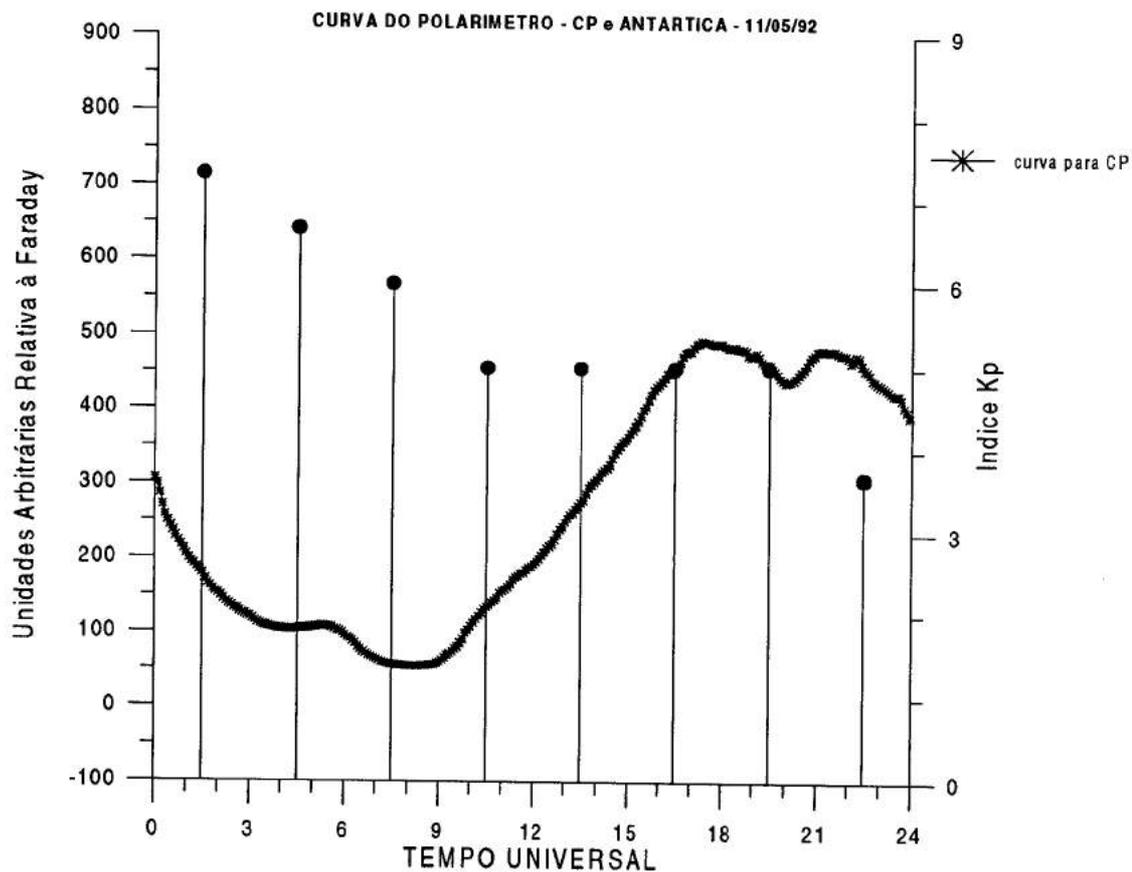


Figura 3.g - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora universal, para o dia 11/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

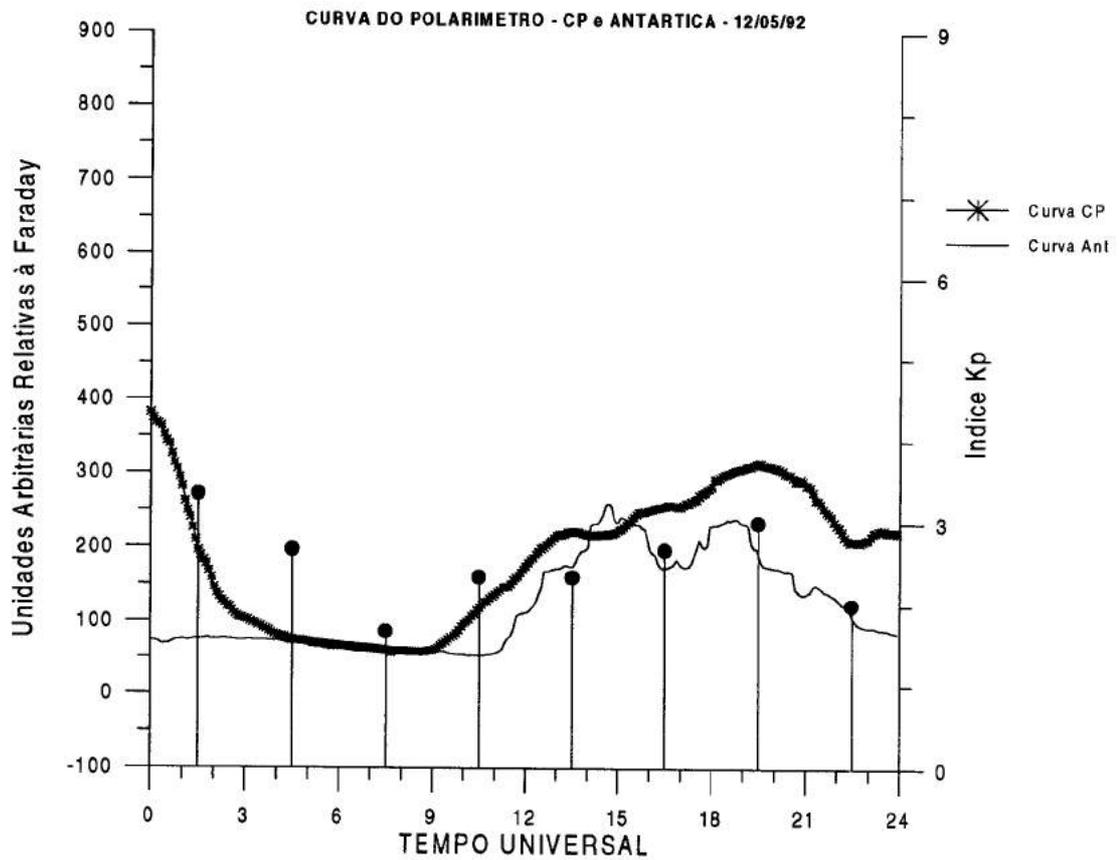


Figura 3.h - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora universal, para o dia 12/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.

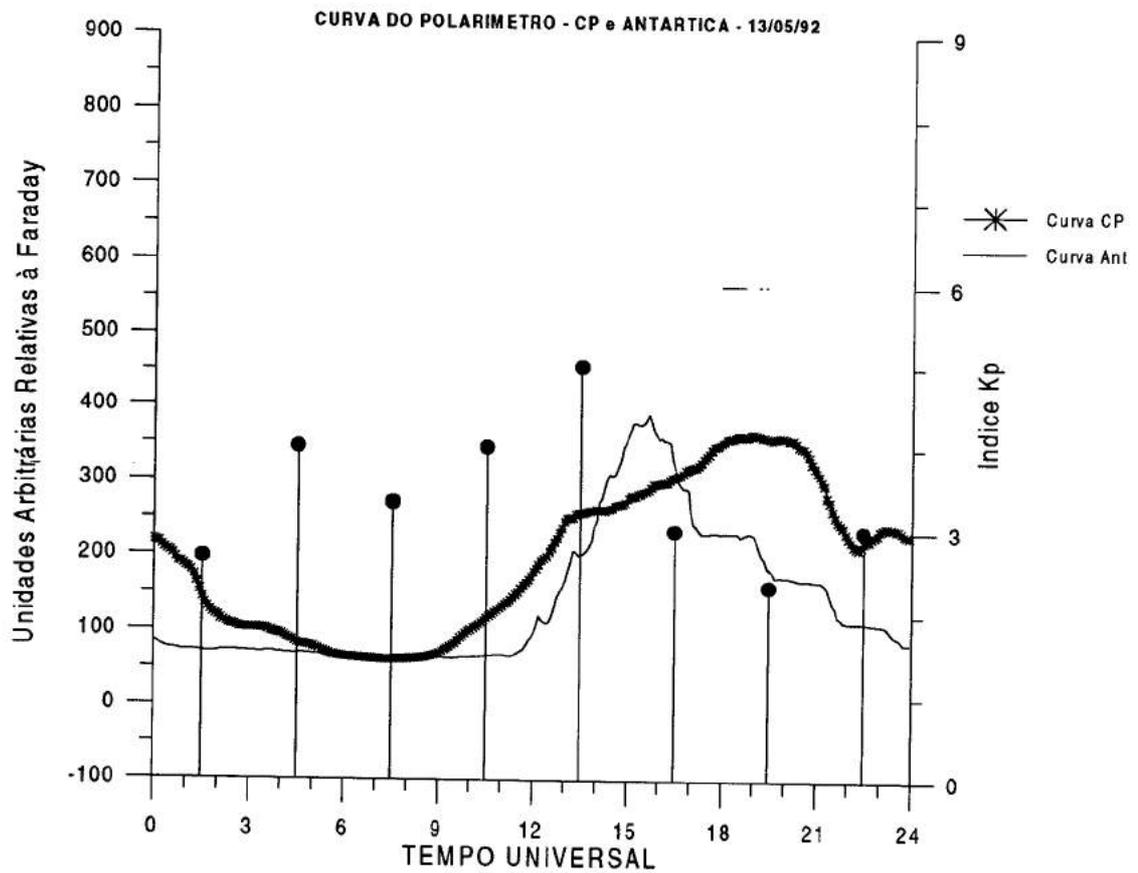


Figura 3.i - Dados dos polarímetros da EACF e de C. Paulista em hora universal, para o dia 13/05/1992. Os índices Kp, estão em hora universal, indicados pelas bolas cheias.