



PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

AUTORES
AUTORS

CAMPO ELÉTRICO ATMOSFÉRICO
ELETRODINÂMICA ATMOSFÉRICA

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

Marco Antonio Raupp
Diretor Geral

AUTOR RESPONSÁVEL
RESPONSIBLE AUTHOR

Severino L.G. Dutra

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

INTERNA / INTERNAL
 EXTERNA / EXTERNAL
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

Alicia L. C. Gonzalez

CDU/UDC

551.594

DATA / DATE

Julho, 1988

TÍTULO/TITLE	<p>PUBLICAÇÃO Nº PUBLICACION NO INPE-4626-PRE/1344</p> <p>MEDIDAS DO CAMPO ELÉTRICO ATMOSFÉRICO EM PERÍODOS ELETRICAMENTE PERTURBADO E CALMOS NA LATITUDE DE 23°C</p>
	<p>AUTORES/AUTHORSHIP</p> <p>S. L. G. Dutra W. D. Gonzalez O. Pinto Jr. I. R. C. A. Pinto O. C. Pontieri</p>

ORIGEM
ORIGIN

DGA

PROJETO
PROJECT

MAGNAT

Nº DE PAG.
NO OF PAGES

12

ULTIMA PAG.
LAST PAGE

11

VERSÃO
VERSION

Nº DE MAPAS
NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

O campo elétrico atmosférico em alturas na faixa de 20-40 km foi medido recentemente, empregando-se detetores a bordo de balões estratosféricos. A técnica utilizada foi a de sonda dupla e os vôos foram realizados durante períodos com tempestades elétricas atmosféricas (período chamado perturbado) e sem essas tempestades (período calmo). Os balões foram lançados desde Cachoeira Paulista, SP (22°44'S, 44°56'W) em campanhas efetuadas no período 1985-1986. As medidas de um vôo em 1986 são apresentadas neste trabalho. Os valores observados em períodos eletricamente perturbados são os esperados devido a influência das nuvens de tempestades; em períodos calmos, as observações deveriam mostrar a estrutura elétrica relacionada ao tempo bom ("fair wather") e/ou a penetração de campos magnetosféricos/ionosféricos. Os valores obtidos preliminarmente, entretanto, são de magnitudes elevadas e podem conduzir a uma nova fonte de campo elétrico, atualmente em discussão, e observada também em vôos de balões estratosféricos de longa duração.

OBSERVAÇÕES/REMARKS

Este trabalho foi parcialmente subvencionado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDT), através do Contrato FINEP 537/CT, foi apresentado no II Encontro Regional de Geofísica da SBGf, Salvador, BA, 25-27 de novembro de 1987.



PROPOSTA PARA
PUBLICAÇÃO

- DISSERTAÇÃO
- TESE
- RELATÓRIO
- OUTROS

TÍTULO

"MEDIDAS DO CAMPO ELÉTRICO ATMOSFÉRICO EM PERÍODOS ELETRICAMENTE PERTURBADO E CALMOS NA LATITUDE DE 23°C "

IDENTIFICAÇÃO	AUTOR(ES)				ORIENTADOR			DISS. OU TESE				
	S.L.G. Dutra W.D. Gonzalez O. Pinto Jr. I.R.C.A. Pinto O.C. Pontieri											
LIMITE				DEFESA		CURSO		ORGAO				
//_				_/_/_		_/_/_		_/_/_				
				DIVULGAÇÃO					APROVAÇÃO			
				<input checked="" type="checkbox"/> EXTERNA <input type="checkbox"/> INTERNA <input type="checkbox"/> RESTRITA		EVENTO/MEIO <input type="checkbox"/> CONGRESSO <input type="checkbox"/> REVISTA <input checked="" type="checkbox"/> OUTROS						
REV. TÉCNICA	NOME DO REVISOR				NOME DO RESPONSÁVEL				DATILOGRAFIA			
	Alicia L. C. Gonzalez				José Marques da Costa							
RECEBIDO		DEVOLVIDO		ASSINATURA		APROVADO		DATA		ASSINATURA		
//_		_/_/_		<i>Alicia L. C. Gonzalez</i>		<input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO		28/6/88		<i>JM-DCA</i>		
REV. LINGUAGEM	Nº		PRIOR.		RECEBIDO		OS AUTORES DEVEM MENCIONAR NO VERSO INSTRUÇÕES ESPECÍFICAS, ANEXANDO NORMAS, SE HOUVER					DIRETOR
	//_		_/_/_		_/_/_							
PÁG.		DEVOLVIDO		ASSINATURA		RECEBIDO		DEVOLVIDO		NOME DA DATILOGRAFA		
//_		_/_/_		_/_/_		_/_/_		_/_/_		_/_/_		
Nº DA PUBLICAÇÃO				PÁG.:				AUTORIZO A PUBLICAÇÃO				
CÓPIAS				Nº DISCO				LOCAL:				
								<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO _/_/_				

OBSERVAÇÕES E NOTAS

O trabalho foi apresentado no II Encontro Regional de Geofísica da SBGf, Salvador Bahia, 25-27 de novembro de 1987.

Autorizo a dispensa de Revisão de Linguagem.

JM-DCA
JOSÉ MARQUES DA COSTA
 Chefe do Departamento de Geofísica
 e Aeronomia-DOA

MEDIDAS DO CAMPO ELÉTRICO ATMOSFÉRICO EM PERÍODOS ELETRICAMENTE
PERTURBADOS E CALMOS NA LATITUDE DE 23⁰S

S.L.G. Dutra, W.D. Gonzalez, O. Pinto Jr.,
I.R.C.A. Pinto, O.C. Pontieri

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

Este trabalho foi apresentado no II Encontro Regional de Geofísica da
Sociedade Brasileira de Geofísica, SBGf, Salvador, BA, 25-27 de
novembro de 1987.

RESUMO

O campo elétrico atmosférico em alturas na faixa de 20-40 km foi medido recentemente, empregando-se detetores a bordo de balões estratosféricos. A técnica utilizada foi a de sonda dupla e os vôos foram realizados durante períodos com tempestades elétricas atmosféricas (período chamado perturbado) e sem essas tempestades (período calmo). Os balões foram lançados desde Cachoeira Paulista, SP ($22^{\circ}44'S$, $44^{\circ}56'W$) em campanhas efetuadas no período 1985-1986. As medidas de um vôo em 1986 são apresentadas neste trabalho. Os valores observados em períodos eletricamente perturbados são os esperados devido a influência das nuvens de tempestade; em períodos calmos, as observações deveriam mostrar a estrutura elétrica relacionada ao tempo bom ("fair weather") e/ou a penetração de campos magnetosféricos/ionosféricos. Os valores obtidos preliminarmente, entretanto, são de magnitudes elevadas e podem conduzir a uma nova fonte de campo elétrico, atualmente em discussão, e observada também em vôos de balões estratosféricos de longa duração.

1. INTRODUÇÃO

O campo elétrico atmosférico observado em alturas estratosféricas pode apresentar contribuições de diversas origens. Essas contribuições (originadas na atmosfera, ionosfera e magnetosfera) dependem da localização do balão (orografia e irregularidades na condutividade elétrica local), do estado elétrico da atmosfera (tempestades atmosféricas) e da existência ou não de perturbações geomagnéticas (tempestades magnéticas).

Esse campo tem sido bastante estudado em altas latitudes usando detetores do tipo sonda dupla de Langmuir a bordo de balões estratosféricos (e.g. Mozer & Serlin, 1969; Holzworth, 1977). Estudos similares tem sido recentemente estendidos, também, a baixas latitudes (Gonzalez et al, 1982; Dutra, 1982; Pinto et al., 1987). Como continuação aos estudos em baixas latitudes, o presente trabalho apresenta os resultados de medidas efetuadas mais recentemente em um vôo desde Cachoeira Paulista, São Paulo, em 1986. Estes resultados são discutidos no contexto das medidas anteriores a fim de comparar possíveis fontes do campo elétrico atmosférico, em baixas latitudes, tanto em períodos magneticamente calmos como em perturbados. Entre outros aspectos, a importância de se conhecer e diferenciar estas fontes poderá estar relacionada a fenômenos eletrodinâmicos associados ao estudo das relações sol-terra em baixas latitudes.

2. CAMPO ELÉTRICO ATMOSFÉRICO

A estrutura básica do campo elétrico é aquela representada pelo estado elétrico da atmosfera sem ocorrência de tempestades atmosféricas, o que caracteriza o campo elétrico de tempo bom ("fair weather"). Entre a superfície terrestre e a ionosfera existe uma diferença de potencial elétrico da ordem de 180 a 500 kV, o que origina um sistema de correntes elétricas dirigido para baixo em regiões de tempo bom. A Terra comporta-se como um bom condutor em relação a atmosfera, e as linhas de forças do vetor campo elétrico de tempo bom ficam perpendiculares a sua superfície. Em regiões planas esas linhas são verticais e apontam para baixo, com magnitudes do campo elétrico da ordem de 100 e 0,5 V/m no chão e em alturas de balão estratosférico, respectivamente.

Superposto ao campo elétrico de tempo bom, basicamente pode-se identificar nas medidas realizadas com balões estratosféricos as contribuições devido:

- a) a proximidade de nuvens de tempestades;
- b) ao relevo terrestre (montanhas);
- c) a precipitação de partículas energéticas na atmosfera; e
- d) a presença do campo elétrico magnetosférico/ionosférico.

Em cada instante, existe aproximadamente de 1500 a 2000 tempestades atmosféricas distribuídas por todo o globo terrestre. É a ação dessas tempestades, como geradores de corrente elétrica dirigidas do chão para a base da nuvem e do topo das nuvens de tempestade para a

ionosfera, que mantém a diferença de potencial entre ionosfera e a superfície terrestre (Dolezalek, 1972). Essas correntes fluem pela ionosfera e fecham o circuito atmosférico global, com correntes da ionosfera para o chão, em regiões de tempo bom. A Figura 1 mostra esquematicamente as contribuições citadas anteriormente, em regiões de baixas latitudes e equatoriais.

O campo elétrico de uma nuvem de tempestade lembra àquele de um dipolo, com cargas positivas na parte superior e cargas negativas na parte inferior da nuvem. As tempestades atmosféricas podem atingir até 20 km de altura ou mais (grandes tempestades), mas usualmente chegam a 10 ou 12 km (tipicamente). Próximo de uma tempestade atmosférica, o campo elétrico vertical é alterado e as linhas de força verticais são distorcidas.

A orografia também altera o padrão do campo elétrico de tempo bom (vertical e apontando para baixo). O perpendicularismo entre as linhas de força do campo elétrico e as montanhas (mostrada na Figura, com o seu perfil), distorce as linhas de força verticais, e essa distorção pode atingir alturas de balão estratosférico, tão mais facilmente quanto maior seja a montanha considerada.

A precipitação de partículas energéticas carregadas eletricamente na média atmosfera, em particular na Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) (Paulikas, 1975), também pode alterar o padrão do campo elétrico de tempo bom. Essas partículas, originadas nos cinturões de radiação terrestre, em períodos de atividade magnética intensa, com energias da ordem de 1 MeV (ou maior), podem provocar irregularidades na condutividade elétrica atmosférica em alturas onde outras fontes de ionização são menos eficientes (por volta de 60 km).

A região mais condutora (irregularidade) que a sua vizinhança altera o campo elétrico vertical de tempo bom, forçando uma quase-perpendicularidade entre as linhas de força e o contorno da irregularidade. A distorção nas linhas de força poderá atingir um detector a bordo de um balão estratosférico. (Dutra, 1982; Gonzalez et al, 1987).

O campo elétrico (predominantemente horizontal) existente em alturas da região ionosférica (dínamo ionosférico) pode se propagar facilmente para alturas menores da atmosfera. Essa propagação é controlada diretamente pela condutividade elétrica atmosférica, que é isotrópica abaixo de aproximadamente 72 km. Em regiões equatoriais e próximas tem-se a ação da condutividade Pedersen e da condutividade Hall (direções perpendiculares entre si e ao campo magnético). Por outro lado, nas regiões de latitudes altas aparecem as condutividades direta e Pedersen. A propagação é menos efetiva no primeiro caso mas, em alturas de balões estratosféricos a magnitude do campo elétrico ionosférico é pouco atenuada, o que permite a sua observação com um detector a bordo de balão (Park, 1976; Dutra, 1982). Essa magnitude é tipicamente da ordem de 1 mV/m em períodos calmos.

3. RESULTADOS

Em 1986 foram lançados dois balões estratosféricos, nos dias 2 e 11 de dezembro. Resultados preliminares do segundo voo são apresentados a seguir.

O segundo voo começou às 0453 TL (0653 TU), deslocando-se no sentido leste-oeste desde Cachoeira Paulista até Paranavaí, no

Paraná (local de recuperação da carga útil). A altura de teto atingida foi de 40 km e todo o voo realizado num período de baixa atividade magnética. A separação da carga útil foi às 1951 TL (2151 TU).

Na Figura 2 pode-se notar o valor do somatório diário do índice K_p para o mês de dezembro. O dia 11 foi um dia calmo com $\Sigma K_p = 15^+$. Pode-se ver também a variação durante o dia 11 do somatório 3-horas; durante o voo, este índice mostrou um decrescimento.

A Figura 3 mostra a magnitude do campo elétrico horizontal, com magnitudes da ordem 10-26 mV/m, no período 0830-1540 TU. Neste período o campo elétrico vertical manteve-se praticamente constante, o que indica a ausência da influência de nuvens de tempestades atmosféricas. Os valores mostrados representam médias temporais em intervalos de 5 min., com um erro médio da ordem de 2 mV/m.

4. CONCLUSÕES

Em períodos calmos, as observações deveriam mostrar a estrutura elétrica relacionada ao tempo bom e à propagação de campos magnetosféricos/ionosféricos em alturas por volta de 110 km para alturas de balão estratosférico. Os valores obtidos preliminarmente (Figura 3) da componente horizontal, entretanto são de magnitudes elevadas e podem conduzir a uma nova fonte de campo elétrico, atualmente em discussão, e observada também em vãos de balões estratosféricos de longa duração. A influência das nuvens (e.g. Burke, 1975), considerando-se a constância nos valores medidos do

campo elétrico vertical, e das montanhas (e.g. Dutra, 1982), devido a grande altitude de vôo do balão, podem ser eliminadas. O mês de dezembro, em geral, foi um mês magneticamente calmo, de baixa atividade, o que afasta a possibilidade de uma precipitação de partículas energéticas.

Esta nova fonte possui algumas características já conhecidas, e ainda em estudos, tais como (Holzworth, 1986):

- a) componente horizontal do campo elétrico é modulada diurnamente entre 10 e 50 mV/m;
- b) esta componente gira no espaço em sentido anti-horário;
- c) apresenta grandes variações em períodos de 1 a 30 minutos; e
- d) não está ligada a qualquer fonte ionosférica/troposférica conhecida.

REFERÊNCIAS

- DOLEZALEK, H. "Discussion of the fundamental problem of atmospheric electricity". Pure and Applied Geophysics, 100(1):8-43, Jan. 1972.
- DUTRA, S.L.G. "Campos elétricos em altura de balão estratosférico". Tese de Doutorado, São José dos Campos, INPE, 1982.
- GONZALEZ, W.D.; PEREIRA, A.E.C.; GONZALEZ, A.L.C.; MARTIN, I.M.; DUTRA, S.L.G.; PINTO JR., O.; WYGANT, J.; MOZER, F. "Large horizontal electric fields measured at balloon heights of the Brazilian Magnetic Anomaly and association to local energetic particle precipitation" Geophysical Research Letters, 9(5):567-570, May 1982.
- GONZALEZ, W.D; DUTRA, S.L.G.; PINTO JR., O. "Middle atmospheric electrodynamic modification by particle precipitation at the South Atlantic Magnetic Anomaly". Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics, 49 (4): 377-383, Apr. 1987.
- HOLZWORTH, R.H. "Large Scale DC electric fields in the Earth's environment". Ph.D. Thesis. Berkeley, University of California, 1977.
- HOLZWORTH, R.H. "A new source for horizontal electric fields in the mid-latitude stratosphere". EOS Transactions, American Geophysical Union, 67 (44): 891, Nov. 1986.

- MOZER, F.S., SERLIN, R. "Magnetospheric electric field measurements with balloons". Journal of Geophysical Research, 74(19):4739-4754, Sep. 1969.
- PARK, C.G. "Downward mapping of high-latitude ionospheric electric fields to the ground". Journal of Geophysical Research, 81(1):168-174, Jan. 1976.
- PAULIKAS, G.A. "Precipitation of particles at low and middle latitudes". Reviews of Geophysics and Space Physics, 13(5):709-734, Nov. 1975.
- PINTO, J.R.C.A.; O. PINTO JR.; W.D. GONZALEZ; S.L.G. DUTRA; J. WYGANT and F.S. MOZER. "Stratospheric electric field and conductivity measurements over electrified convective clouds in the South American region". Journal of Geophysical Research, 93(D1): 709-715, Jan. 1988.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 - Diversas contribuições nas observações do campo elétrico atmosférico com balões estratosféricos. O campo elétrico ionosférico tem valor típico de 1 mV/m, com escala da ordem de 10^3 km; em períodos perturbados pode chegar a uns poucos mV/m.

Fig. 2 - Índices K_p de atividade geomagnética para o mês de dezembro/86 e dia 11/dez/86.

Fig. 3 - Magnitude do campo elétrico atmosférico horizontal medido em 11/dez/86 na altitude de teto do vôo de balão.

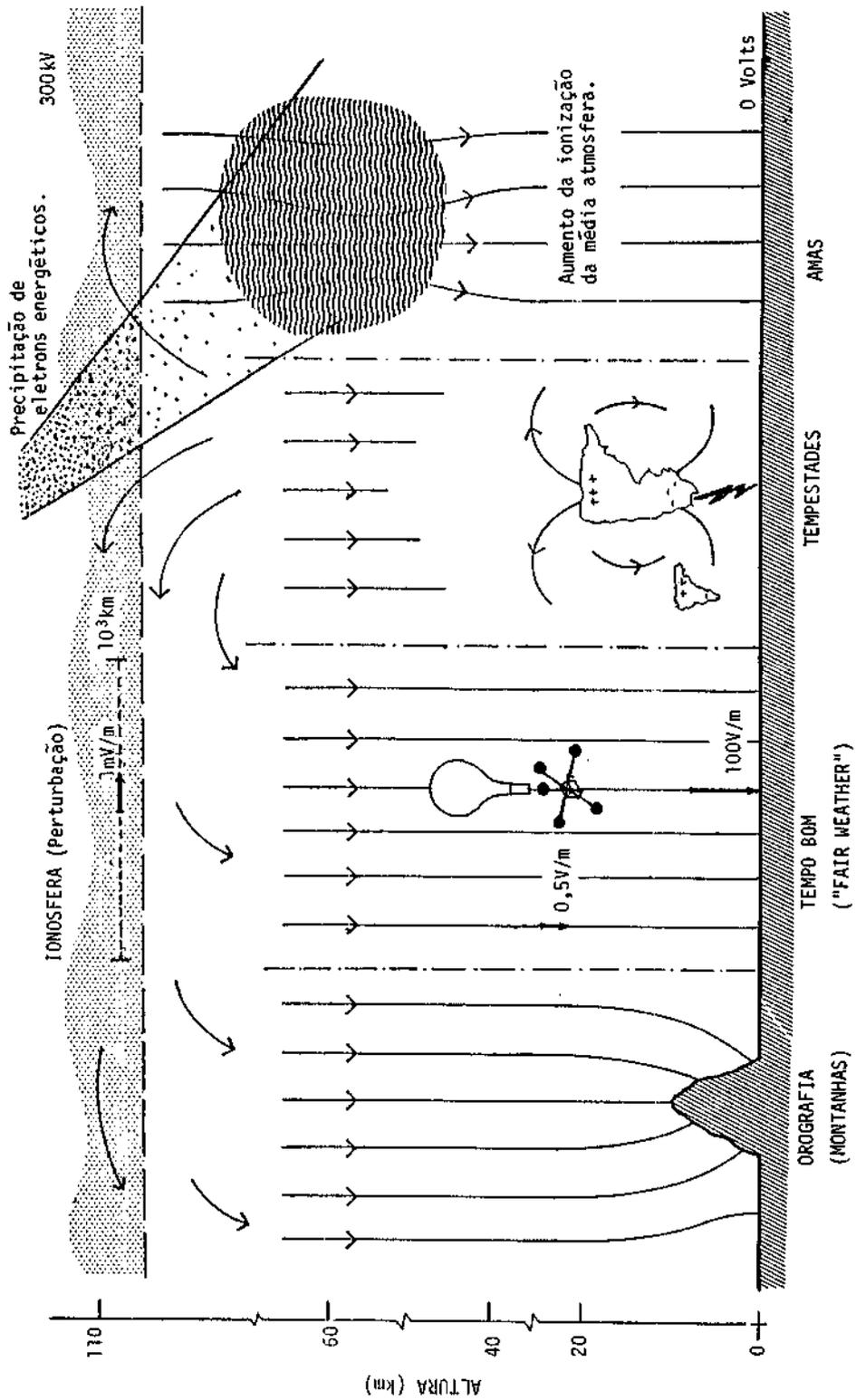


Fig. 1

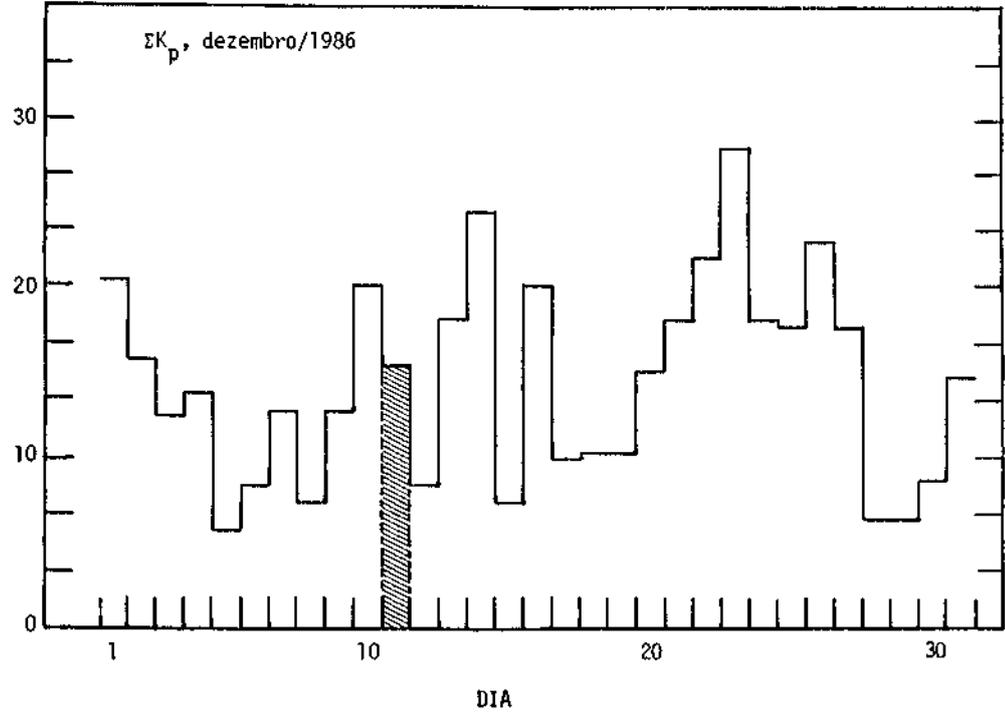
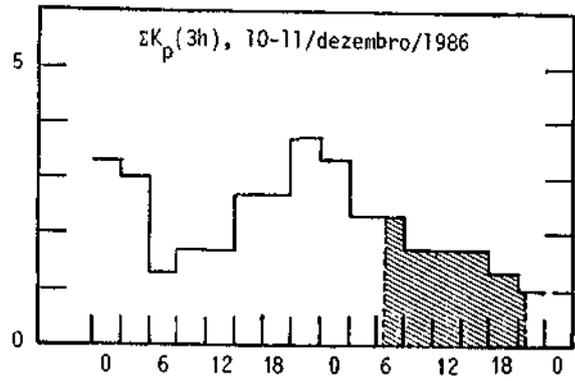


Fig. 2

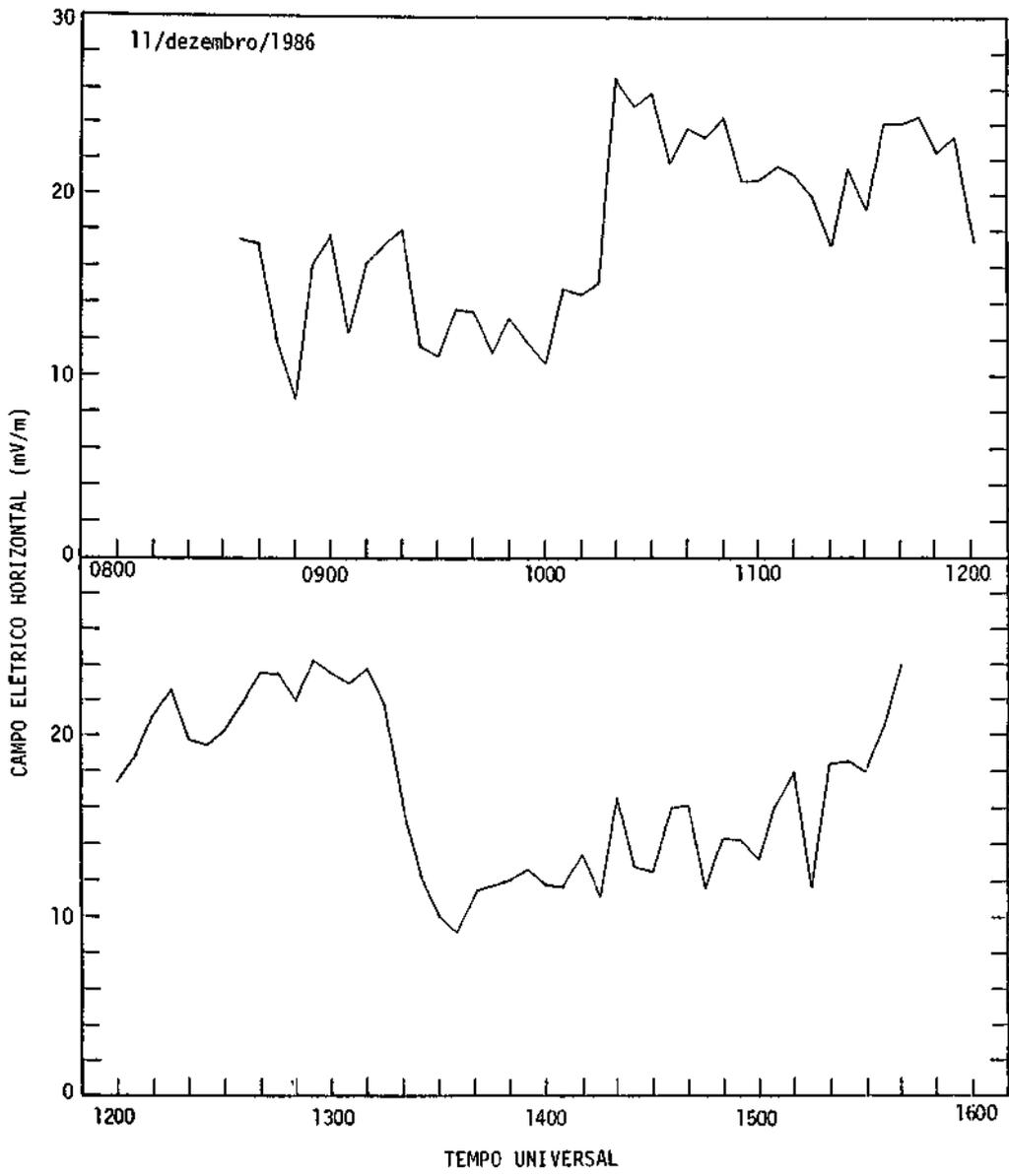


Fig. 3