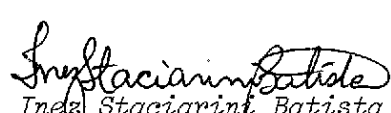
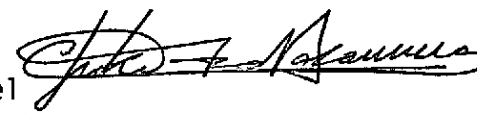



1. Publicação nº <i>INPE-3612-PRE/799</i>	2. Versão	3. Data <i>Agosto, 1985</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DGA/DIO</i>	Programa <i>IONOSFERA</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>DERIVA DO PLASMA BOLHAS DE PLASMA POLARÍMETROS E FOTÔMETRO</i>			
7. C.D.U.: <i>523.4-853</i>			
8. Título <i>GRADIENTE COM ALTURA NA DERIVA DO PLASMA IONOSFÉRICO EM BAIXA LATITUDE MAGNÉTICA BRASILEIRA</i>		10. Páginas: <i>17</i>	
		11. Última página: <i>10</i>	
		12. Revisada por	
9. Autoria <i>Y. Nakamura J.H.A. Sobral M.A. Abdu</i>		 <i>Inez Staciari Batista</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por  Marco Antonio Raupp Diretor Geral	
14. Resumo/Notas <p><i>O plasma ionosférico durante a noite na região equatorial é impulsionado para leste por campos elétricos da região F, gerados por efeito dínamo. Medidas da deriva zonal do plasma foram obtidas por duas técnicas, isto é, polarímetros espaçados e fotômetro de varredura na direção leste-oeste em Cachoeira Paulista. As alturas detectadas pelas duas técnicas são diferentes, sendo os polarímetros mais sensíveis à região do pico da camada F e a camada emissora da luminescência localizada a uns 50km abaixo do pico. Os resultados mostram que as velocidades detectadas com polarímetros são maiores que as obtidos com o fotômetro. Estes resultados sugerem a presença de um gradiente de velocidade na região do pico da camada F da ordem de <math>0,6</math> a <math>1,0\text{ms}^{-1}\text{km}^{-1}</math>. Os resultados ainda são comparados com as derivas zonais do plasma ambiente, medidas com o radar de Jicamarca.</i></p>			
15. Observações <i>Este trabalho foi parcialmente subvencionado pelo FNDCT, através do contrato FINEP 537/CT. Este trabalho será apresentado na 37a. Reunião Anual da SBPC em Belo Horizonte entre 10 a 17 de julho de 1985.</i>			

### ABSTRACT

*The nighttime equatorial F-region eastward plasma is driven by the dynamo induced F-region electric field. Measurements of this plasma zonal drift has been carried out by two different techniques, namely, spaced polarimeters and east-west nightglow scanning photometer, at Cachoeira Paulista. The heights sampled by the two techniques are different, the polarimeters being most sensitive to a region near the F-region peak, and the airglow emission layer being situated some 50km below the F layer peak. The results show that the eastward velocities for irregularity patches detected by polarimeters are higher than those measured by airglow. These results suggest the presence of a velocity gradient near the F-layer peak of the order of 0.6 to 1.0 ms<sup>-1</sup>km<sup>-1</sup>. Further, the present results are compared with the eastward drift velocities of the ambient plasma measured by the Jicamarca radar.*

• •

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS .....	v
<u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
<u>RESULTADOS EXPERIMENTAIS</u> .....	2
<u>DISCUSSÃO</u> .....	5
<u>CONCLUSÃO</u> .....	8
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	9



## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Velocidades zonais das bolhas de plasma, medidas com polarímetros espaçados ( $\Delta$ ) e fotômetro de varredura ( $\rightarrow$ ), em função do tempo local, de 16-18 de fevereiro de 1982 .....	3
2 - Velocidades zonais das bolhas de plasma, medidas com polarímetros espaçados ( $\Delta$ ) e fotômetro de varredura ( $\rightarrow$ ), em função do tempo local, de oito noites análogas ao da Figura 1 .....	4
3 - Velocidade média horária dos pontos da Figura 2 .....	6
4 - Velocidade zonal média deduzida dos dados polarímetros ( $\Delta$ ) e fotométricos ( $\rightarrow$ ), reproduzidas dos trabalhos de Abdu et alii (1985) e Sobral et alii (1985), respectivamente .....	7

3

## INTRODUÇÃO

Medidas de deriva de plasma ionosférico no plano leste-oeste têm sido estudadas utilizando várias técnicas como, por exemplo, radar de espalhamento incoerente (Fejer et alii, 1981; Woodman, 1972), interferômetro (Kudeki et alii, 1981), luminescência noturna em  $6300 \text{ \AA}$  (Sobral et alii, 1985) e polarímetros espaçados (Abdu et alii, 1985). As medidas acima foram realizadas na região equatorial ou em baixas latitudes magnéticas.

A dinâmica da ionosfera em Cachoeira Paulista ( $22,6^{\circ}\text{S}$ ,  $45^{\circ}\text{W}$ ) tem sido estudada utilizando fotômetros, ionossonda e polarímetros. Entre os resultados dessas investigações destaca-se a detecção da bolha de plasma ionosférico (Sobral et alii, 1980 a,b, 1981). As bolhas de plasma têm sido objeto de intensivas investigações nos últimos anos (Woodman and La Hoz, 1976; McClure et alii, 1977; Tsunoda, 1980; Kelley et alii, 1976; Ossakow et alii, 1979; Weber et alii, 1982, Sobral et alii, 1980b; Abdu et alii, 1985) para citar apenas alguns trabalhos. As bolhas de plasma têm dimensão de dezenas a centenas de quilômetros na direção leste-oeste, são alinhadas com o campo magnético terrestre, estendendo-se por vários graus de latitude ao norte e ao sul do equador magnético. As bolhas de plasma são geradas após o pôr do Sol na parte inferior da camada F pela instabilidade Rayleigh-Taylor, sobem verticalmente com velocidade da ordem de 100 a 200 m/s, podendo atingir alturas da ordem de 1.000km. Além deste movimento, a bolha ainda sofre uma deriva zonal com velocidade que poderá aproximar a do plasma ionosférico. Este movimento zonal da bolha é detectado em Cachoeira Paulista por duas técnicas que são mencionadas a seguir. A primeira consiste na análise das flutuações do ângulo de rotação Faraday dos sinais transmitidos por satélites geostacionários em VHF e detectados por polarímetros instalados em Cachoeira Paulista ( $22^{\circ}41'\text{S}$ ,  $45^{\circ}0'$ ) e em São José dos Campos ( $23^{\circ}12'\text{S}$ ,  $45^{\circ}51'0$ ). Estas duas estações localizam-se na mesma latitude magnética separadas por 110km e permitem a determinação de velocidades zonais (Abdu et alii, 1985). A segunda técnica consiste na detecção da luminescência noturna do oxigênio atômico em  $6300 \text{ \AA}$ , com



um fotômetro de varredura na direção leste-oeste instalado em Cachoeira Paulista (Sobral et alii, 1985). O objetivo deste trabalho é comparar as velocidades zonais da bolha obtidas por meio das duas técnicas acima. Os resultados ainda são comparados com medidas de outros autores que usam técnicas diferentes.

### RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Na análise dos dados foram utilizados resultados experimentais de fotômetro e polarímetros obtidos simultaneamente. Foram também incluídos na análise dados que não foram tirados simultaneamente. Os polarímetros localizados em Cachoeira Paulista e São José dos Campos recebem sinais transmitidos em VHF pelo satélite geostacionário GOES-3. Os pontos subionosféricos das recepções são 20,9°S, 49,4°W para Cachoeira Paulista e 21,4°S, 50,3°W para São José dos Campos. O fotômetro varre a extensão zenital de  $\pm 75^\circ$  no plano leste-oeste magnético.

Figura 1 mostra velocidades da bolha para leste determinadas com polarímetros e fotômetro da noite de 16-17 de fevereiro de 1981. A barra horizontal indica o intervalo de tempo durante o qual a velocidade média foi calculada. A descrição detalhada do método utilizado para a determinação do movimento da bolha de plasma no plano leste-oeste, usando polarímetro, foi publicada por Abdu et alii (1985). Analogamente, o uso dos dados fotométricos foi descrito por Sobral et alii (1985). Na Figura 1, nota-se que as velocidades determinadas com polarímetros são da ordem de 20 a 30  $\text{ms}^{-1}$  mais altas que aquelas determinadas com o fotômetro. Este fato é interpretado como causado pela diferença na altura de detecção pelas duas técnicas. As velocidades deduzidas dos dados de polarímetro são representativas da região do pico da camada F, enquanto as do fotômetro originam-se algumas dezenas de quilômetros abaixo do pico (Roble et alii, 1968; Sobral, 1973).

A Figura 2 mostra uma coleção de dados de oito noites (25-26/10/81, 19-20/12/81, 16-17/02/82, 20-21/02/82, 7-8/08/83, 4-5/06/84, 4-5/07/84 e 23-24/08/84) A escolha de cada noite foi feita

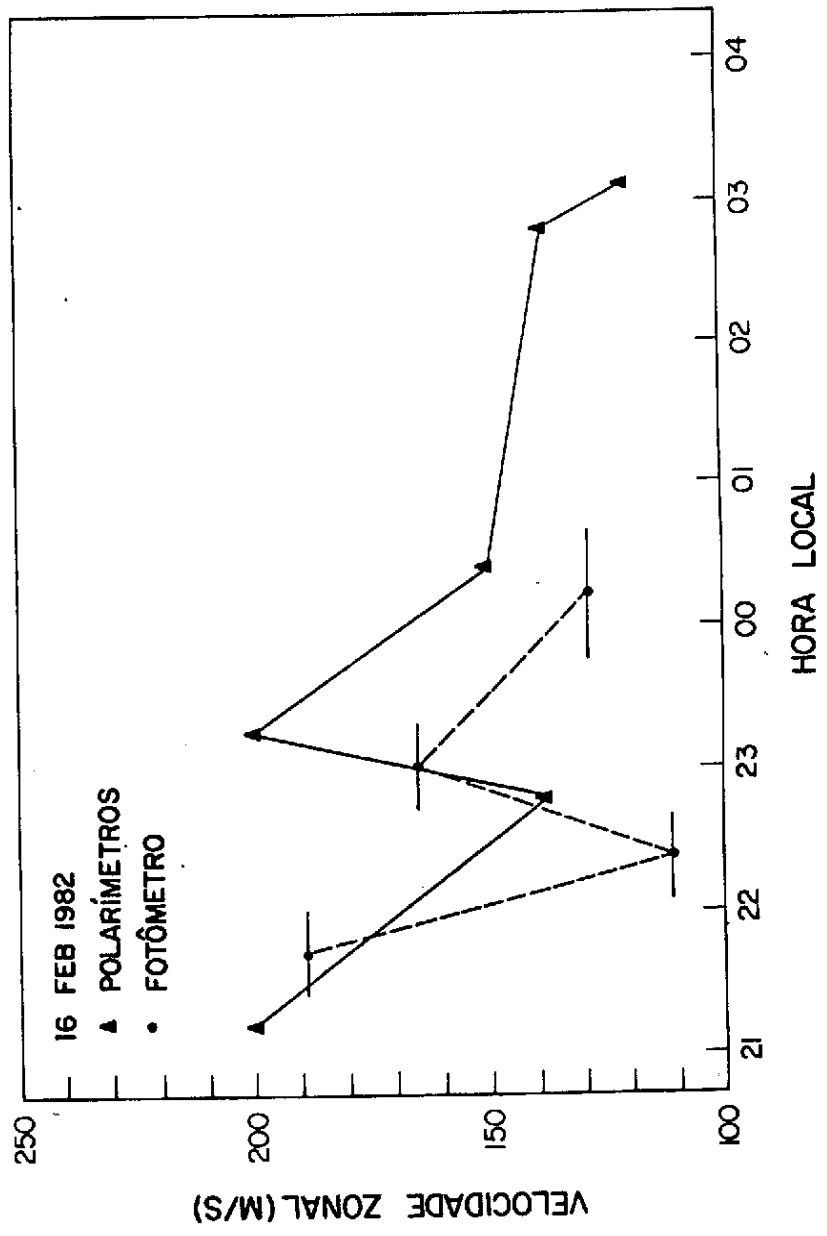


Figura 1 - Velocidades zonais das bolhas de plasma, medidas com polarímetros espaçados ( $\Delta$ ) e fotômetro de varredura ( $\bullet$ ), em função do tempo local, de 16-18 de fevereiro de 1982.

A barra indica o intervalo de tempo no qual a velocidade média foi calculada.

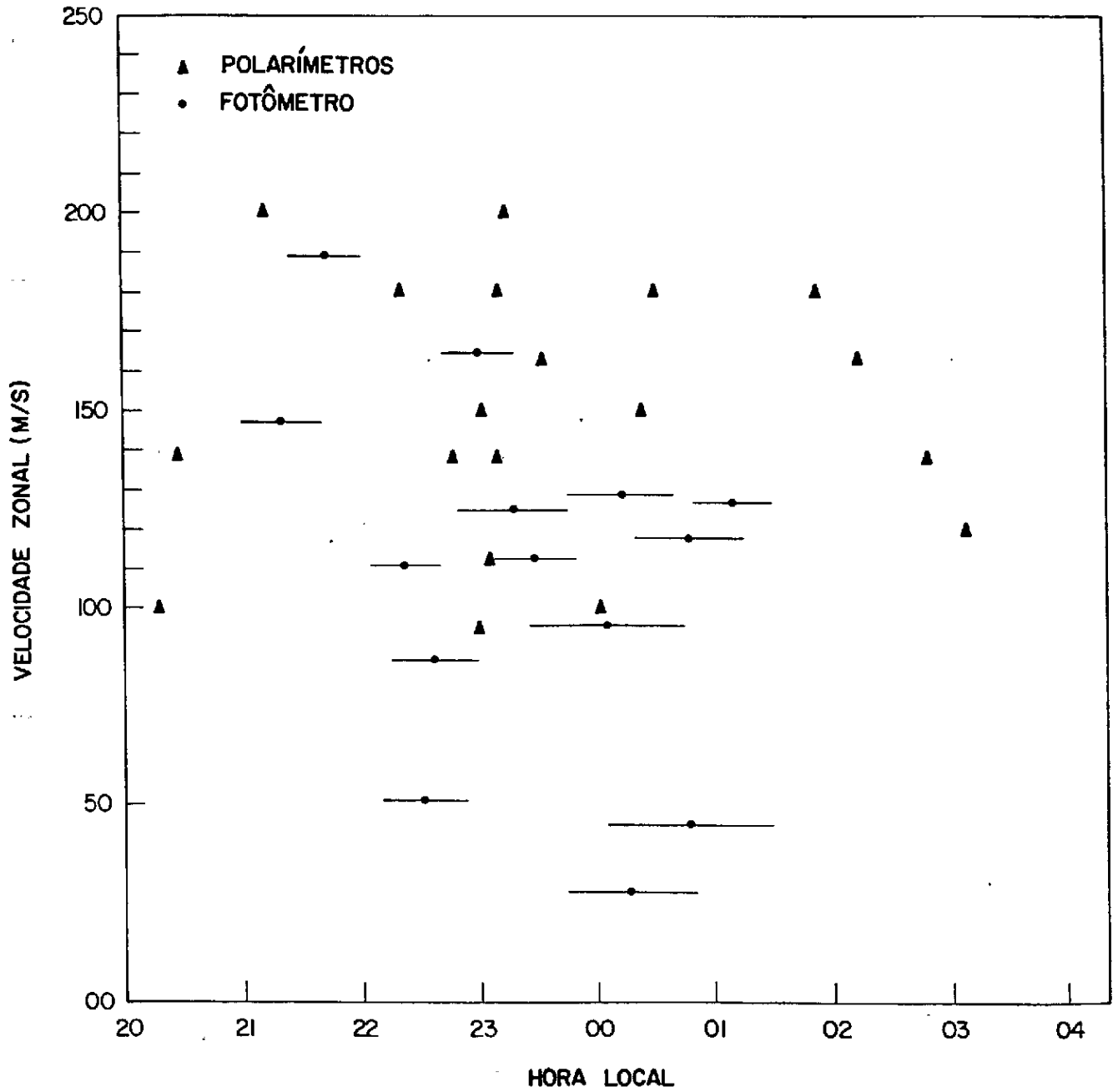


Figura 2 - Velocidades zonais das bolhas de plasma, medidas com polarímetros espaçados ( $\Delta$ ) e fotômetro de varredura ( $\rightarrow$ ), em função do tempo local, de oito noites anão gas ao da Figura 1.

Os dados foram colocados sem distinção da data.

como na Figura 1, com a condição de que os dados fotométricos e polarimétricos fossem simultâneos. Desta maneira, pode-se comparar as velocidades pertencentes ao mesmo evento de espalhamento F. A Figura 3 mostra a média horária dos dados da Figura 2. Da Figura 3, considerando uma distância média de 50km entre o pico da região F e a camada emissora de oxigênio atômico em  $6300\text{\AA}$ , o gradiente de velocidade com altura resulta da ordem de  $0,6$  a  $1,0\text{ms}^{-1}\text{km}^{-1}$  para o movimento do plasma na direção leste. A Figura 4 é análoga à Figura 3, mas os dados de polarímetros e fotômetros não são simultâneos. O gráfico da velocidade deduzida dos dados de polarímetros é reproduzido da Figura 4 de Abdu et alii (1985) e, analogamente, o do fotômetro foi obtido da Figura 3 de Sobral et alii (1985). Novamente, obtiveram-se velocidades maiores em alturas maiores, com um gradiente de velocidade de  $\sim 1,2\text{ms}^{-1}\text{km}^{-1}$  e  $\sim 0,4\text{ms}^{-1}\text{km}^{-1}$ , antes e depois de 2200 (tempo local), respectivamente.

## DISCUSSÃO

Neste trabalho determinou-se a velocidade zonal da bolha de plasma ionosférico por meio de duas técnicas diferentes, isto é, com polarímetros e com fotômetro. Como resultado obtiveram-se as velocidades com polarímetros maiores que as com fotômetro. A diferença nas velocidades foi interpretada como sendo devido à diferença na altura de detecção pelas suas técnicas, isto é, os polarímetros medem a deriva do plasma da região do pico da camada F e os fotômetros, algumas dezenas de quilômetros abaixo, o que resulta num gradiente de velocidade com altura de  $\sim 0,6\text{ms}^{-1}\text{km}^{-1}$  a  $\sim 1,0\text{ms}^{-1}\text{km}^{-1}$  na região do pico da camada F. Este resultado concorda com o encontrado por Kudeki et alii (1981) que foi de  $\sim 1\text{ms}^{-1}\text{km}^{-1}$  entre 400 a 500km na região equatorial. Entretanto as velocidades zonais, principalmente as deduzidas dos dados polarimétricos, são em geral maiores que as encontradas por outros autores na região equatorial. Por exemplo Abdu et alii (1985), comparando as velocidades obtidas com polarímetros, reproduzidos na Figura 4 deste trabalho, encontraram um resultado que é da ordem do dobro das velocidades de plasma encontradas com o radar de Jicamarca por Fejer et alii (1981). Abdu et alii (1985) interpretaram este resultado, projetando a altura do pico da camada F no equador magnético, através de linhas do campo magnético. A razão dessa projeção é que as bolhas de plasma

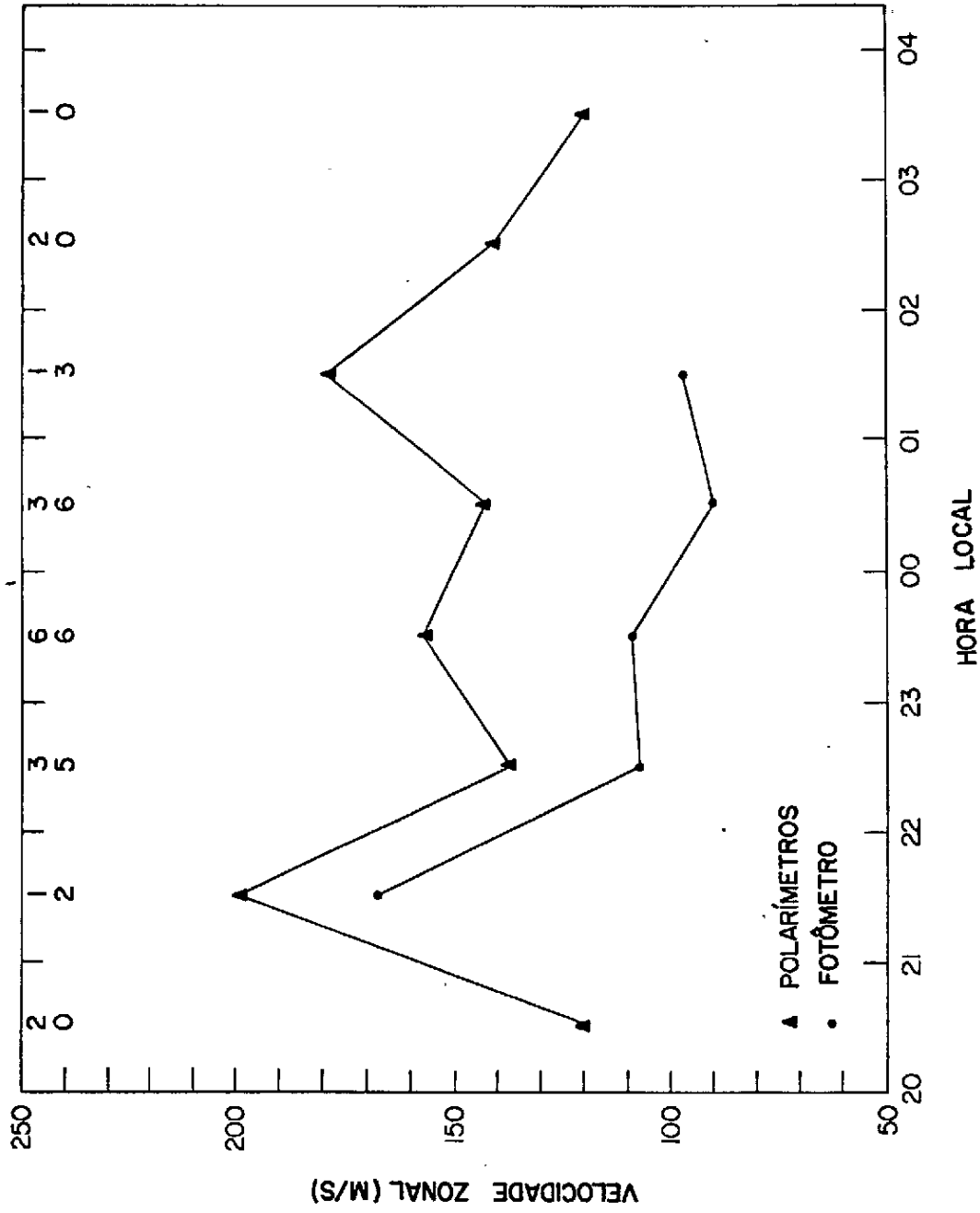


Figura 3 - Velocidade média horária dos pontos da Figura 2.

Os números escritos na primeira e segunda linhas, no topo da figura são, respectivamente, os números dos pontos usados nas velocidades médias de duzidas de dados polarimétricos e fotométricos.

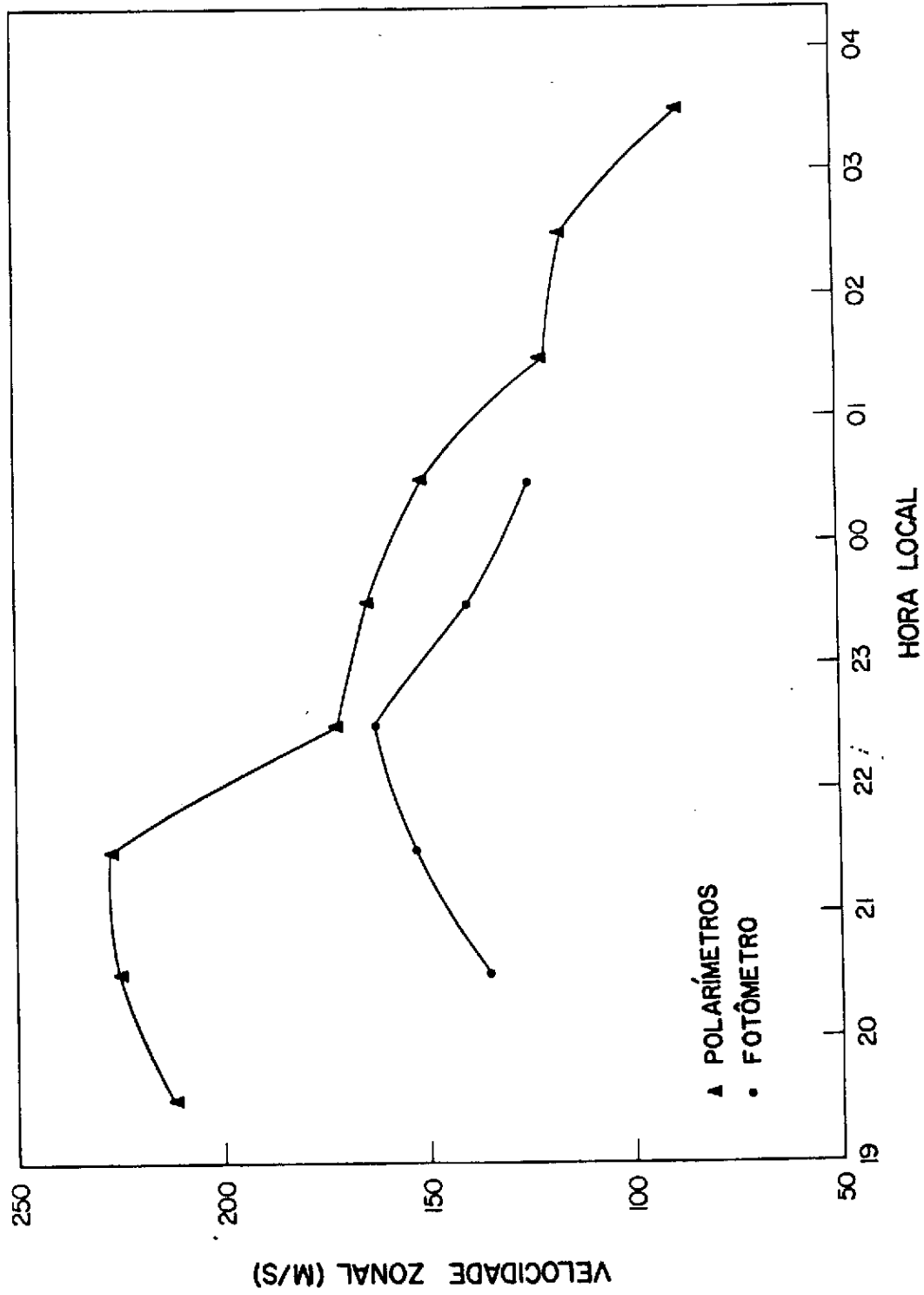


Figura 4 - Velocidade zonal média deduzida dos dados polarímetros ( $\Delta$ ) e fotométricos ( $\bullet$ ), reproduzidas dos trabalhos de Abdu et alii (1985) e Sobral et alii (1985), respectivamente.

são alinhadas com o campo magnético. Assim, a altura projetada é da ordem de 650km no equador, o que torna a velocidade determinada com polarímetros compatível com a encontrada por Fejer et alii (1981) entre 300 a 400km, pois, sabe-se que na região equatorial as velocidades zonais são maiores quanto maior a altura, até o pico da região F.

### CONCLUSÃO

Nesse trabalho mostrou-se que é possível a determinação de gradiente com altura de velocidade na região do pico da camada F utilizando polarímetros e fotômetro. O gradiente de velocidade foi de  $\sim 0,6$  a  $\sim 1,0 \text{ms}^{-1} \text{km}^{-1}$ , concordando com os resultados obtidos por Kudeki et alii (1981) e Haerendel (1980) na região equatorial. Este trabalho permitiu também a constatação da existência de gradiente com altura de velocidade zonal em baixas altitudes, na região do pico da camada F. A variação latitudinal da velocidade zonal é pouco conhecida no momento, sendo necessárias mais investigações experimentais no futuro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDU, M.A.; KANTOR, I.J.; BATISTA, I.S.; DE PAULA, E. R. East-west plasma bubble irregularity motion determined from spaced VHF polarimeters: Implications on velocity shear in the zonal F-region bulk plasma motion. *Radio Science*, 20(1):111-122, Jan.Feb. 1985.
- FEJER, B.G.; FARLEY, D.T.; GONZALES C.A.; WOODMAN, R.T.; CALDERON, C. F-region East-West drifts at Jicamarca. *Journal of Geophysical Research*, 86(A1):215-218, Jan.1981.
- HAERENDEL, G. Investigation of the equatorial F-region with barium clouds: a review. Trabalho apresentado no 6º Simpósio Internacional sobre Aeronomia Equatorial, patrocinado pela COSPAR, URSI, IUGG e IAGA, Aguadilla, Puerto Rico, Julho de 1980.
- KELLEY, M.C.; HAERENDEL, G.; KOPPLER, H.; VALENZUELA, A.; BALSLEY, B. B.; CARTER, D.A.; ECKLUND, W.L.; CARLSON, C.W.; HÄUSLER, B.; TORBERT, R. Evidence for a Rayleigh-Taylor type instability and upwelling of depleted density regions during equatorial spread F. *Geophysical Research Letters*, 3(8):448-450, Aug. 1976.
- KUDEKI, E.; FEJER, B.G.; FARLEY, D.T.; IERKIC, H.M. Interferometer studies of equatorial F-region irregularities and drifts. *Geophysical Research Letters*, 8(4):377-380, Apr. 1981.
- McCLURE, J.P.; HANSON, W.B.; HOFFMAN, J.F. Plasma bubble and irregularities in the equatorial ionosphere. *Journal of Geophysical Research*, 82(19):2650-2656, July, 1977.
- OSSAKOW, S.L.; ZALESK, S.T.; McDONALD, B.E.; CHATURVEDI, P.K. Nonlinear equatorial spread F: Dependence on altitude of F peak and bottomside background electron density gradient scale length. *Journal of Geophysical Research*, 84(A1):17-29, Jan. 1979.
- ROBLE, R.G.; HAYS, P.B.; NAGY, A.F. Calculated (OI)  $6300\text{Å}^0$  nightglow doppler temperature for solar cycle minimum. *Planetary Space Science*, 16:1109-1113, 1968.



- SOBRAL, J.H.A. Airglow and incoherent scatter studies of the dynamics of the nighttime ionosphere at Arecibo. PhD. Dissertation, Cornell University, Ithaca, New York, 1973.
- SOBRAL, J.H.A.; ABDU, M.A.; BATISTA, I.S. Airglow studies on the ionosphere dynamics over low latitude in Brazil. *Annales de Geophysique*, 36(2):199-204, 1980a.
- SOBRAL, J.H.A.; ABDU, M.A.; SAHAI, Y. Equatorial plasma bubble eastward velocity characteristics from scanning airglow photometer measurements over Cachoeira Paulista. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 1985, no prelo.
- SOBRAL, J.H.A.; ABDU, M.A.; BATISTA, I.S.; ZAMLUTTI, C.J. Association between plasma bubble irregularities and airglow disturbances. *Geophysical Research Letters*, 7(11):980-982, Nov. 1980b.
- Wave disturbances in the low latitude ionospheric plasma depletions. *Journal of Geophysical Research*, 86(A3):1374-1378, Mar. 1981.
- TSUNODA, R.T. Magnetic-field-aligned characteristics of plasma bubbles in the nighttime equatorial ionosphere. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 42(8):743-752, Aug. 1980.
- WEBER, E.J.; BRINTON, H.C.; BUCHAU, J.; MOORE, J.G. Coordinated airborne and satellite measurements of equatorial plasma depletions. *Journal of Geophysical Research*, 87(A12):10503-10513, Dec. 1982.
- WOODMAN, R.F. East-west ionospheric drifts at the magnetic equator. *Space Research*, 12:969-974, 1972.
- WOODMAN, R.F.; LA HOZ, C. Radar observations of F-region equatorial irregularities. *Journal of Geophysical Research*, 81(31):5447-4566, Nov. 1976.