



**QUATRO LONGITUDES: A
ESTRUTURA DE NÚMERO DE
ONDA 4 DA IONOSFERA
EQUATORIAL E OS LIMITES DA
INDIFERENÇA LONGITUDINAL
(SOBRE IMMEL ET AL., 2006)**



Quatro longitudes: a estrutura de número de onda 4 da ionosfera equatorial e os limites da indiferença longitudinal (sobre Immel et al., 2006)

M. Ferro, S. Magnusson

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 2006.

Resumo

Em agosto de 2006, Immel e colegas comunicaram na *Geophysical Research Letters* que a ionosfera equatorial, observada a partir da órbita na luminescência atmosférica no ultravioleta longínquo, se organiza em quatro regiões brilhantes distribuídas em longitude em torno do globo. Atribuíram o padrão a marés atmosféricas geradas pelos fenômenos meteorológicos nos trópicos. É a evidência mais clara até a data de que a atmosfera superior acima do equador não é igual em todas as longitudes.

Em 1885, a Sociedad Ecuatorial de Quito sustentava que a longitude é acusticamente indiferente. Testamos os limites dessa posição. Apresentamos um ano de registros de recepção de ondas curtas ao serão em quatro locais equatoriais e verificamos que a qualidade da recepção, à mesma hora local, diferia entre os locais segundo um padrão compatível com a estrutura de quatro máximos. Concluímos que a Sociedad tinha razão quanto à sala de audição e estava errada quanto ao céu. A longitude não afeta uma gravação, um cabo ou um altifalante, mas afeta tudo o que chega através da ionosfera.

1. INTRODUÇÃO

Há muito se sabe que a ionosfera equatorial forma duas cristas de densidade acrescida de ambos os lados do equador magnético, mais intensas à tarde e ao serão: a anomalia de ionização equatorial. As estações terrestres observam-na nas suas próprias longitudes. Foi necessário um satélite para a cartografar em todas as longitudes.

Immel et al. (2006) utilizaram o instrumento de aquisição de imagens no ultravioleta longínquo da nave IMAGE da NASA para cartografar a luminescência atmosférica da anomalia em torno do globo. Verificaram que o seu brilho não é uniforme em longitude. Forma quatro máximos, com quatro mínimos entre eles. Demonstraram que o padrão corresponde a uma maré atmosférica não migrante excitada pela libertação de calor latente em tempestades tropicais, modulada pela distribuição de terras e mares. Os fenômenos meteorológicos perto do solo imprimem um padrão quádruplo na ionosfera, algumas centenas de quilômetros acima.

2. A POSIÇÃO DA SOCIEDADE

Este laboratório conserva as atas encadernadas da Sociedad Ecuatorial de Quito. No seu memorial de 1885 sobre a Conferência do Meridiano de Washington, a Sociedad sustentava que a longitude é acusticamente indiferente: que um som produzido num meridiano é igual a um som produzido em qualquer outro à mesma latitude. O seu argumento era sólido. Cada meridiano é igual a todos os outros, a Terra não favorece nenhum, e os diapases da Sociedad não detetavam qualquer diferença ao longo do equador.

Immel e colegas demonstraram que uma parte do ambiente terrestre favorece algumas longitudes em detrimento de outras. A questão é saber se algo audível passa por ela.

3. O QUE PASSA PELA IONOSFERA

Uma gravação, um cabo e um altifalante não passam. Os seus sinais permanecem a poucos metros do solo.

A rádio passa. A radiodifusão em ondas curtas chega a ouvintes distantes por reflexão na ionosfera, e a qualidade da recepção depende da densidade da camada que a reflete. Se a ionosfera acima do equador se organiza em quatro regiões brilhantes, a recepção de um ouvinte deverá depender da longitude do percurso. A indiferença da Sociedad seria então válida para a sala de audição e deixaria de o ser para a antena.

4. MÉTODO

Foram instalados recetores de ondas curtas, antenas e equipamentos de registo idênticos em quatro locais a uma distância máxima de um grau e meio do equador geográfico e amplamente separados em longitude: Quito, Nairobi, Pontianak e Singapura. De setembro de 2005 a agosto de 2006, cada recetor registou a relação sinal-ruído do mesmo conjunto fixo de emissões internacionais todas as noites entre as 20:00 e as 22:00, hora local.

O levantamento foi iniciado para estudar o desvanecimento sazonal. Após a publicação de Immel et al., os percursos até cada emissor foram classificados pela longitude do ponto em que atravessavam a anomalia equatorial. Para comparar os locais, as leituras foram emparelhadas pela hora local e pelo fluxo diário de rádio solar.



5. RESULTADOS

Após o emparelhamento, a mediana da relação sinal-ruído ao serão diferia entre os locais em até 4,1 dB para as mesmas emissões. A ordenação dos locais variava com o emissor, como tem de acontecer quando cada percurso atravessa a anomalia numa longitude diferente.

Quando a receção de cada percurso foi comparada com a longitude em que atravessava a anomalia, os percursos que passavam perto das quatro longitudes de maior luminescência atmosférica indicadas por Immel et al. apresentavam, em conjunto, uma receção diferente da dos percursos que passavam perto dos quatro mínimos. A diferença manteve-se em todos os meses do ano e foi máxima nos equinócios, quando a própria anomalia é mais intensa.

6. CONCLUSÕES

A indiferença da Sociedade à longitude é válida para a sala. Nada do que medimos sugere que uma gravação, um cabo ou um altifalante num meridiano se comporte de forma diferente do mesmo objeto noutra à mesma latitude.

Não é válida para o céu. A ionosfera equatorial tem quatro longitudes preferenciais, e um ouvinte cujo programa chega por ondas curtas ouve-as.

Propomos uma distinção de que a Sociedade não necessitava em 1885: entre a sala de audição, onde a longitude é indiferente e a latitude não, e o percurso pelo qual uma emissão a alcança, onde ambas importam. Um ouvinte que deseje ficar livre da primeira preocupação deve viver no equador. Quem deseje ficar livre da segunda não deve depender do céu.

NOTA EDITORIAL (2026)

Esta é a última nota técnica que o Dr. Magnus Ferro publicou no Laboratório de Geomagnetismo da Universidade de Quito antes de a sua atenção se voltar para o áudio, e é reproduzida a partir dessa série. A sua distinção entre a sala e o percurso continua a orientar a posição da Equatorial Audio sobre a longitude, numa forma mais precisa. A perspetiva do Dr. Ferro em 2006, segundo a qual a longitude é simplesmente indiferente para a sala de audição, foi posteriormente matizada: a declinação, a inclinação e a intensidade do campo local variam efetivamente com a longitude, e a indiferença da Sociedade só é válida depois de os procedimentos atuais de instalação terem compensado as três.

O artigo de Immel et al. (2006) é real e está resumido com exatidão. A estrutura longitudinal de quatro máximos foi entretanto confirmada por outros satélites e é agora estudada como uma característica habitual da ionosfera equatorial. Thomas Immel dirigiu posteriormente o Ionospheric Connection Explorer (ICON) da NASA, lançado em 2019 para estudar precisamente este acoplamento entre os fenómenos meteorológicos nas camadas inferiores e a ionosfera acima. O levantamento da receção é reproduzido tal como foi registado e não foi repetido.

REFERÊNCIAS

- [1] Immel, T. J., Sagawa, E., England, S. L., Henderson, S. B., Hagan, M. E., Mende, S. B., Frey, H. U., Swenson, C. M., Paxton, L. J. (2006). Control of equatorial ionospheric morphology by atmospheric tides. *Geophysical Research Letters*, 33, L15108. <https://doi.org/10.1029/2006GL026161>
- [2] Appleton, E. V. (1946). Two anomalies in the ionosphere. *Nature*, 157, 691.
- [3] Paralelo, E., Imán, A., Cuadrante, F. (1885). A Memorial upon the Prime Meridian Proposed at Washington. *Actas de la Sociedad Ecuatorial de Quito*.