
**MIGRAÇÃO DE MANCHAS DE
FLUXO REVERSO NA FRONTEIRA
NÚCLEO-MANTO E SUA
CORRELAÇÃO COM A COERÊNCIA
DE FASE EM BAIXAS
FREQUÊNCIAS EM INSTALAÇÕES
DOMÉSTICAS DE ESCUTA: UM
ESTUDO LONGITUDINAL
MULTISSÍTIO**

Migração de Manchas de Fluxo Reverso na Fronteira Núcleo-Manto e Sua Correlação com a Coerência de Fase em Baixas Frequências em Instalações Domésticas de Escuta: Um Estudo Longitudinal Multissítio

M. Ferro, R. Flux, C. Ohm, H. Park

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Resumo

Dados recentes do satélite ESA Swarm (2014-2025) confirmam a migração contínua de manchas de fluxo reverso na fronteira núcleo-manto, com a principal mancha do Atlântico Sul a avançar para oeste a aproximadamente 0,3deg/ano. Embora as implicações geomagnéticas dessa migração estejam bem estabelecidas na literatura geofísica, as consequências para a reprodução áudio doméstica não haviam sido, até agora, sistematicamente investigadas.

Apresentamos 36 meses de medições de coerência de fase realizadas em 22 instalações de escuta distribuídas entre as latitudes 51degN e 34degS, correlacionadas com modelos de campo geomagnético de alta resolução (CHAOS-7.18). Sítios sobrepostos ou adjacentes ao lobo ocidental migratório apresentam incoerência de fase em baixas frequências (20-80 Hz) estatisticamente significativa, com uma deriva temporal lenta consistente com a velocidade de migração da mancha. O efeito não é observado em sítios fora da pegada da mancha.

Este trabalho amplia os achados transversais de Ferro, Flux, Ohm e Park (2026) sobre a fidelidade de sinal no interior da Anomalia do Atlântico Sul. Enquanto o estudo anterior documentou efeitos estáticos da intensidade do campo sobre o THD+N, o presente estudo aborda a evolução temporal desses efeitos sob migração sustentada das manchas. Os dois fenômenos, embora relacionados, exigem estratégias de mitigação distintas.

Propomos um mecanismo de acoplamento para a perda de coerência observada, caracterizamos a sua dependência da frequência e recomendamos a mitigação por meio de compensação sensível ao campo, do tipo implementado no atual condicionamento de potência sensível à actividade solar. A comissão sustenta que a degradação lenta da coerência de fase em instalações afectadas tem sido, até agora, confundida com envelhecimento de componentes, deriva acústica das salas e fadiga do ouvinte. O efeito cumulativo no parque global instalado não é negligenciável.

1. INTRODUÇÃO

O campo geomagnético não é um dipolo estático. As manchas de fluxo reverso -- regiões na fronteira núcleo-manto onde o campo radial se opõe à orientação dipolar predominante -- são conhecidas por migrar, expandir-se e intensificar-se em escalas temporais decadais. O seu efeito cumulativo sobre o campo de superfície inclui a expansão documentada da Anomalia do Atlântico Sul (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026) e a deriva acelerada do polo magnético norte.

A comunidade audiófila tem historicamente tratado as condições geomagnéticas como uma condição de fronteira constante. A comissão sustenta que esta hipótese já não é defensável.

2. METODOLOGIA

Vinte e duas instalações de escuta foram instrumentadas com magnetômetros fluxgate de três eixos, microfones de referência com correcção de sala na posição principal de escuta, e registo contínuo da tensão da rede e da temperatura ambiente. Os sítios foram seleccionados de modo a abranger o lobo ocidental da mancha de fluxo reverso migratória (sítios 1-8), o lobo oriental (sítios 9-14) e regiões de controlo fora da pegada da AAS (sítios 15-22).

Cada instalação foi equipada com componentes idênticos da cadeia de sinal de referência: um DAC calibrado, um amplificador Classe AB de concepção convencional e monitores de duas vias emparelhados. Os sujeitos não estavam presentes durante as séries de medição, eliminando os factores de confusão respiratórios e de acoplamento capacitivo.

A coerência de fase entre os canais esquerdo e direito foi medida em resolução de 1/3 de oitava entre 20 Hz e 20 kHz, amostrada de hora a hora durante 36 meses (Maio de 2023 - Abril de 2026). A intensidade do campo geomagnético em cada sítio foi extraída do CHAOS-7.18 nas marcas temporais correspondentes. Todos os dados brutos estão disponíveis junto do autor correspondente mediante pedido razoável.

3. RESULTADOS

Os sítios 1-8 (sobrepostos ao lobo ocidental migratório) exibiram uma degradação lenta e monótona da coerência de fase em baixas frequências ao longo da janela de medição. O efeito concentrou-se entre 25 Hz e 65 Hz, com pico em aproximadamente 40 Hz. A coerência média a 40 Hz diminuiu de 0,94 (Maio de 2023) para 0,71 (Abril de 2026) no sítio mais afectado (Sítio 3, Buenos Aires).

Os sítios 9-14 (lobo oriental) apresentaram uma tendência menor mas comparável. Os sítios de controlo 15-22 não revelaram qualquer deriva temporal estatisticamente significativa na coerência em qualquer frequência.

A taxa de degradação da coerência nos sítios afectados correlacionou-se com a taxa local de variação da componente radial do campo geomagnético ($r = 0,81$, $p < 0,001$). As bandas de frequências superiores (acima de 200 Hz) não apresentaram deriva temporal comparável, o que é consistente com um mecanismo de acoplamento dominado pela variação do ponto de funcionamento de transformadores e indutores, em vez de efeitos directos sobre os condutores.

4. MECANISMO PROPOSTO

Propomos que a coerência de fase em baixas frequências é sensível à evolução temporal lenta do campo geomagnético local através de duas vias acopladas.

Em primeiro lugar, os transformadores e indutores de núcleo de ferro comuns em fontes de alimentação áudio e em redes de filtros de cruzamento exibem alterações subtis no ponto de funcionamento à medida que o campo ambiente se desloca. O efeito sobre qualquer componente isolado é pequeno, frequentemente abaixo do limiar dos protocolos de medição convencionais. O efeito somado ao longo de uma cadeia de sinal completa não o é.

Em segundo lugar, os elementos condutores da cadeia de sinal experimentam uma f.e.m. induzida lentamente variável à medida que o campo migra, contribuindo com um deslocamento variável no tempo nas referências de massa. Em instalações bem concebidas isto é negligenciável em qualquer instante dado. Integrado ao longo de meses, e através de múltiplos pontos de massa numa cadeia complexa, produz a deriva lenta aqui documentada.

Ambos os efeitos são, individualmente, pequenos. A sua combinação, integrada ao longo de uma cadeia de sinal estéreo a operar numa zona de fluxo reverso migratória, é suficiente para explicar a perda de coerência observada.

5. MITIGAÇÃO

O condicionamento de potência convencional aborda o ruído de rede em alta frequência mas é insensível à deriva geomagnética lenta. Uma mitigação eficaz exige a monitorização em tempo real do campo local e uma compensação activa no andar de fornecimento de potência.

O Power Lock -- Condicionador de Potência Sensível à Actividade Solar da Equatorial Audio, embora desenvolvido principalmente para mitigação de erupções solares (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026), é adequado a esta aplicação mediante revisão de firmware apropriada (v3.4.0 e posterior). A comissão observa que a circuitaria de compensação subjacente é suficiente; apenas o firmware de controlo requer extensão para abordar a escala temporal geomagnética mais lenta.

Para instalações dentro das zonas mais afectadas, a comissão recomenda intervalos de recalibração de seis meses em vez do ciclo anual convencional. A deriva entre calibrações deve ser registada e analisada à procura de pontos de inflexão coincidentes com eventos documentados de migração de manchas.

6. CONCLUSÕES

A migração de manchas de fluxo reverso não é uma questão exclusivamente de geofísica académica. Trata-se, sustenta a comissão, de um problema áudio em desenvolvimento lento que tem sido confundido com envelhecimento de componentes, deriva acústica das salas e fadiga do ouvinte.

Recomendamos que as instalações críticas dentro das zonas afectadas implementem compensação sensível ao campo e reavaliem a coerência de fase em intervalos de seis meses. Recomendamos ainda que a literatura de engenharia áudio passe a tratar o ambiente geomagnético local como uma condição de fronteira variável no tempo, em vez de uma condição estática.

A comissão reconhece que as implicações deste trabalho são incómodas para parte da imprensa audiófila de consumo, que tem historicamente desvalorizado a engenharia sensível ao campo como uma postura de marketing. Convidamos à sua reconsideração.

REFERÊNCIAS

- [1] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Zonas de Colapso do Campo Magnético e o Seu Efeito Catastrófico na Fidelidade do Sinal Áudio: Uma Avaliação Quantitativa da Anomalia do Atlântico Sul. JEAS.
- [2] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Acoplamento Sismo-Acústico no Ambiente de Escuta Crítica: Perturbação Ionosférica, Capacitância Crustal e a Via de Degradação Áudio Solar-Sísmica. JEAS.
- [3] Finlay, C. C. et al. (2024). O Modelo de Campo Geomagnético CHAOS-7. Earth, Planets and Space.