

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

PEDRO LUIZ CORRÊA DA SILVA JUNIOR

ASSINATURA MAGNÉTICA DA TERAPIA REIKI

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU**

São José dos Campos, Fevereiro/2026

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

PEDRO LUIZ CORRÊA DA SILVA JUNIOR

ASSINATURA MAGNÉTICA DA TERAPIA REIKI

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica – Mestrado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica

Orientador Prof. Dr. Renato Amaro Zângaro

São José dos Campos, Fevereiro/2026

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

PEDRO LUIZ CORRÊA DA SILVA JUNIOR

ASSINATURA MAGNÉTICA DA TERAPIA REIKI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica – Mestrado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Dr. Renato Amaro Zângaro
Orientador
Mestrado em Engenharia Biomédica
Universidade Anhembi Morumbi

São José dos Campos, Fevereiro/2026

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da Universidade, do autor e do orientador.

PEDRO LUIZ CORRÊA DA SILVA JUNIOR

Graduado Licenciatura em Física, Mestrando em Engenharia Biomédica pela Universidade Anhembi Morumbi.

Ficha Catalográfica

Corrêa da Silva Junior, Pedro Luiz
Assinatura Magnética da Terapia Reiki / *Pedro Luiz
Corrêa da Silva Junior – 2026*

69 f. : il.; 30 cm.

Orientador: Renato Amaro Zângaro
Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) –
Universidade Anhembi Morumbi, São José dos
Campos, 2026.
Bibliografia: f. 59-66

1. Engenharia Biomédica. 2. Magnetometria Fluxgate.
3. Assinatura Magnética. 4. Biocampo. 5. Reiki.

CDD xxx.xx

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus Pai criador de tudo e de todos, aos meus queridos e Sagrados Papais e Mamães Orixás, aos meus Guias, Mestres e Mentores, dentre eles o Uriel. Aos meus ancestrais especialmente os meus avós e meu pai Pedro Luiz que estão nos braços da eternidade, à minha mãe Solange que me deu a vida, amor e dedicação, à minha amada esposa Thais pelo amor e apoio incondicional, às minhas filhas Lanah e Lohana por serem o maior presente que eu poderia receber do Universo.

AGRADECIMENTOS

Expresso minha profunda gratidão ao Prof. Dr. Renato Amaro Zângaro pela excelência na orientação e pela confiança depositada em mim. Seus ensinamentos, constante disponibilidade e o vínculo de amizade foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos a Pedro Marrafa, Isaac Moreno, Alexandre Cassiano, Sarah Santana e Jessica Sthefanny. Sou grato pela parceria, pelo apoio incondicional e pela amizade compartilhada ao longo desta caminhada.

Minha gratidão estende-se a todo o corpo docente do PPG em Engenharia Biomédica pela excelência no ensino e pelas valiosas experiências compartilhadas. De modo especial, agradeço aos professores Prof. Dr. Leandro Procópio Alves, Prof. Dr. Carlos José de Lima, Profa. Dra. Adriana Barrinha Fernandes Moretti e Profa. Dra. Lívia Helena Moreira da Silva Melo. O suporte e a orientação de vocês foram fundamentais para esclarecer minhas dúvidas e superar as inseguranças durante esta jornada.

Não posso deixar de agradecer aos Reikianos e voluntários pela valiosa colaboração e disponibilidade constante. A simpatia, a atenção e a prontidão demonstradas em atender às demandas deste estudo foram fundamentais para a sua execução; sem essa parceria, a presente pesquisa não teria sido viável.

Concluo expressando minha gratidão à CAPES pela concessão da bolsa de Mestrado. Esta pesquisa foi viabilizada graças ao suporte da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), cujo auxílio foi fundamental para a dedicação exclusiva a este trabalho.

RESUMO

A técnica Reiki é universalmente conhecida como sendo uma terapia capaz de produzir respostas fisiológicas em pacientes, sendo que a ausência de um mecanismo de ação biofísica mensurável constitui a principal barreira para sua aceitação científica. O objetivo deste trabalho medir e caracterizar a assinatura magnética produzida durante a prática do Reiki. A metodologia envolveu um delineamento experimental randomizado com 45 voluntários divididos em três grupos: Grupo Reikiano (GR), Grupo Sham (GS), utilizando uma luva metálica aterrada para drenagem de correntes bioelétricas, e Grupo Controle (GC). A instrumentação consistiu em um magnetômetro Fluxgate monoaxial de alta sensibilidade acoplado ao software Sistema de Aquisição de Biosinais (SABIO) em ambiente não-blindado. Os resultados revelaram que o GR apresentou uma inclinação negativa da componente magnética significativamente superior ($-0,074 \pm 0,057 \text{ nT/s}$) aos grupos GS ($-0,023 \pm 0,032 \text{ nT/s}$) e GC ($-0,032 \pm 0,031 \text{ nT/s}$) durante a intervenção do Reiki. Detectou-se um fenômeno de "rebote" positivo no GR pós-intervenção ($0,16758 \pm 0,07591 \text{ nT/s}$), indicando o retorno do sistema ao equilíbrio geomagnético. A variabilidade do sinal (ΔDP) no GR ($\approx 13,01 \text{ nT}$) superou a dos demais grupos GC e GR ($\approx 4,0 \text{ nT}$), enquanto a análise de Densidade Espectral de Potência (DEP) demonstrou um aumento de energia no GR ($+54,78 \text{ nT}^2$) em oposição à queda drástica no GS ($-1277,27 \text{ nT}^2$) provocada pela drenagem. As análises evidenciaram diferenças estatisticamente significantes entre o GR e os demais grupos em todas as métricas empregadas ($p < 0,05$). A redução da densidade de energia magnética média observada no GR ($\Delta = -9,34 \times 10^{-7} \text{ J/m}^3$) é explicada pela interferência vetorial destrutiva entre o campo biomagnético do terapeuta e o campo geomagnético local. O estudo conclui que a terapia Reiki induz efeitos físicos detectáveis e reproduzíveis, caracterizados como uma assinatura magnética de origem bioeletromagnética que atua como vetor modulador do campo magnético terrestre.

Palavras-chave: Engenharia Biomédica. Magnetometria Fluxgate. Assinatura Magnética. Biocampo. Reiki.

MAGNETIC SIGNATURE OF REIKI THERAPY

ABSTRACT

The Reiki technique is universally known as a therapy capable of producing physiological responses in patients, though the absence of a measurable biophysical mechanism of action constitutes the main barrier to its scientific acceptance. This work aimed to measure and characterize the magnetic signature produced during Reiki practice. The methodology involved a randomized experimental design with 45 volunteers divided into three groups: the Reiki Group (RG), the Sham Group (SG)—utilizing a grounded metallic glove for the drainage of bioelectric currents—and the Control Group (CG). The instrumentation consisted of a high-sensitivity monoaxial Fluxgate magnetometer coupled with the Biosignal Acquisition System (SABIO) software in an unshielded environment. Results in the intervention phase revealed that the RG showed a significantly higher negative slope of the magnetic component (-0.074 ± 0.057 nT/s) compared to the SG (-0.023 ± 0.032 nT/s) and CG (-0.032 ± 0.031 nT/s) during the Reiki intervention. A positive "rebound" phenomenon was detected in the RG post-intervention (0.16758 ± 0.07591 nT/s), indicating the system's return to geomagnetic equilibrium. Signal variability (ΔSD) in the RG (≈ 13.01 nT) exceeded that of the other groups, CG and SG (≈ 4.0 nT), while the Power Spectral Density (PSD) analysis demonstrated an energy increase in the RG ($+54.78$ nT²) in contrast to the drastic decrease in the SG (-1277.27 nT²) caused by the drainage. The analyses evidenced statistically significant differences between the RG and the other groups across all metrics employed ($p < 0.05$). The reduction in average magnetic energy density observed in the RG ($\Delta = -9.34 \times 10^{-7}$ J/m³) is explained by the destructive vector interference between the practitioner's biomagnetic field and the local geomagnetic field. The study concludes that Reiki therapy induces detectable and reproducible physical effects, characterized as a magnetic signature of bioelectromagnetic origin that acts as a modulating vector of the Earth's magnetic field.

Keywords: Biomedical Engineering. Fluxgate Magnetometry. Magnetic Signature. Biofield. Reiki.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1 BIOCAMPO.....	17
1.2 HIPÓTESE BIOELETROMAGNÉTICA.....	19
1.3 EXPERIMENTO PIONEIRO.....	20
1.4 O PROBLEMA DA CAUSALIDADE: PLACEBO, TOQUE E INTENÇÃO.....	22
1.5 JUSTIFICATIVA.....	22
2. OBJETIVOS.....	24
2.1 OBJETIVO GERAL.....	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	25
3.2 PARTICIPANTES.....	25
3.3 AMBIENTE E INSTRUMENTAÇÃO.....	26
3.3.1 Ambiente Experimental.....	26
3.3.2 Magnetômetro Fluxgate Monoaxial e Interface Arduino.....	26
3.3.3 Luva de Aço Inoxidável utilizado pelo grupo Sham.....	29
3.3.4 Bússola para posicionamento do sensor Fluxgate.....	30
3.3.5 Sistema de Aquisição de Biosinais (SABIO).....	31
3.4 PROTOCOLO EXPERIMENTAL.....	32
3.5 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE SINAL.....	37
3.5.1 Seleção e Definição da Linha de Base (300-600s).....	38
3.5.2 Campo magnético.....	39
4. RESULTADOS.....	40
4.1 VALIDAÇÃO METODOLÓGICA: ANÁLISE DA LINHA DE BASE.....	40
4.2 ANÁLISE TEMPORAL DO SINAL.....	42
4.3 INTERAÇÃO ENTRE O CAMPO GEOMAGNÉTICO TERRESTRE E O CAMPO BIOMAGNÉTICO.....	43

4.4 QUANTIFICAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO EM nT EM CADA FASE.....	44
4.4.1 Inclinação da componente $B_{Terra} + B_{bio}$	45
4.4.1.1 Cálculo da Inclinação da Componente $B_{Terra} + B_{bio}$	45
4.4.1.2 Análise Pós-Intervenção: O Fenômeno do "Rebote".....	47
4.4.2 VARIAÇÃO DA MAGNITUDE MÉDIA ABSOLUTA (ΔB).....	48
4.4.3 Componente B_{bio} : Variabilidade do ΔDP	51
4.4.3.1 Variabilidade da componente B_{bio}	51
4.5 ANÁLISE NO DOMÍNIO DE ENERGIA E FREQUÊNCIA.....	53
4.5.1 Densidade de Energia Magnética (J/m^3).....	53
4.5.2 Densidade Espectral de Potência (DEP).....	56
5. DISCUSSÃO.....	59
5.1 ESTABILIDADE DO CAMPO GEOMAGNÉTICO E VALIDAÇÃO DA LINHA DE BASE.....	59
5.2 DINÂMICA TEMPORAL E PADRÕES DE TRANSIÇÃO DE SINAL.....	60
5.3 NATUREZA VETORIAL DA INTERAÇÃO ENTRE O BIOCAMPO E O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE.....	60
5.4 TAXA DE VARIAÇÃO DO CAMPO (INCLINAÇÃO) E O FENÔMENO "REBOTE".....	61
5.5 ATERRAMENTO BIOMAGNÉTICO DO GRUPO SHAM.....	62
5.6 MODULAÇÃO DA DENSIDADE DE ENERGIA MAGNÉTICA.....	64
5.7 ASSINATURA ESPECTRAL ELETROMAGNÉTICA.....	64
5.8 POTÊNCIA AMOSTRAL.....	65
5.9 TRABALHOS FUTUROS.....	67
6. CONCLUSÃO.....	67
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
8. APÊNDICES.....	80
8.1 RESOLUÇÃO DIGITAL DO MAGNETÔMETRO FLUXGATE.....	80
8.2 SCRIPT DE AQUISIÇÃO DE DADOS MAGNÉTICOS.....	81

8.3 CALIBRAÇÃO DO MAGNETÔMETRO FLUXGATE.....	84
--	----

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Escala de Intensidade de Campos Magnéticos	20
Figura 2	Fluxograma do Magnetômetro (Alimentação Via USB)	27
Figura 3	Sensor Fluxgate FGM3-PRO	27
Figura 4	Dimensões do Sensor Fluxgate	28
Figura 5	Placa Arduino Nano	28
Figura 6	Luva Sham em Malha de Aço Inoxidável	30
Figura 7	Bússola Cartográfica para Posicionamento	31
Figura 8	Interface Principal do Software SABIO	32
Figura 9	Campo de Calibração do Magnetômetro	32
Figura 10	Posicionamento do Voluntário e do Sensor	33
Figura 11	Calculadora de Campo Magnético do NCEI/NOAA	35
Figura 12	Dados Gerados pela Calculadora de Campo Magnético	35
Figura 13	Inclinômetro para Ajuste Vertical do Sensor	36
Figura 14	Verificação da Amplitude da Linha de Base do Campo Magnética.....	37
Figura 15	Estabilidade do Campo Magnético Terrestre	40
Figura 16	Análise Qualitativa por Grupo	42
Figura 17	Decomposição das Componentes dos Campos	43
Figura 18	Comportamento do Campo Magnético nas Interfaces	44
Figura 19	Comportamento da Componente $B_{Terra} + B_{bio}$ (Coeficientes de Inclinação) por Fase	46
Figura 20	Inclinação do Campo na Fase Pós-Intervenção	47
Figura 21	Variação da Magnitude Média Absoluta (Fase Intervenção)	48
Figura 22	Variação da Magnitude Média Absoluta (Pós-Intervenção)	49
Figura 23	Modelo de Interação Vetorial 3D	50
Figura 24	Componente B_{bio} (ΔDP)	52
Figura 25	Densidade de Energia Magnética Média.....	54

Figura 26	Variação da Densidade de Energia Magnética Média ($\Delta J/m^3$) Intervenção.....	55
Figura 27	Variação da Densidade de Energia Magnética Média ($\Delta J/m^3$) Pós- Intervenção.....	56
Figura 28	Densidade Espectral de Potência (DEP) Média	57
Figura 29	Variação da Potência Espectral (ΔDEP)	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Inclinação Média na Fase de Intervenção Por Grupo.....	46
Tabela 2	Valores Descritivos da Média Absoluta do Campo (B).....	48
Tabela 3	Campo Magnético para os três grupos na Fase Intervenção.....	52
Tabela 4	Variação da Densidade de Energia Magnética (Δ).....	54
Tabela 5	Variação da Densidade de Potência Espectral (Δ).....	57
Tabela 6	Análise de Poder Estatístico e Tamanho do Efeito.....	66
Tabela 6	Resolução Digital (FGM-3 PRO + Arduino Nano).....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

B_{bio}	Campo Biomagnético.
B_{Terra}	Campo Geomagnético Terrestre.
Ca^{2+}	Cálcio.
DC	Corrente Contínua.
DEP	Densidade Espectral de Potência.
DP	Desvio Padrão.
ΔDP	Variabilidade do Desvio Padrão.
ELF	<i>Extreme Low Frequency</i> (Frequência Extremamente Baixa).
EM	Eletromagnéticos.
EMI	Interferências Eletromagnéticas.
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i> (Transformada Rápida de Fourier).
fT	Fentotesla.
GC	Grupo Controle.
GR	Grupo Reikiano.
GS	Grupo Sham.
Hz	Hertz.
J/m^3	Joule por Metro Cúbico.
K^+	Potássio.
MCG	Magnetocardiografia.
MEG	Magnetoencefalografia.
μs	Microssegundos.
μT	Microtesla.
Na^+	Sódio.
NCEI	<i>National Centers for Environmental Information</i> .
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> .
nT	Nanotesla.
nT^2/Hz	Nanotesla ao Quadrado por Hertz.
nT/s	Nanotesla Segundo.
PICS	Práticas Integrativas e Complementares em Saúde.
PSD	<i>Power Spectral Density</i> .

pT	Picotesla.
R_{nT}	Resolução em Nanoteslas.
SABIO	Sistema de Aquisição de Biosinais.
SAMA	<i>South Atlantic Magnetic Anomaly</i> (Anomalia Magnética do Atlântico Sul).
Sham	Do inglês "falso" ou "simulado", refere-se a um procedimento placebo que mimetiza todos os aspectos de uma intervenção real, mas é desprovido do componente ativo que se pretende investigar.
SQUIDs	Dispositivos Supercondutores de Interferência Quântica
TBs	Terapias de Biocampo.
TT	Toque Terapêutico.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Biocampo

As Práticas Integrativas e Complementares em Saúde (PICS) representam uma área de crescente interesse na saúde global, com modalidades como a acupuntura, meditação e terapias de biocampo sendo progressivamente integradas aos sistemas de saúde incluindo o Sistema Único de Saúde (SUS) (QUEIROZ et al., 2023; COHEN et al., 2024; SPRENGEL et al., 2025).

No Brasil, as Práticas Integrativas e Complementares em Saúde (PICS) apresentaram um crescimento expressivo no SUS, atingindo a marca de quase 4 milhões de pessoas atendidas em 2025 (AGÊNCIA BRASIL, 2025). Esse dado representa um aumento de 14% em relação ao ano anterior, consolidando a tendência de busca por cuidados integrais. Somente em 2024, foram realizados mais de 7 milhões de procedimentos relacionados a essas práticas na rede pública (BRASIL, 2025). Dentro deste universo, as Terapias de Biocampo (TBs), intervenções que inclui o Reiki, o Toque Terapêutico (TT), o Johrei e o Qigong Externo, postulam que os praticantes podem modular um campo de energia sutil, ou biocampo (FEINSTEIN; EDEN, 2008), com o objetivo de facilitar o bem-estar e a saúde (RUBIK et al., 2015, NANJUNDASWAMY et al., 2024; YAMAMOTO; NAKAYAMA; ABE, 2022). O conceito de biocampo é definido como um campo de energia e informação, endógeno e sutil, que regula os processos homeodinâmicos em organismos vivos (KAFATOS et al., 2015; RUBIK et al., 2015; KREITZER; SAPER, 2015).

O Reiki é uma terapia integrativa japonesa, trazida por Mikao Usui e definida como "Energia Vital Universal", na qual um praticante treinado canaliza essa energia pelas mãos visando equilíbrio, relaxamento e bem-estar (AMARELLO et al., 2019; FLEISHER et al., 2014). A prática envolve o posicionamento das mãos sobre o paciente por um tempo, geralmente entre 30-90 minutos, sendo a intenção (念, nen) focada no bem-estar (BALDWIN et al., 2025), cujo treinamento inclui sintonização (伝授, denju) (RUBIK et al., 2015). Os voluntários que recebem a terapia geralmente relatam sensações como calor e relaxamento, podendo variar conforme a sensibilidade individual

(VIJAYAKUMAR et al., 2023; PANDEY et al., 2025), o que é de difícil validação objetiva (BELAL et al., 2023), além de ser usado clinicamente para manejo de sintomas (AMARELLO et al., 2019). Estudos indicam que o Reiki é uma das modalidades mais procuradas, sendo utilizado por cerca de 25,6% dos usuários de PICS, motivados principalmente pela busca de alívio para sintomas de estresse, ansiedade e dores crônicas (QUEIROZ et al., 2023; AMARELLO et al., 2019).

Contudo, apesar da sua crescente popularidade (KIM et al., 2018), as revisões sistemáticas sobre sua eficácia são inconclusivas ou apresentam grandes disparidades entre si (JOYCE; HERBISON, 2015). Embora alguns estudos sugiram benefícios (THRANE & COHEN, 2014), a maioria sofre de limitações metodológicas (HAMMERSCHLAG et al., 2014; MATOS et al., 2021), resultando em evidências de baixa qualidade (JOYCE; HERBISON, 2015) fazendo com que a aceitação científica do Reiki e de outras TBs enfrente importantes barreiras. A evidência clínica de sua eficácia avaliada através de ensaios clínicos randomizados para desfechos como dor e ansiedade, permanece inconclusiva (JOYCE & HERBISON, 2015; LEE, PITTLER & ERNST, 2008), apesar de resultados promissores em condições específicas como sintomas pós-menopausa e ansiedade em pacientes cardiovasculares (BARANSEL; UÇAR, 2024; CARNEIRO et al., 2017). Revisões sistemáticas, incluindo as da Colaboração Cochrane e o processo Touchstone, frequentemente apontam para estudos com baixo poder estatístico, controles inadequados e alto risco de viés (BALDWIN et al., 2010; O'MATHÚNA, 2016; THRANE & COHEN, 2014).

O principal gargalo que impede o avanço deste campo de pesquisa não é apenas a heterogeneidade dos desfechos clínicos, mas a ausência de um mecanismo de ação biofísico, plausível e mensurável (HAMMERSCHLAG et al., 2012) e essa ausência faz com que a comunidade científica questione se existe um fenômeno físico detectável (SÁ; PIGNATARO NETO, 2025) e quais são suas propriedades físicas e instrumentação capaz de detectá-lo.

1.2 Hipótese Bioeletromagnética

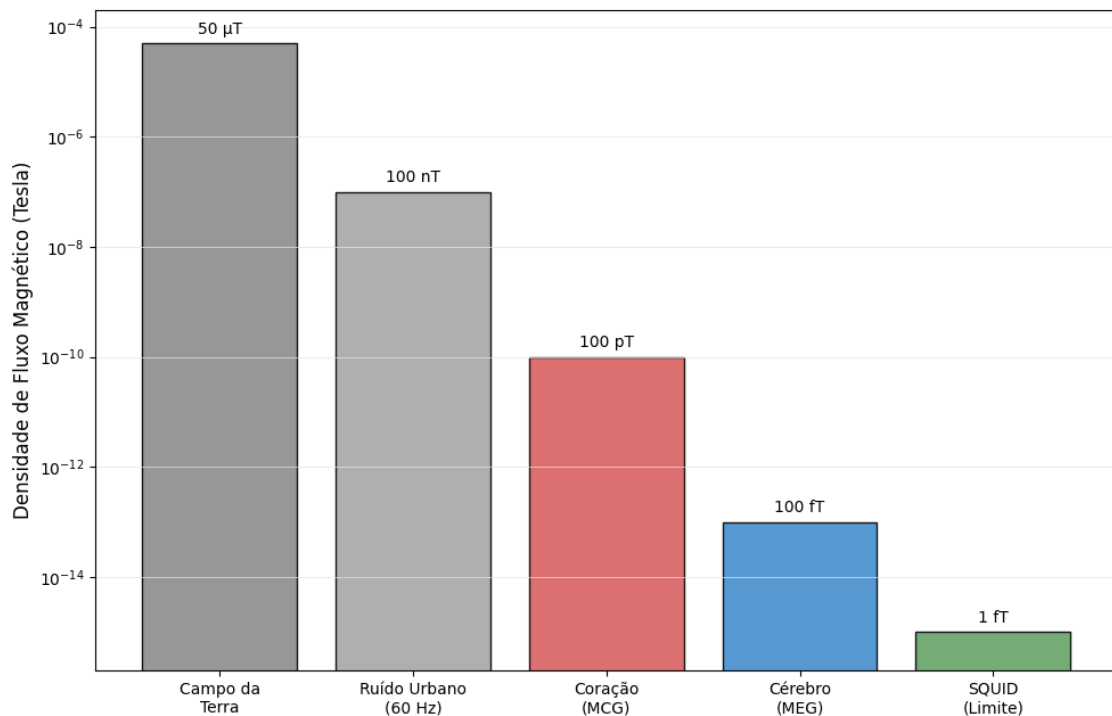
A hipótese mais viável para o mecanismo das TBs é a existência de um biocampo (KAFATOS et al., 2015), que é a manifestação de campos eletromagnéticos (EM) complexos e sutis gerados pelo organismo. A existência de biocampos endógenos é um fato estabelecido pela engenharia biomédica (ROTH, 2023), fundamentado nos princípios quânticos que regem as interações eletromagnéticas celulares (DIEGUEZ et al., 2018) cujas leis fundamentais foram postuladas por Maxwell, que definiu que qualquer corrente elétrica gera um campo magnético (FERREIRA, 2025). A membrana plasmática atua como o principal sensor de campos elétricos e magnéticos, regulando o fluxo de íons que sustenta a homeostase (ESCOBAR, 2020) e desequilíbrios nesses processos iônicos estão na base de patologias complexas, como epilepsias (PORTO et al., 2007), sendo que a exposição a campos de frequências industriais (50/60 Hz) pode influenciar a homeostase e o metabolismo celular (ANSELMO et al., 2005).

O corpo humano sendo um sistema bioelétrico, por ele fluem correntes elétricas produzidas pelo movimento de íons, como Na^+ , K^+ e Ca^{2+} , os quais geram potenciais de ação através dos canais da membrana (SCHMIDT & SCHMIDT, 2016; RANGEL-GALVÁN et al., 2022), essenciais para processos como a regulação de cálcio muscular (MANZANARES; GANDRA, 2020) e podem ser afetados por campos extremamente baixos *Extreme Low Frequency* (ELF), influenciando o ciclo de sono e a produção de melatonina (DYCHE et al., 2009). Esta atividade elétrica produz campos biomagnéticos, no entanto, esses campos são extremamente fracos podendo ser mensurados pelas técnicas de Magnetoencefalografia (MEG) que mede o campo magnético do cérebro, (10 a 1000 fT) e a Magnetocardiografia (MCG), que mede o campo magnético do coração (10 a 100 pT), este último apresentando campo cerca de 1000 vezes superior ao do cérebro. Estes dispositivos são projetados para detectar esses sinais que estão na faixa de fT a pT , da ordem de um bilhão de vezes mais fraco que o campo magnético da Terra. (SINGH, 2014; HEGAZY & GAVVALA, 2021; ELFOUY & ALOUANI, 2024). A capacidade de medir rotineiramente esses sinais

tão sutis só é possível graças a sensores de extrema sensibilidade como os SQUIDs (Dispositivos Supercondutores de Interferência Quântica), estabelecendo que a instrumentação moderna pode, em princípio, detectar os fenômenos biofísicos que terapias como o Reiki postulam (KLEINER et al., 2004).

A Figura 1 ilustra graficamente essa disparidade de ordens de grandeza, apresentando uma comparação entre as densidades de fluxo magnético em escala logarítmica reforçando a importância da sensibilidade dos sensores SQUID, cujo limite de detecção é o que permite a tradução de fenômenos biofísicos sutis em dados científicos mensuráveis.

Figura 1. Escala de Intensidade de Campos Magnéticos.



Fonte: Autoral (2026)

1.3 Experimento Pioneiro

O precedente direto para a investigação de campos emitidos pelas mãos vem de estudos de Qigong, uma prática análoga ao Reiki, realizado em 1992 por Seto et al., que publicaram um estudo pioneiro evidenciando a detecção de um

campo biomagnético "extraordinariamente grande", na ordem de 10^{-3} Gauss, ou 100 nT , emanando das mãos de praticantes (SETO et al., 1992). Embora a magnitude deste sinal seja debatida, o estudo de Seto estabeleceu um precedente para a detecção de um sinal magnético emanado pelas mãos. No entanto, a investigação de tais campos sutis, especialmente em um ambiente não-blindado, enfrenta um desafio considerável de engenharia que é a relação sinal/ruído.

O sinal biológico de interesse está imerso em um ruído ambiental cuja amplitude é várias ordens de grandeza superior a ele, pois se trata do campo geomagnético da Terra com amplitude de dezenas de milhares de nanoteslas e não é estático. Além disso, exibe flutuações de frequência extremamente baixas, ELF, impulsionadas pela interação da ionosfera com o vento solar (BERGIN et al., 2022; OLIVEIRA et al., 2024; CHAFÍK et al., 2024). Estas flutuações ambientais ocorrem na faixa de frequência entre $3 \text{ Hz} - 30 \text{ Hz}$, gerando campos eletromagnéticos com significativa intensidade, (JOÃO, 2023), que eventualmente podem se superpor aos sinais biomagnéticos (ZENCHENKO et al., 2025) que é foco de interesse deste trabalho. O controle do ruído magnético ambiental é crucial, uma vez que campos em unidades hospitalares podem apresentar flutuações que mascaram sinais biológicos sutis (CARVAJAL DE LA OSA et al., 2020) e o uso de magnetômetros digitais para o estudo de fenômenos geomagnéticos e climáticos tem sido uma área de desenvolvimento constante na instrumentação científica brasileira (SILVA JÚNIOR et al., 2016; ROBINSON, 2018).

O presente estudo foi realizado no Brasil, região que se encontra sob a Anomalia Magnética do Atlântico Sul (SAMA), sendo que este fato adiciona complexidade ao experimento, exigindo instrumentação e metodologias de análise adaptadas (FLEISCHMAN & BENYOSEF, 2014).

Portanto, qualquer delineamento experimental que vise detectar uma assinatura magnética deve ser capaz de diferenciar um sinal biológico real das flutuações do ruído de fundo geomagnético. (GAMAYUNOV, K. V.; ENGEBRETSON, M. J., 2022)

1.4 O Problema da Causalidade: Placebo, Toque e Intenção

O segundo desafio metodológico, e talvez o mais crítico, é o da causalidade (HAMMERSCHLAG et al., 2012), pois a terapia Reiki é complexa, envolvendo interação social, toque físico (BONANNO et al., 2024), e uma intenção específica do praticante (BALDWIN et al., 2025). Consequentemente, qualquer sinal detectado pode ser um artefato de qualquer um desses componentes. O toque por si só desencadeia respostas neurofisiológicas complexas e a intenção e a expectativa do praticante e do paciente (efeito placebo) são fatores de confusão extremamente relevantes. Desta forma a pesquisa de biocampo tem sido prejudicada por metodologias que não conseguem isolar o componente biofísico postulado, desses fatores psicossociais (GRONOWICZ et al., 2015).

A literatura de TBs tem progredido no uso de controles sham para gerenciar o efeito placebo (ASSEFI et al., 2008; DÍAZ-RODRÍGUEZ et al., 2011; KUNDU et al., 2014), com revisões integrativas buscando consolidar evidências em modalidades análogas como o *Reconnective Healing* e a Terapia de Purificação Okada (BALDWIN; TRENT, 2017; SUZUKI et al., 2020). No entanto, para provar uma origem bioelétrica, um controle que bloqueie o mecanismo físico postulado, enquanto mantém os fatores psicológicos (intenção) e físicos (toque) constantes, é necessário (OLIVEIRA, 2013).

1.5 Justificativa

Mesmo sem conhecer o mecanismo de ação da técnica Reiki, esta é mundialmente difundida, apresentando resultados excepcionalmente positivos para o equilíbrio físico e psíquico dos pacientes. Conhecer tal mecanismo traria validação biofísica permitindo sua aceitação plena pela medicina baseada em evidências, o que beneficiaria milhões de pessoas que fazem seu uso. A hipótese mais viável para sustentar a existência de um fenômeno físico diretamente relacionado com a terapia Reiki é a existência de um biocampo

emanado pelas mãos do terapeuta entrelaçado com o campo magnético da terra, sendo capaz de agir sobre o paciente.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Medir e caracterizar o efeito magnético produzido pela prática Reiki.

2.2 Objetivos Específicos

- **Desenvolvimento e Validação de Instrumentação:** Desenvolver um magnetômetro Fluxgate monoaxial e o software SABIO para aquisição e processamento de biosinais com resolução na ordem de nanoteslas em ambiente não-blindado.
- **Quantificação Temporal da Assinatura:** Caracterizar a dinâmica temporal do biocampo através da mensuração da taxa de variação do campo (inclinação).
- **Caracterização Energética e Espectral:** Analisar a assinatura magnética em termos de variabilidade do sinal (ΔDP), densidade de energia magnética (J/m^3) e distribuição de potência espectral (nT^2/Hz) na faixa de frequências extremamente baixas (ELF).
- **Interação Magnética de Campos:** Verificar a interação entre o campo biomagnético do terapeuta (B_{bio}) e o campo geomagnético terrestre (B_{Terra}) através de uma análise vetorial.
- **Isolamento da Componente Bioelétrica:** Validar a origem bioeletromagnética do sinal por meio da adoção de um grupo *Sham* (luva metálica aterrada).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O rigor na investigação de fenômenos biofísicos sutis depende da precisão da instrumentação e da capacidade do delineamento experimental em isolar o sinal de interesse dos fatores de confusão. Este capítulo detalha a arquitetura metodológica empregada para testar a hipótese da assinatura magnética, com ênfase na calibração do sistema.

3.1 Delineamento Experimental

Como a terapia Reiki exige a interação entre o Terapeuta e seu Paciente, os voluntários foram randomizados em três grupos experimentais ($n=15$ cada), os quais foram classificados conforme a seguir:

- Grupo Reikianos GR: Composto por 15 praticantes de Reiki certificados (Nível II ou superior), com experiência de prática ativa que executou a intervenção de Reiki conforme seu treinamento.
- Grupo Sham (GS): Composto por 15 terapeutas certificados, utilizando uma luva metálica aterrada para blindar a suposta transferência de energia.
- Grupo Controle (GC): Composto por 15 participantes leigos sem treinamento ou conhecimento prévio da terapia Reiki.
- Voluntários: Composto por 45 participantes que receberam a terapia por Reikianos e Não Reikianos.

3.2 Participantes

O recrutamento ocorreu em São José dos Campos, SP, com os seguintes critérios de elegibilidade:

- Para os Terapeutas Reikianos GR e (GS): Idade ≥ 18 anos com Certificação Reiki Nível II ou III com experiência de prática ativa.

- Para o Grupo Controle (GC): Idade ≥ 18 anos e ausência total de experiência com Reiki.
- Para os Voluntários: Idade ≥ 18 anos, pouca ou nenhuma experiência prévia como paciente de Reiki.
- Os participantes não deveriam ser portadores de implantes mecânicos ou eletrônicos, não fazer uso de medicamentos psico/autonômicos e respeitar a abstinência de álcool (12h) e cafeína (4h).

O estudo seguiu a Declaração de Helsinque, aprovado pelo CEP da Anhembi Morumbi (parecer nº 85407024.0.0000.5492 em 27/06/2025). Todos assinaram TCLE e os dados foram anonimizados de forma numérica.

3.3 Ambiente e Instrumentação

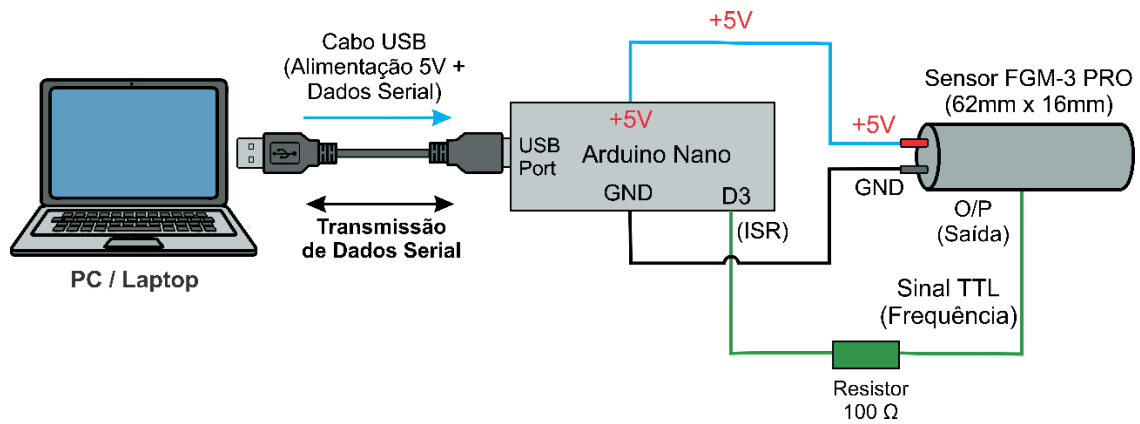
3.3.1 Ambiente Experimental

Os experimentos foram realizados todos no mesmo georreferenciamento ($23^{\circ}10'30''S$; $45^{\circ}52'54''W$), em ambiente projetado para minimizar interferências eletromagnéticas (EMI) com aterramento exclusivo para as luvas do Grupo Sham. Os voluntários foram posicionados em decúbito dorsal em maca não metálica com orientação fixa em relação ao campo magnético terrestre, com temperatura de $23^{\circ}C$ e umidade relativa do ar de 60%. O campo geomagnético estático e suas flutuações de frequência extremamente baixa (ELF) não sofre interferência eletromagnética no local do experimento, servindo como linha de base para as medições (Oliveira et al., 2024).

3.3.2 Magnetômetro *Fluxgate* Monoaxial e Interface Arduino

A arquitetura da instrumentação desenvolvida compreende a integração entre o elemento sensor, o microcontrolador e o sistema de processamento, conforme ilustrado no fluxograma da Figura 2.

Figura 2. Fluxograma do Magnetômetro
(Alimentação Via USB).



Fonte: Autoral (2026)

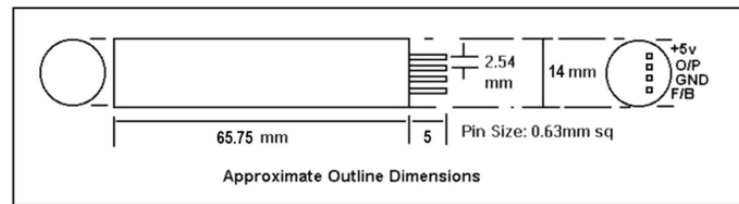
A detecção das variações do campo magnético foi conduzida por meio de um magnetômetro Fluxgate monoaxial de núcleo saturado, modelo FGM-3 PRO da Speake & Co Ltd. (Figura 3), que opera na faixa de $\pm 50 \mu T$ com uma largura de banda de resposta de DC a 20 kHz. O dispositivo apresenta dimensões reduzidas e pinagem específica para integração em circuitos digitais, conforme detalhado na Figura 4.

Figura 3. Sensor *Fluxgate* FGM3-PRO.



Fonte: (SPEAKE & CO.)

Figura 4. Dimensões do Sensor *Fluxgate*.



Fonte: (SPEAKE & CO.)

O dispositivo foi alimentado por uma tensão regulada de +5V DC, apresentando um consumo típico de 12 mA e uma não-linearidade de aproximadamente 5,5% em sua escala total, conectado à porta digital D3 do microcontrolador Arduino Nano (Figura 5), seguindo a pinagem sugerida pelo esquema da Figura 4 e utilizando um resistor limitador de 100 Ω para proteção da porta de entrada. O sinal elétrico gerado, composto por pulsos retangulares de 5V, foi integrado ao sistema SABIO via USB, apresentando um período típico que varia de 8,5 μs a 25 μs , correspondendo a uma frequência aproximada de 117 kHz a 40 kHz. A Figura 2 a seguir resume em fluxograma a montagem do magnetômetro.

Figura 5. Arduino Nano.



Fonte: Autoral (2026)

Como a duração do período de saída é diretamente proporcional à densidade de fluxo magnético detectada, para a digitalização dos dados, implementou-se uma rotina de interrupção externa (ISR) no Arduino Nano para a contagem de pulsos em um intervalo de amostragem (*gate time*) fixo de 1.000 ms, resultando em uma resolução de frequência de 1Hz. Com base na

sensibilidade nominal de $0,118 \mu\text{s}/\mu\text{T}$, esta configuração conferiu ao sistema uma resolução digital efetiva (sensibilidade real) situada entre $0,59 \text{ nT}$ e $3,39 \text{ nT}$, variando conforme a frequência operacional do sensor. (SPEAKE & CO.; 2025)

A escolha deste sensor baseou-se em dois critérios fundamentais, a faixa dinâmica de operação e a resolução mínima detectável. Considerando que o experimento foi conduzido em ambiente não-blindado, o magnetômetro deveria ser capaz de operar sob o campo geomagnético terrestre local de aproximadamente 23.000 nT sem atingir a saturação, critério atendido pela faixa de trabalho de $\pm 50 \mu\text{T}$ do dispositivo. O racional para a sensibilidade exigida pautou-se em evidências da literatura que apontam sinais biomagnéticos emanados pelas mãos na ordem de 100 nT apresentado por Seto et al. Como a configuração digital implementada conferiu ao sistema uma resolução efetiva situada entre $0,59 \text{ nT}$ e $3,39 \text{ nT}$, a instrumentação mostrou-se tecnicamente adequada, permitindo a detecção confiável mesmo sob flutuações do campo terrestre.

3.3.3 Luva de Aço Inoxidável utilizado pelo grupo Sham

Para o grupo sham (GS) foi utilizada uma luva de malha metálica condutora confeccionada em aço inoxidável AISI 316 (Figura 6), conectada eletricamente a uma haste de aterramento, com o objetivo de drenar as correntes bioelétricas geradas pelas mãos do terapeuta para o condutor de aterramento, reduzindo assim a contribuição dessas correntes para a geração de campos magnéticos externos detectáveis pelo magnetômetro.

Figura 6. Luva Sham.



Fonte: Autoral (2026)

Diferentemente de uma gaiola de Faraday clássica, a luva não atua por reflexão eletromagnética nem como filtro espectral em altas frequências, mas sim como um elemento resistivo de supressão de componentes de baixíssima frequência (DC–ELF), faixa espectral de interesse deste estudo. Esse mecanismo de blindagem magnética é compatível com a natureza bioelétrica dos campos gerados por tecidos biológicos, conforme descrito por Irmak (2010).

Para assegurar a eficiência da drenagem das correntes bioelétricas e mitigar o risco de o conjunto atuar como antena para interferências eletromagnéticas (EMI), o circuito luva-cabo-haste foi configurado para manter uma baixa impedância de aterramento. Embora a resistência ôhmica específica do circuito não tenha sido monitorada em tempo real em cada sessão, os resultados experimentais validaram a eficácia do sistema. Adicionalmente, a aplicação do filtro digital passa-baixas ($< 0,4 \text{ Hz}$) no processamento do sinal garantiu que eventuais interferências de alta frequência captadas pela malha metálica fossem eliminadas, preservando a integridade da análise na faixa de interesse (DC-ELF)

3.3.4 Bússola para posicionamento do sensor *Fluxgate*:

Para a correta orientação do aparato experimental, uma bússola cartográfica (Figura 7), foi empregada para posicionar o sensor *Fluxgate* e o

voluntário sobre a maca ao longo do eixo Norte-Sul. O procedimento envolveu o alinhamento com o vetor do campo magnético terrestre, sendo o limbo giratório da bússola ajustado para os graus da declinação magnética local, gerados pelo NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Este ajuste é crucial para compensar a diferença entre o Norte magnético (indicado pela agulha) e o Norte geográfico, garantindo assim que a orientação do experimento esteja alinhada com o meridiano geográfico.

Figura 7. Bússola.



Fonte: Autoral (2026)

3.3.5 Sistema de Aquisição de Biosinais (SABIO)

O software de Aquisição de Biosinais-SABIO foi desenvolvido para a aquisição dos dados magnéticos dos sinais do *Fluxgate* via (Arduino/Serial), gerenciamento da calibração e o monitoramento em tempo real, para posteriormente salvar os dados obtidos (*nT* e timestamps) no PC.

Implementado em arquitetura modular *Python*, o SABIO foi organizado em abas:

- Aba (Magnetômetro, Figura 9): Configura a porta COM, conecta ao *Fluxgate* e realiza a calibração com valores de referência do NOAA.
- Aba (Monitoramento, Figura 8): Interface para aquisição de metadados como:
 - ID do Participante: identificador para a sessão ou sujeito (exemplo: "Reikianos 01").
 - Tempo de Coleta (min): duração total do protocolo experimental.

- Notas do Experimento: campo de texto para registrar condições ambientais (temperatura, umidade) ou outras observações pertinentes.

Figura 8. Interface principal do Software SABIO.

Fonte: Autoral (2026)

Figura 9. Campo de calibração do Magnetômetro.

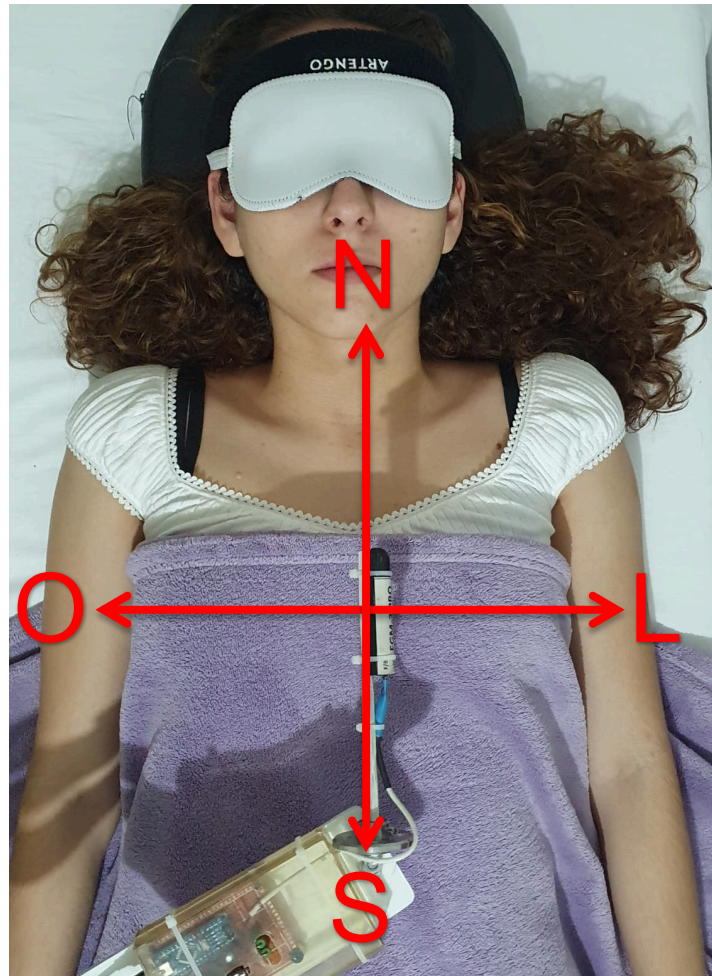
Fonte: Autoral (2026)

3.4 Protocolo Experimental

Todos os 45 participantes seguiram um mesmo protocolo, com duração total de 35 minutos, gerenciado pelo software SABIO.

Previamente a aplicação do protocolo experimental, os terapeutas eram informados em qual dos grupos (GR, GC e GS) atuariam, sem que os voluntários tivessem conhecimento de sua qualificação. Em seguida, o terapeuta e voluntários eram instrumentados e este último tinha os olhos vendados, de forma a controlar reflexos que pudessem produzir artefatos ao longo do experimento.

Figura 10. Posicionamento do voluntário e do sensor.



Fonte: Autoral (2026)

Nessa etapa o sensor *Fluxgate* foi ajustado e posicionado a 5 cm acima do apêndice xifóide do voluntário (Figura 14), com este posicionado em decúbito dorsal sobre a maca conforme Figura 10. No caso do grupo sham, para não sugerir o voluntário, o terapeuta vestia a luva somente após este estar com os olhos vendados. Para assegurar a integridade do experimento e a aderência estrita às diretrizes BiFi REGs exigidas por Hammerschlag, Sprengel e Baldwin (2024), todas as sessões foram supervisionadas presencialmente por um pesquisador treinado. O monitoramento visual contínuo garantiu a manutenção da postura *hands-off* a uma distância constante de ≈ 5 cm entre as mãos do terapeuta, o sensor *Fluxgate* e o apêndice xifoide do voluntário. Este controle foi essencial para mitigar artefatos de movimento ou variações na altura das mãos

que pudessem comprometer a estabilidade térmica e eletrônica do sistema. Assim, assegurou-se que as flutuações magnéticas detectadas derivassem exclusivamente da intervenção biofísica em análise.

Um aspecto importante do delineamento experimental foi o posicionamento ortogonal do sensor em relação ao voluntário. Enquanto o participante foi alinhado ao eixo Norte-Sul magnético, o eixo de sensibilidade do magnetômetro *Fluxgate* foi orientado na direção Leste-Oeste. Pela lei da projeção vetorial, onde a intensidade detectada é proporcional ao cosseno do ângulo entre o campo e o sensor, a orientação a 90° ($\cos \theta = 0$) tornou o sistema virtualmente insensível aos campos biomagnéticos endógenos do paciente. Tal rigor metodológico garantiu que as flutuações e a assinatura magnética registradas fossem atribuídas exclusivamente à intervenção do terapeuta (B_{Bio}) e sua interação com o campo geomagnético local (B_{Terra}), mitigando falsos positivos derivados da fisiologia do voluntário.

Para cada sessão experimental, como procedimento padrão de configuração do SABIO, o pesquisador acessava a calculadora de campo magnético do *National Centers for Environmental Information* (NCEI), hospedada no site da NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). O propósito era determinar com precisão o valor do **campo geomagnético local**, inserindo na ferramenta, as coordenadas (latitude e longitude), a altitude e a data da medição, conforme Figuras 11 e 12.

Figura 11. Calculadora do Campo Magnético do NCEI/NOAA.

Calcular o campo magnético

Latitude:23.175016025559☒S☐N

Longitude:45.881924037518☒C☐E

Elevação:☐GPS☒Nível médio do mar567Metros

Modelo:☐WMM (2024-2029)☐IGRF (1590-2029)☐EMM (2000-2019)☒WMMHR (2024-2029)

Data de início:Ano2025Mês10Dia4

Data de término:Ano2025Mês10Dia4

Tamanho do passo:1.0

Formato do resultado:☒HTML☐XML☐CSV☐JSON

Calcular

Fonte: National Centers for Environmental Information (NCEI 2025)

Figura 12. Dados Gerados pela Calculadora de campo magnético.

Modelo utilizado: WMMHR-2025							
Latitude: 23,175016025559568° S							
Longitude: 45,88192403751875° O							
Elevação: 567,0 m Nível médio do mar							
Data	Declinação (+ L - O)	Inclinação (+ D - U)	Intensidade horizontal	Comp. Norte (+ N - S)	Comp. Leste (+ L - O)	Compensação vertical (+ D - U)	Campo Total
2025-10-04	-22,2915°	-40,7804°	17.336,9 nT	16.041,3 nT	-6.576,2 nT	-14.954,5 nT	22.895,6 nT
Varição/ano	-0,0510°/ano	-0,3389°/ano	-99,0 nT/ano	-97,5 nT/ano	23,3 nT/ano	-93,5 nT/ano	-13,9 nT/ano
Incerteza	0,39°	0,19°	130 nT	135 nT	85 nT	134 nT	134 nT

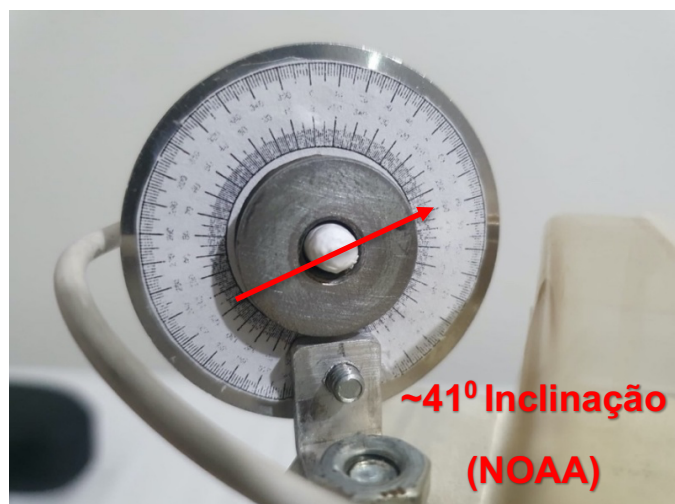
Fonte: National Centers for Environmental Information (NCEI 2025)

Obtidos os dados de Campo Total, Declinação e Inclinação, conforme (Figura 12), estes foram inseridos em espaço específico na aba magnetômetro do SABIO para que fosse feita a calibração do sensor *Fluxgate*. Os dados de Declinação e Inclinação gerados pelo NOAA foram usados para posicionar o

sensor na componente de campo Norte/Sul. Após o alinhamento horizontal (declinação) com a bússola, o eixo do sensor foi ajustado para o ângulo de inclinação magnética local. Este posicionamento vertical foi realizado com auxílio de um inclinômetro (Figura 13), que permitia o alinhamento do sensor em graus. Posicionado o sensor, o usuário adicionava na interface, o tempo de calibração (10 segundos), clicava em calibrar e aguardava o SABIO indicar o fator K .

Finalizada a calibração, o sensor era reposicionado na direção do vetor de campo Leste/Oeste (Figura 10), cuja magnitude é da ordem de 4 vezes inferior ao Norte/Sul. Esse reposicionamento foi realizado, pois, essa magnitude de campo permite que a influência do campo exercido pela mão do terapeuta possa produzir efeitos mais significativos sobre o campo terrestre nesse eixo. Com objetivo de aumentar a sensibilidade do Fluxgate, este foi mantido a uma distância de ~5 cm das mãos do terapeuta. O processo detalhado de calibração pode ser visto no Apêndice 7.3.

Figura 13. Inclinômetro para Ajuste Vertical do Sensor.

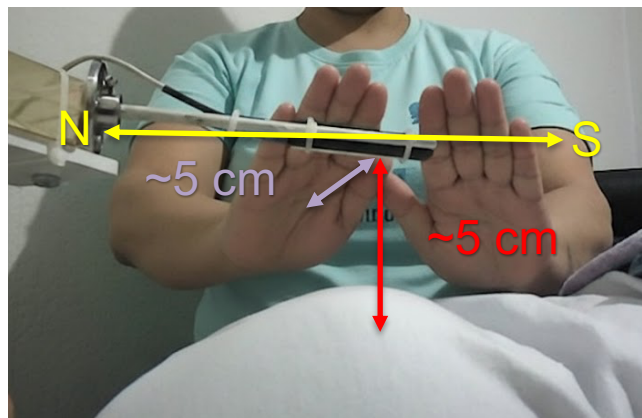


Fonte: Autoral (2026)

Com o sensor posicionado, calibrado, e todos os dispositivos conectados, o áudio com música de relaxamento era ligado, e iniciada a coleta de dados com duração de 35 minutos. O terapeuta era previamente informado sobre o início de cada etapa, conforme protocolo a seguir:

1. **Aclimação com duração de 15 min:** terapeuta e voluntário permanecem em repouso absoluto. Neste momento, para verificar a amplitude da linha de base do campo magnético, o terapeuta posiciona as mãos sobre o sensor magnético.
2. **Fase Reiki com duração de 15 min:** Aplicação da técnica Reiki (GR, GS e GC);
3. **Fase pós-Reiki com duração de 5 min:** Período de repouso após aplicação do Reiki.

Figura 14. Verificação da amplitude da linha de base do campo magnético.



Nota: Mantém-se uma distância de ~5 cm entre o sensor e seus dois pontos de referência: o apêndice xifoide do voluntário e as mãos do terapeuta.

Fonte: Autoral (2026)

3.5 Processamento e Análise de Sinal

O sinal do campo magnético captado pelo sensor foi processado pelo SABIO e convertido em sinal elétrico, conforme (Apêndice 7.3). A análise foi conduzida em Python (v3.13), utilizando bibliotecas validadas (Pandas, NumPy, SciPy, Statsmodels, Scikit-learn, Nolds, Scikit-posthocs). Esse processo baseado em scripts garante transparência e reprodutibilidade. Os dados brutos contêm tanto informações do campo geomagnético, quanto aquelas geradas pelos sinais biológicos dos indivíduos, além das interferências elétricas do ambiente.

Para isolar o sinal de interesse, foi aplicado um filtro digital, passa-baixas Butterworth de 4ª ordem, utilizando a biblioteca SciPy. A justificativa da escolha deste filtro é pela resposta de magnitude o mais plana possível na banda de passagem (*maximally flat*), o que minimiza distorções na amplitude do sinal biomagnético de interesse.

O racional para a definição da frequência de corte (f_c) em 0,4 Hz baseou-se na taxa de amostragem do sistema de 1 Hz (período de porta de 1.000 ms). Dado que a frequência de Nyquist para este sistema é de 0,5 Hz, a aplicação de $f_c = 0,4$ Hz foi necessária para atenuar ruídos de alta frequência e evitar potenciais artefatos de *aliasing* próximos ao limite de amostragem, preservando as dinâmicas de transição lenta da terapia Reiki.

A verificação da atenuação e a eficácia do filtro foram avaliadas de forma prática através da análise comparativa entre o sinal bruto e o sinal filtrado em ambiente de teste controlado. Observou-se que a configuração de 4ª ordem proporcionou um decaimento (*roll-off*) de -24 dB/oitava, garantindo a supressão de *jitters* eletrônicos e flutuações rápidas superiores a 0,5 Hz sem comprometer a integridade do cálculo da inclinação (m) e das tendências temporais fundamentais para a caracterização do fenômeno.

3.5.1 Seleção e Definição da Linha de Base (300-600s)

Para a análise de dados, estes foram segmentados em três fases temporais de interesse, conforme definição:

Fase 'Pré' - Linha de Base: O intervalo de 300s a 600s, foi selecionado por representar o trecho de medição mais estável e livre de artefatos. A delimitação desse intervalo justifica-se pela aplicação de critérios de exclusão, em que o período inicial (0s a 299s) foi descartado para garantir a plena estabilização térmica e eletrônica do sensor Fluxgate, mitigando derivas residuais (*drifts*) que poderiam ocorrer antes do equilíbrio térmico do equipamento, ainda que em ambiente climatizado a 23°C. Já o segmento final da fase prévia (601s a 899s) foi excluído para evitar a inclusão de artefatos de movimento e variações magnéticas

causadas pela transição postural do terapeuta, que se levanta ao final da aclimação para o posicionamento das mãos.

Fase 'Intervenção' - Reiki: Intervalo de 900s a 1800s, que corresponde ao período completo de aplicação da terapia Reiki.

Fase 'Pós' - Recuperação: Intervalo de 1800s a 2100s, que corresponde ao período de repouso após a terapia Reiki.

3.5.2 Campo magnético

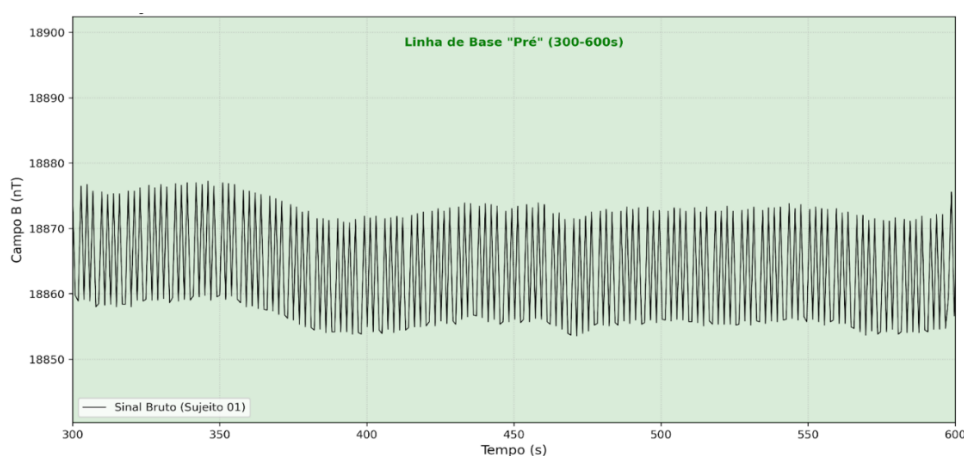
1. **O campo magnético terrestre:** Apresenta um comportamento relativamente estável com intensidade de campo fluando em baixa frequência, principalmente se considerarmos o curto período em que o protocolo Reiki é aplicado.
2. **Dinâmica do campo magnético induzido pelo Reikiano:** Refere-se às oscilações biomagnéticas de campo cuja intensidade varia com frequência superior ao campo geomagnético terrestre.
3. **Interação do campo do Reikiano com o campo magnético terrestre:** O efeito induzido pelo terapeuta sobre o voluntário produz um campo que é dependente das frequências de flutuação de ambos os campos, biomagnético e geomagnético terrestre.
4. **Decomposição do Sinal:** O sinal magnético medido exibe comportamentos complexos que ocorrem simultaneamente nos campos biomagnético e geomagnético. Para analisar a intervenção do Reiki é essencial decompor o sinal em suas duas características fundamentais, componentes de baixa e alta frequência.

4. RESULTADOS

4.1 Validação Metodológica: Análise da Linha de Base

O trabalho em questão foi desenvolvido tendo como base campos magnéticos que atuam sobre corpos biológicos, sendo que os resultados dependem fundamentalmente da estabilidade do campo magnético terrestre, conforme mostrado na Figura 15.

Figura 15. Estabilidade do campo magnético terrestre.



Fonte: Autoral (2026)

O processamento e a análise estatística da estabilidade do sinal magnético foram realizados em ambiente Python (v3.13), utilizando as bibliotecas Pandas, SciPy (para estatística) e Scikit-posthocs (para comparações múltiplas).

A distribuição dos dados, via testes de Shapiro-Wilk, confirmou que as métricas extraídas (Inclinação e *DP*) não seguiam uma distribuição normal (Gaussiana), consequentemente, foi empregada estatística não-paramétrica.

A análise dos dados foi estruturada para validar a homogeneidade de cada um dos grupos experimentais (GR, GC, GS) na fase Pré, durante e Pós intervenção.

As comparações entre os três grupos (GR, GC, GS) foram realizadas com o teste H de Kruskal-Wallis e para os casos em que o teste H indicou uma diferença global significativa ($p < 0.05$), um teste post-hoc de Dunn com correção

de Bonferroni foi aplicado para identificar quais pares de grupos diferem entre si, estabelecendo o nível de significância com $\alpha = 0.05$

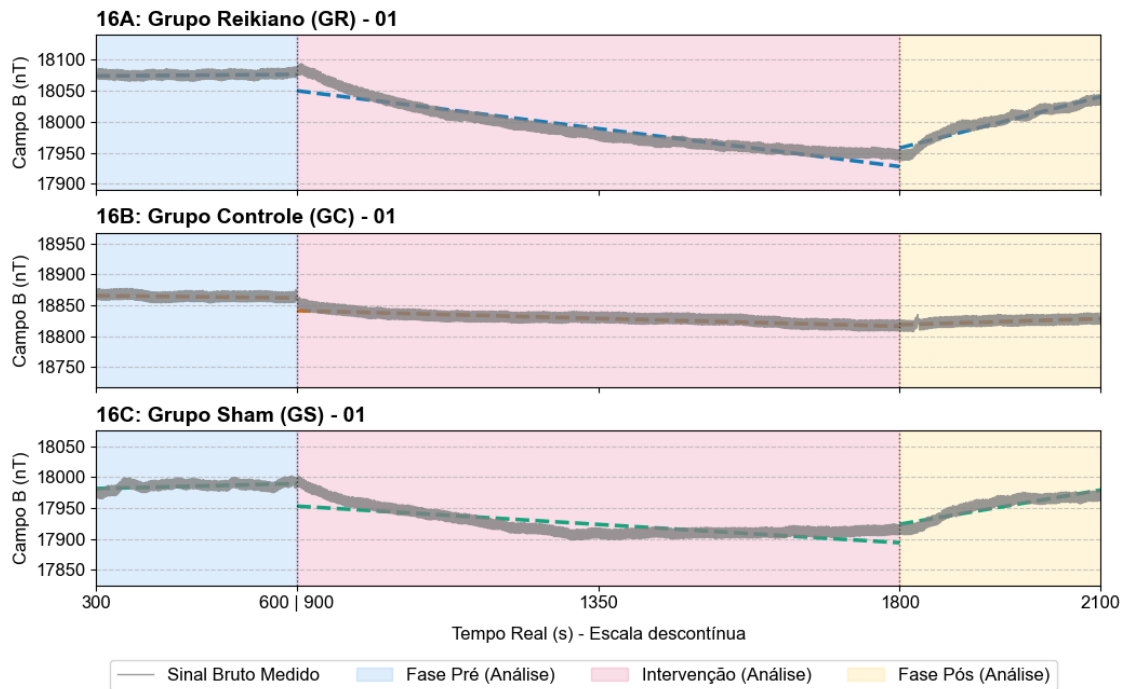
A análise estatística da fase pré Reiki revelou dois comportamentos distintos. O primeiro foi em relação a estabilidade da componente do campo geomagnético terrestre, no qual o teste de Kruskal-Wallis não revelou diferença estatisticamente significativa entre os grupos GR, GC e GS ($H = 2,526$; $p = 0,282$), indicando que no início do protocolo o sinal magnético desta componente era homogêneo para todos os participantes, o que permite atribuir à técnica Reiki as diferenças de campo observadas nas fases seguintes.

Sobre a variabilidade da componente do campo biomagnético, o mesmo teste de Kruskal-Wallis detectou uma diferença estatisticamente significativa ($H = 8,121$; $p = 0,017$) entre os três grupos, e a análise *post-hoc* de Dunn com correção de Bonferroni indicou que essa diferença se localizava especificamente entre o Grupo Controle (GC) e o Grupo Sham (GS) ($p = 0.023$). Este achado é importante pois, para assegurar que esta diferença de variabilidade do sinal não influenciasse a análise das fases subsequentes, foi empregado apenas o desvio padrão (ΔDP), tendo como foco a variabilidade de cada participante em relação à sua própria linha de base, permitindo uma comparação normalizada dos resultados.

Com a homogeneidade da componente do campo geomagnético validada e a estratégia de análise da componente do campo biomagnético definida, a análise prosseguiu para as fases de intervenção.

4.2 Análise Temporal do Sinal

Previamente à estatística, foi realizada uma análise do sinal ao longo do experimento (0-2100s) buscando identificar padrões do sinal magnético ao longo das três fases do protocolo, conforme apresentado na figura 16.

Figura 16. Análise Qualitativa por Grupo.

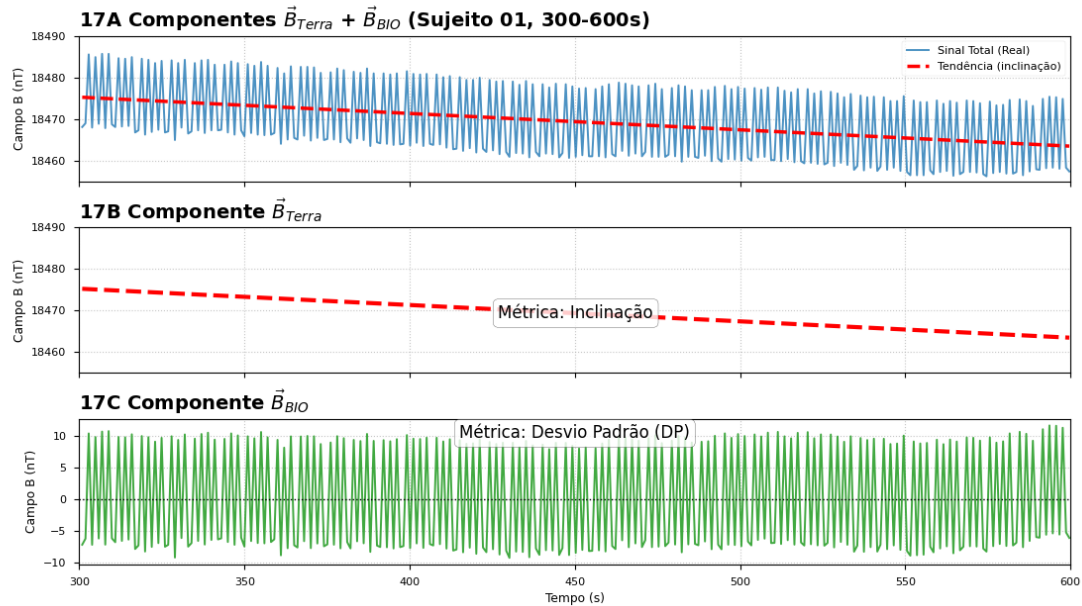
Nota: Exemplo de uma série temporal típica (Campo vs. Tempo) de um dos participantes dos três grupos conforme Figura 16A: GR, 16B: GC e 16C: GS. As linhas tracejadas ilustram a alteração na tendência da linha de base (inclinação) calculada para cada fase.

Fonte: Autoral (2026)

A análise apresentada na figura 16 revela uma dinâmica distinta do Grupo Reikiano em relação aos dois outros grupos, pois, enquanto os grupos GC e GS mostram transições entre fases relativamente suaves, o sinal do GR apresenta transição entre fases muito mais acentuada, evidenciado pela alteração da intensidade deste campo nas interfaces pré-durante e durante-pós intervenção. Para observar a relevância deste efeito é importante observar que as escalas do eixo y (nT) são distintas entre si.

A seguir são apresentados os dados de amostragem do mesmo indivíduo acima, cujas métricas foram usadas para quantificar as componentes dos campos biomagnético e geomagnético terrestre.

Figura 17. Decomposição das Componentes dos Campos.



Nota: Decomposição do sinal no período 300-600s; 17A - Componente do sinal magnético bruto; 17B - Linha de tendência do sinal magnético bruto; 17C - Componente do sinal magnético bruto menos sua linha de tendência.

Fonte: Autoral (2026)

As figuras 17B e 17C foram geradas a partir da decomposição conceitual do sinal magnético bruto apresentado na figura 17A, permitindo analisar tanto as flutuações lentas do campo geomagnético terrestre quanto a amplitude e frequência do campo biomagnético. Esta decomposição será aprofundada na seção 4.4.1.1 quanto a métrica inclinação, componente B_{Terra} e na seção 4.4.3.1 quanto ao desvio padrão, componente B_{bio} .

4.3 Interação entre o campo geomagnético terrestre e o campo biomagnético

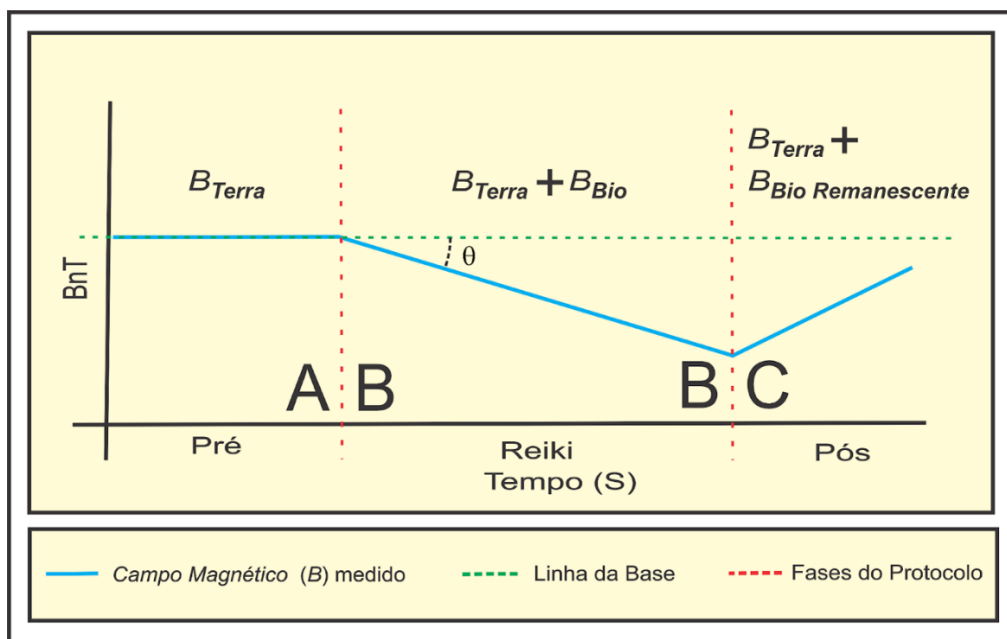
Os resultados descritos na Seção 4.2 sugerem que o efeito magnético produzido pelo grupo Reiki é muito mais intenso que nos dois outros grupos, evidenciando durante a imposição de mãos uma variação da amplitude de campo de ~ 150 nT para o grupo Reiki, ~ 100 nT para o grupo sham e ~ 50 nT para o grupo controle.

Nesta análise fica claro a interação entre os campos B_{Terra} e B_{bio} que pode ser compreendida da seguinte forma: o campo da Terra (B_{Terra}), sendo de grande

intensidade e estabilidade, se sobrepõe a todos os campos magnéticos presentes no planeta, enquanto que o campo do Reikiano (B_{bio}) é o sinal físico gerado pelas correntes bioelétricas do terapeuta sendo de baixíssima intensidade.

Como o sensor utilizado mede a força do campo em apenas uma direção específica, a interação entre esses campos é resultante de uma soma vetorial cujos vetores neste caso não estão alinhados, e, portanto, o sinal detectado diminui durante a intervenção do Reiki como observado na figura 18.

Figura 18. Comportamento do Campo Magnético nas Interfaces.



Nota: Interfaces: Pré/ Durante (A/B) e Durante/Pós Reiki (B/C)

Fonte: Autoral (2026)

Esta constatação é importante, pois sugere que o fenômeno medido é uma interação dinâmica entre o B_{Terra} e o B_{bio} , descartando possíveis artefatos, e permitindo afirmar que a assinatura magnética detectada atua como um vetor modulador do campo magnético sobre o voluntário.

4.4 Quantificação do campo magnético em nT em cada fase

Considerando que o campo magnético sobre o voluntário é constituído pelas componentes $B_{Terra} + B_{bio}$, as comparações dos resultados obtidos pelo

cálculo das componentes geomagnética (inclinação) e biomagnética (ΔDP) entre os diferentes grupos e fases foram feitas aplicando o teste não paramétrico H de Kruskal-Wallis. Para evidenciar os resultados significativos intra grupos e entre fases com $p < 0,05$, foi aplicado o teste post-hoc de Dunn com correção de Bonferroni.

4.4.1 Inclinação da componente $B_{Terra} + B_{bio}$

4.4.1.1 Cálculo da Inclinação da Componente $B_{Terra} + B_{bio}$

Para quantificar a linha de base em cada fase do protocolo, foi utilizado um algoritmo de Regressão Linear (Método dos Mínimos Quadrados), cujo objetivo é encontrar o valor de m (*inclinação*) na equação da reta:

$$y(t) = m \cdot t + c \quad \text{Equação 1.}$$

Onde:

- $y(t)$ é o valor do Campo B (nT) no tempo t ;
- t é o tempo em segundos;
- m é a inclinação, que representa a taxa média de variação (em nT/s) do campo durante a fase;
- c é o valor inicial a partir do eixo y .

O principal resultado extraído desta análise foi a Inclinação, valor que representa numericamente a direção e a velocidade da tendência do sinal, expresso em nT/s , indicando o comportamento do campo magnético (estável, descendente ou ascendente) ao longo da janela de análise.

Ao analisar o comportamento da componente $B_{Terra} + B_{bio}$ no início da intervenção Reiki (900s-1800s), verificou-se que essa apresenta uma inclinação, com diferença estatisticamente significativa entre todos os grupos ($H=8,543$, $p=0,013$).

Tabela 1. Inclinação na Fase de Intervenção Por Grupo

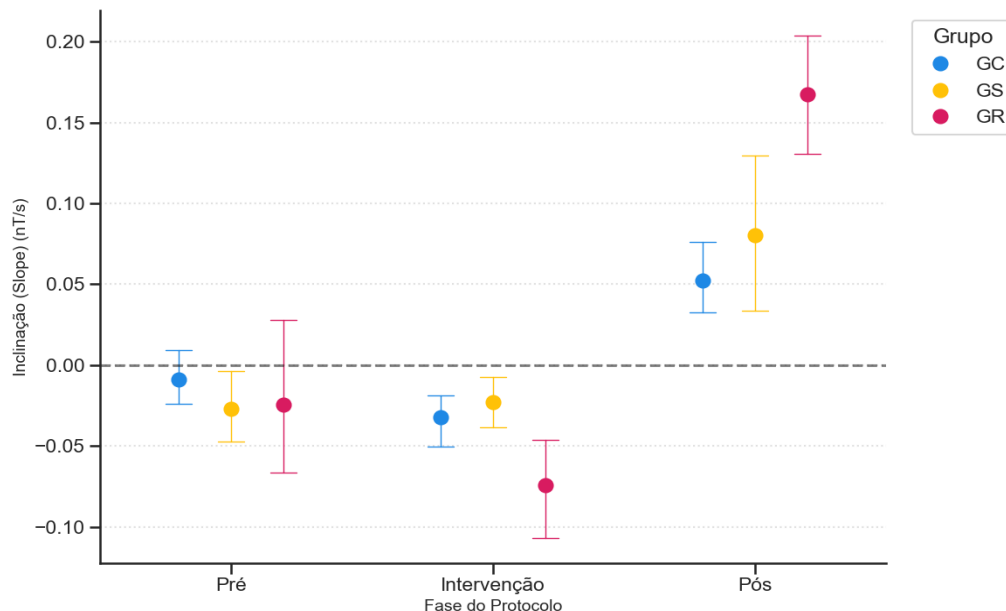
Grupo	Inclinação [nT/s]	Valor de p (Kruskal-Wallis)	Post-hoc de Dunn (vs. GR)
Reikiano (GR)	$-0,074 \pm 0,057$	0,013	-
Controle (GC)	$-0,032 \pm 0,031$		0,048
Sham (GS)	$-0,023 \pm 0,032$		0,024

Fonte: Autoral (2026)

A Tabela 1 explicita as diferenças numéricas (nT/s) da inclinação média entre os três grupos. As comparações pareadas revelaram os resultados significativos do Grupo Reikiano (GR), enquanto os Grupos GS e GC não apresentaram grau de significância estatística entre si com ($p=1,00$).

A Figura 19 ilustra o comportamento da componente $B_{Terra} + B_{bio}$ (inclinação), evidenciando alteração mais relevante no GR, incluindo o rebote dos três grupos na fase Pós.

Figura 19. Comportamento da Componente $B_{Terra} + B_{bio}$ (Coeficiente de Inclinação) por Fase.



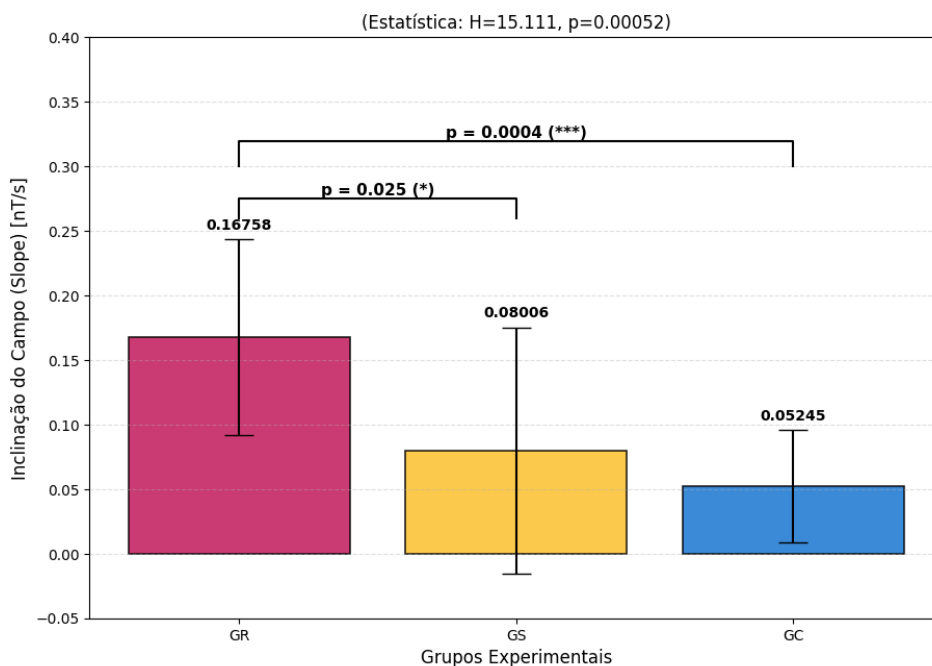
Nota: Coeficientes de Inclinação da componente $B_{Terra} + B_{bio}$ (nT/s) para os três grupos (GR, GC, GS), nas fases Pré, Intervenção e Pós.

Fonte: Autoral (2026)

4.4.1.2 Análise Pós-Intervenção: O Fenômeno do "Rebote"

Para analisar o efeito rebote foi investigada a persistência do efeito magnético em função da interação da imposição de mãos com o campo magnético terrestre ($B_{Terra} + B_{bio}$). O GR registrou uma inclinação média positiva de $0,16758 \pm 0,07591$ nT/s, superior ao GS ($0,08006 \pm 0,09539$ nT/s) e ainda mais intensa em relação ao GC ($0,05245 \pm 0,04323$ nT/s), conforme apresentado na Figura 20.

Figura 20. Inclinação do Campo na Fase Pós-Intervenção.



Fonte: Autoral (2026)

As figuras 19 e 20 indicam que a inclinação do GR nesta fase foi notavelmente positiva, oposta à tendência negativa da intervenção do Reiki, conforme observado na figura 18. Este fenômeno denominado "rebote" é chave para descartar artefatos simples, como é o caso da deriva térmica, traduzida pelo aumento da temperatura do magnetômetro, produzido pela proximidade das mãos.

Considerando que os dados da inclinação do sinal magnético evidenciaram de forma robusta o efeito B_{bio} , durante a imposição de mãos, buscou-se verificar se a diferença da média absoluta do sinal magnético entre os grupos era também

significativa. Para tanto, foi realizado o cálculo da Média Absoluta do Campo (B) cujos resultados são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2. Valores Descritivos da Média Absoluta do Campo (B).

Grupo	Pré (nT)	Intervenção (nT)	Pós (nT)
Reikiano (GR)	18023,74±285,54	17996,40±287,12	17996,55±286,21
Controle (GC)	18031,39±216,52	17966,21±214,59	17976,37±222,75
Sham (GS)	18046,27±215,91	18017,10±223,01	18027,75±219,35

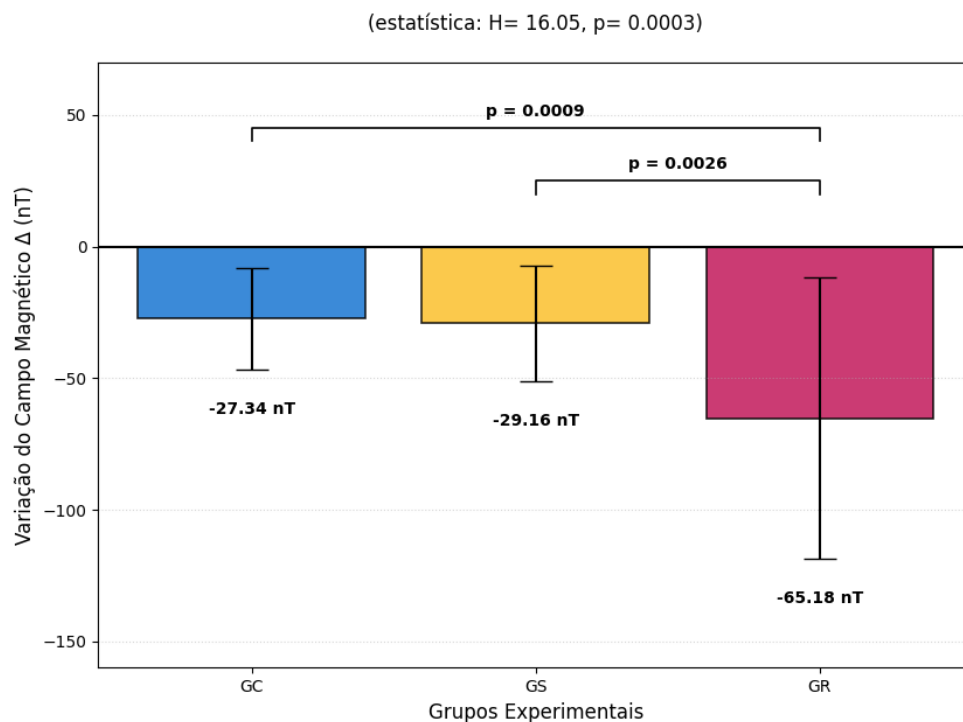
Nota: Os três grupos iniciam com médias muito próximas na fase Pré (≈ 18030 nT) com o GR apresentando a menor média absoluta durante a intervenção em relação aos grupos GC e GS.

Fonte: Autoral (2026)

4.4.2 Variação da Magnitude Média Absoluta (ΔB)

Considerando que o campo B_{Terra} no local do experimento é de ≈ 23000 nT , e que a medida em questão foi realizada considerando apenas um dos três eixos do campo total, temos que o campo médio medido gira em torno de 18000 nT .

Figura 21. Variação da Magnitude Média Absoluta (Fase Intervenção).



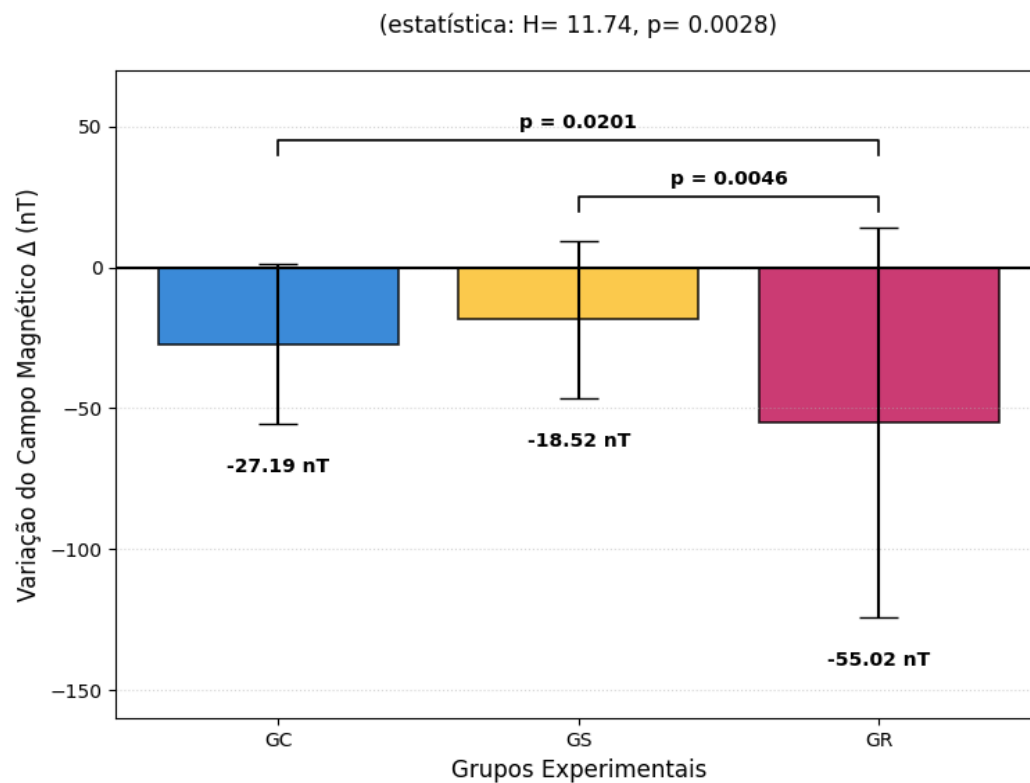
Fonte: Autoral (2026)

Ao compararmos os três grupos em relação a variação dos valores absolutos do campo $B_{Terra} + B_{bio}$, vale ressaltar que apesar da pequena variação de magnitude do campo $B_{Terra} + B_{bio}$ em relação ao B_{Terra} , há que se levar em consideração que essa variação é induzida pela componente biológica, o que pode explicar a pequena magnitude da variação.

Para analisar o ΔB da fase intervenção aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis que apresentou resultado estatisticamente significativo ($H=16,05$, $p=0,0003$), enquanto o teste *post-hoc* de Dunn indicou que o GR foi significativamente diferente do GC ($p=0,0009$) e do GS ($p=0,0026$), enquanto GC e GS não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si ($p=1,00$).

Para analisar o ΔB da fase pós-intervenção aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis que apresentou resultado estatisticamente significativo ($H=11,74$, $p=0,0028$), enquanto o teste *post-hoc* de Dunn indicou que o GR foi significativamente diferente do GC ($p=0,0201$) e do GS ($p=0,0046$), enquanto GC e GS não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si ($p=1,00$).

Figura 22. Variação da Magnitude Média Absoluta (Pós-Intervenção).

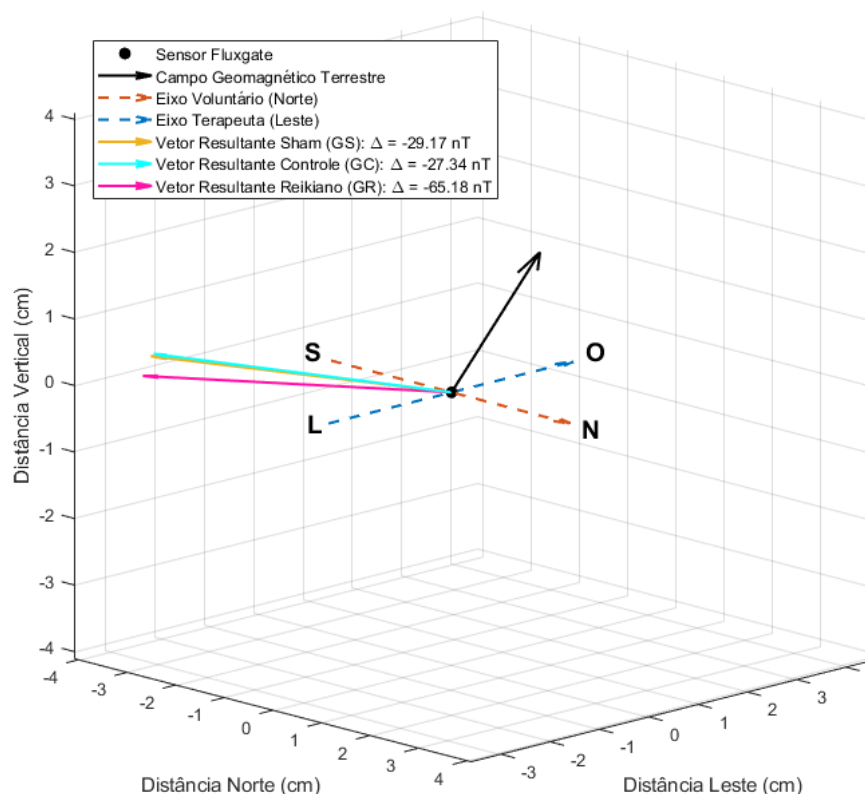


Fonte: Autoral (2026)

Considerando que os resultados da média absoluta do campo evidenciaram valor negativo e que o fenômeno magnético da imposição de mãos induziria um aumento desse mesmo campo, cabe ressaltar que a resultante do campo total não pode ser definida por um único eixo, e sim pelos três eixos, que decompostos teriam como resultante o campo total. A solução teórica para explicitar tal resultado é a adoção da soma vetorial do campo geomagnético local B_{Terra} com o campo bioeletromagnético do praticante B_{bio} . Conforme o Princípio da Superposição, campos magnéticos são grandezas vetoriais, cuja superposição não é uma simples soma aritmética, mas uma soma de vetores, conforme Equação 2:

$$B_{medido} = B_{Terra} + B_{bio} \quad \text{Equação 2.}$$

Figura 23. Modelo de Interação Vetorial 3D.



Nota: Modelo 3D ilustrando a soma vetorial dos campos. O campo geomagnético B_{Terra} (vetor em preto) representa o campo dominante, enquanto o campo do Reikiano B_{bio} (vetor tracejado em azul).

Fonte: Autoral (2026)

4.4.3 Componente B_{bio} : Variabilidade do ΔDP

4.4.3.1 Variabilidade da componente B_{bio}

A variabilidade do desvio padrão (DP) visa caracterizar as oscilações do campo B_{bio} em relação a inclinação da linha de base do campo. Para quantificar o ΔDP da componente B_{bio} , do sinal bruto foi subtraída a inclinação fazendo uso da Equação 3:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (B_i + \mu)^2} \quad \text{Equação 3.}$$

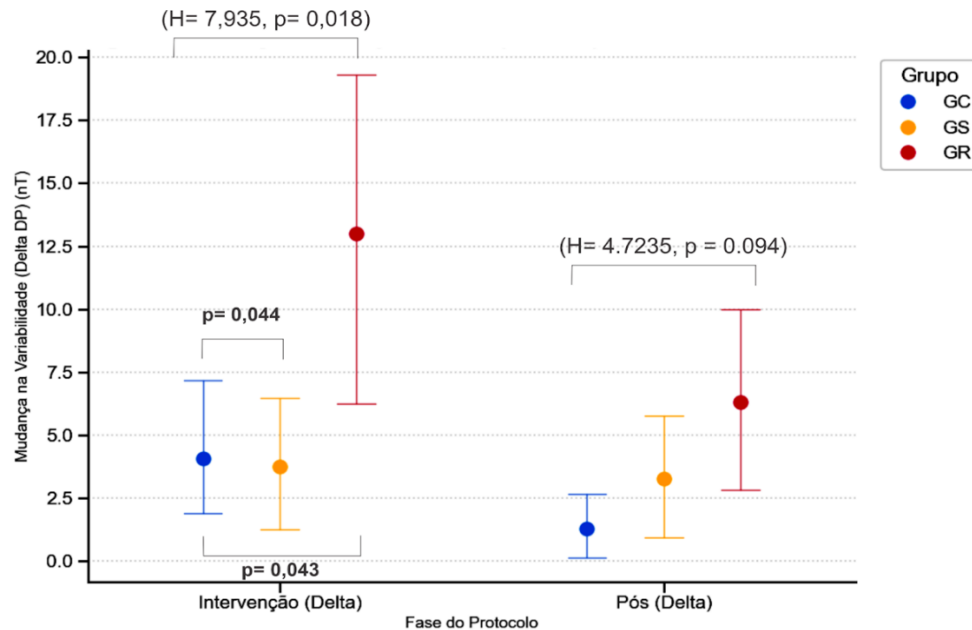
Onde:

- N é a frequência amostral em cada fase,
- B_i é a medição do campo B (nT) ao longo do tempo,
- μ é a média da intensidade de B em cada fase.

Com esta equação, calcula-se a oscilação do sinal em torno da sua média, cujo resultado é um sinal que representa as oscilações rápidas do campo. Como a linha de base não se apresentou homogênea conforme evidenciado no item 4.1, foi utilizado o Desvio Padrão (nT), para quantificar a magnitude média dessa variabilidade, visando caracterizar quão intensas foram as oscilações do sinal em torno de sua própria tendência central durante a janela de análise:

$$\Delta DP = DP_{Intervenção} + DP_{Pré Reiki} \quad \text{Equação 4.}$$

O Grupo Reikiano (GR) apresentou variabilidade média de $13,005 \pm 13,641$ nT , contra $4,069 \pm 6,124$ nT do GC e $3,743 \pm 5,400$ nT do GS, conforme apresentado na Figura 23.

Figura 24. Componente B_{bio} (ΔDP).

Nota: Variabilidade (ΔDP) nas fases intervenção e pós-intervenção.
Fonte: Autoral (2026)

O teste de Kruskal-Wallis para o ΔDP na fase Intervenção Reiki apresentou significância ($H=7,935$, $p=0,018$). O resultado do teste *post-hoc* de Dunn evidencia que o valor de GR é significativamente superior ao GC ($p=0,043$) e ao GS ($p=0,044$). Em relação à fase pós-intervenção, o teste de Kruskal-Wallis não encontrou diferença significativa entre os grupos ($p>0,05$).

A Tabela 3 apresenta os valores descritivos (Média $\pm$ Desvio Padrão) para as três métricas principais analisadas na Fase de Intervenção do Reiki (900s–1800s).

Tabela 3. Campo Magnético para os três grupos na Fase Intervenção.

Grupo	Inclinação nT/s	Média Absoluta (ΔB) nT	Variabilidade (ΔDP) nT
Sham (GS)	$-0,023 \pm 0,032$	$-29,16 \pm 21,92$	$3,74 \pm 5,40$
Controle (GC)	$-0,032 \pm 0,031$	$-27,34 \pm 19,32$	$4,07 \pm 6,12$
Reikiano (GR)	$-0,074 \pm 0,057$	$-65,18 \pm 53,46$	$13,01 \pm 13,64$

Fonte: Autoral (2026)

4.5 Análise no Domínio de Energia e Frequência

Após quantificar a dinâmica temporal da intervenção Reiki tanto pela componente B_{Terra} (inclinação) e a componente B_{bio} (ΔDP), a análise dos resultados apontam para duas propriedades físicas fundamentais do sinal: a Densidade de Energia Média do Campo e a Densidade Espectral de Potência (DEP) que apresenta como essa energia é distribuída o longo das diferentes faixas de frequência, fornecendo uma caracterização da assinatura magnética do sinal detectado.

4.5.1 Densidade de Energia Magnética (J/m^3)

Baseando-se na média temporal do quadrado do campo magnético medido, foi calculada a Densidade de Energia Magnética Média apresentada por cada participante em cada uma das três fases utilizando a equação:

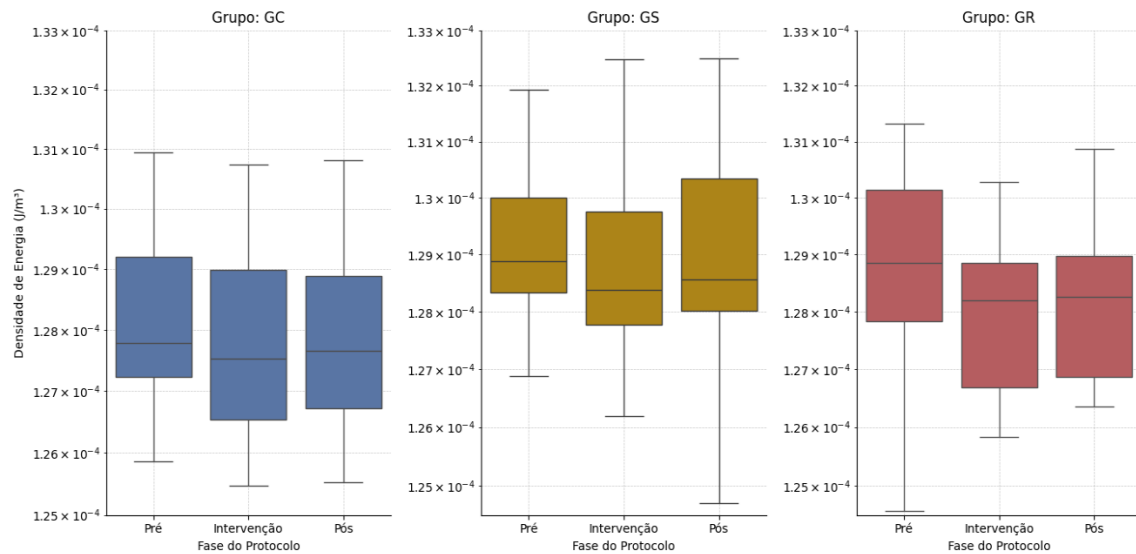
$$U_{medida} \sim \frac{1}{2\mu_0} \cdot Média(B(t)^2) \quad \text{Equação 5.}$$

Onde:

- $B(t)$ é o valor do campo magnético em Tesla (T);
- μ_0 é a constante de permeabilidade do vácuo ($4\pi \cdot 10^{-7} T \cdot m/A$).

O script calculou a média de B^2 para todos os pontos de dados dentro de uma determinada fase, aplicando a equação 5.

A Figura 25 evidencia que o Grupo Reikiano GR na interface das fases Pré-Intervenção/Intervenção apresenta uma diminuição da densidade de energia média estatisticamente significativa superior quando comparada aos demais grupos.

Figura 25. Densidade de Energia Magnética Média.

Nota: Distribuição da Densidade de Energia Média (J/m³) por Fase e Grupo.

Fonte: Autoral (2026)

A análise da variação da densidade para cada grupo revela diminuição nas fases intervenção e pós-intervenção em relação a fase Pré. A tabela 4 apresenta a densidade de energia magnética em cada grupo.

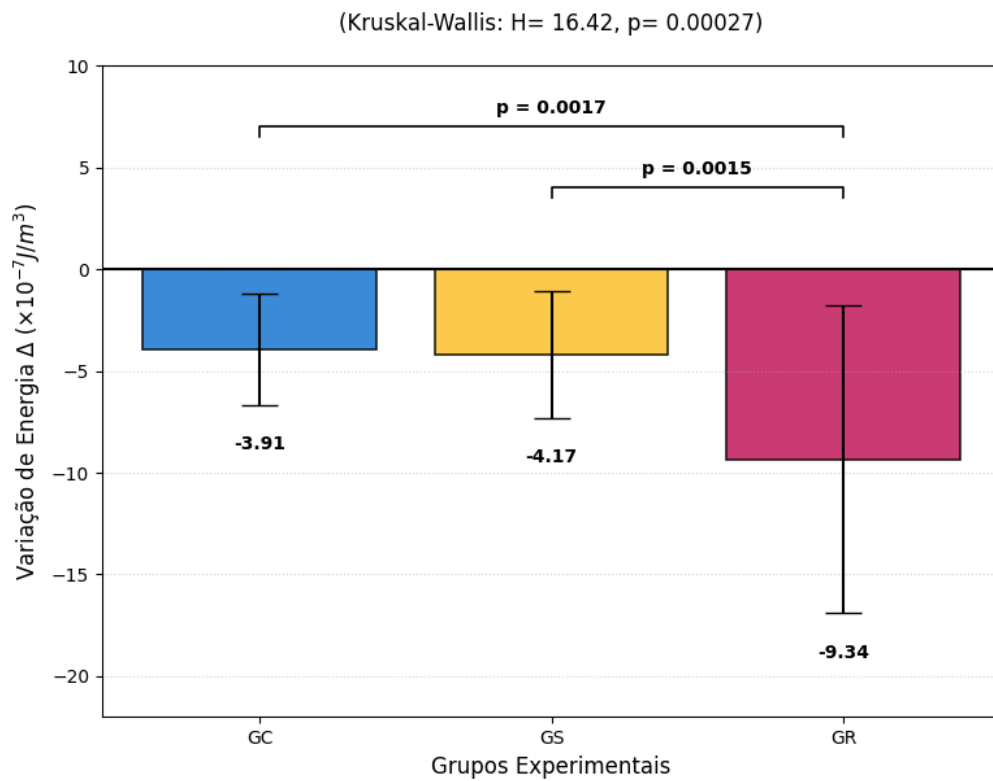
Tabela 4. Variação da Densidade de Energia Magnética (Δ).

Grupo	Δ Intervenção (Média $\pm$ DP)	Δ Pós-Intervenção (Média $\pm$ DP)
Sham (GS)	-3,91 $\pm$ 2,75	-3,89 $\pm$ 4,03
Controle (GC)	-4,17 $\pm$ 3,13	-2,65 $\pm$ 3,99
Reikiano (GR)	-9,34 $\pm$ 7,55	-7,87 $\pm$ 9,74

Fonte: Autoral (2026)

Os valores negativos indicam uma redução na densidade de energia magnética em relação ao estado inicial (Pré). O grupo GR apresenta uma redução significativamente maior em comparação aos grupos GC e GS em ambas as fases com $p < 0,05$, conforme mostram as Figuras 26 e 27.

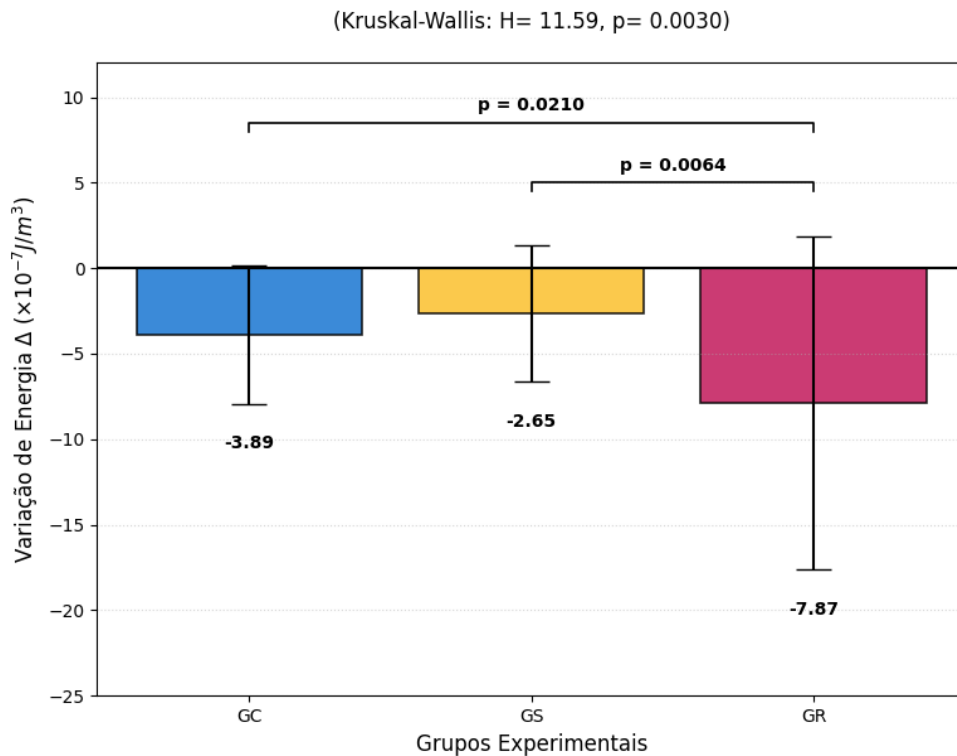
Figura 26. Variação da Densidade de Energia Magnética Média ($\Delta J/m^3$)
Intervenção.



Fonte: Autoral (2026)

O teste Kruskal-Wallis para a fase Intervenção Reiki confirma o grau de significância dos resultados obtidos, pois nesta fase foi encontrada uma diferença significativa entre os três grupos ($H=16.42$, $p=0.00027$) e o teste post-hoc (Dunn) confirmou que a densidade de energia do Grupo Reikiano (GR) foi significativamente menor que a do Grupo Controle (GC) ($p=0.017$) e o Grupo Sham (GS) ($p=0.0015$).

Figura 27. Variação da Densidade de Energia Magnética Média ($\Delta J/m^3$) Pós-Intervenção.



Fonte: Autoral (2026)

Já na fase Pós, o teste Kruskal-Wallis ($H=11.59$, $p=0.003$) indica que o GR registrou uma energia significativamente menor que o GC ($p=0.021$) assim como também foi menor que o GS ($p=0.0064$).

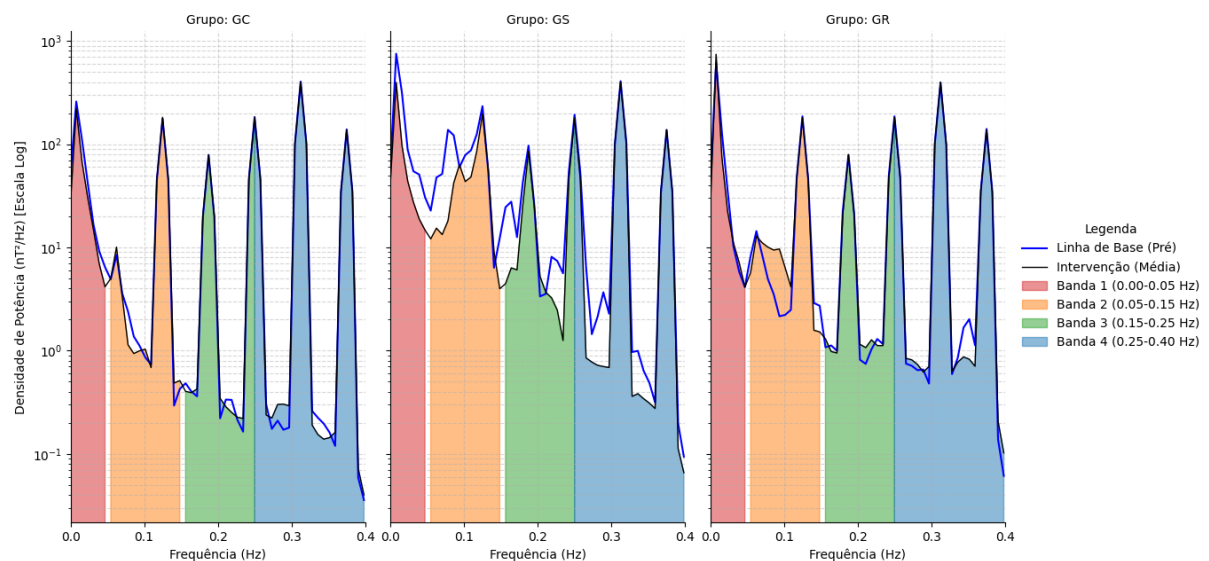
4.5.2 Densidade Espectral de Potência (DEP)

Para o cálculo de Densidade Espectral de Potência (DEP) foi utilizado o Método de Welch, um algoritmo computacional que decompõe este sinal em segmentos, calculando o espectro de frequência usando Transformada Rápida de Fourier (FFT) para cada segmento e calculando a média de cada espectro individual. O resultado evidencia a distribuição espectral de potência em relação à cada faixa de frequência.

Na seção 4.4.3, foi estabelecido estatisticamente que a magnitude total da variabilidade do sinal (ΔDP) aumentou significativamente no grupo GR ($p=0.018$) em relação aos demais grupos. Esse resultado está relacionado à maior

densidade espectral de potência apresentada pelo grupo GR em relação aos demais grupos, observada na Figura 28, que compara a Densidade Espectral de Potência (DEP) média da fase Pré (linha azul) com a DEP média da fase Intervenção Reiki (linha preta) para cada um dos três grupos, evidenciando que a área entre essas duas linhas representa perda ou ganho de DEP.

Figura 28. Densidade Espectral de Potência (DEP) Média.



Nota: Comparação da DEP média (Potência nT^2/Hz vs. Frequência Hz) entre a fase Pré e a fase Intervenção Reiki. O eixo Y está em escala logarítmica. A área entre as linhas preta e azul quando evidenciada pela cor branca representa perda e quando colorida representa ganho de DEP.

Fonte: Autoral (2026)

Na Tabela 5 a seguir é apresentada a variação da densidade de energia magnética comparando a interface Pré-intervenção/Intervenção.

Tabela 5. Variação da Densidade de Potência Espectral (Δ).

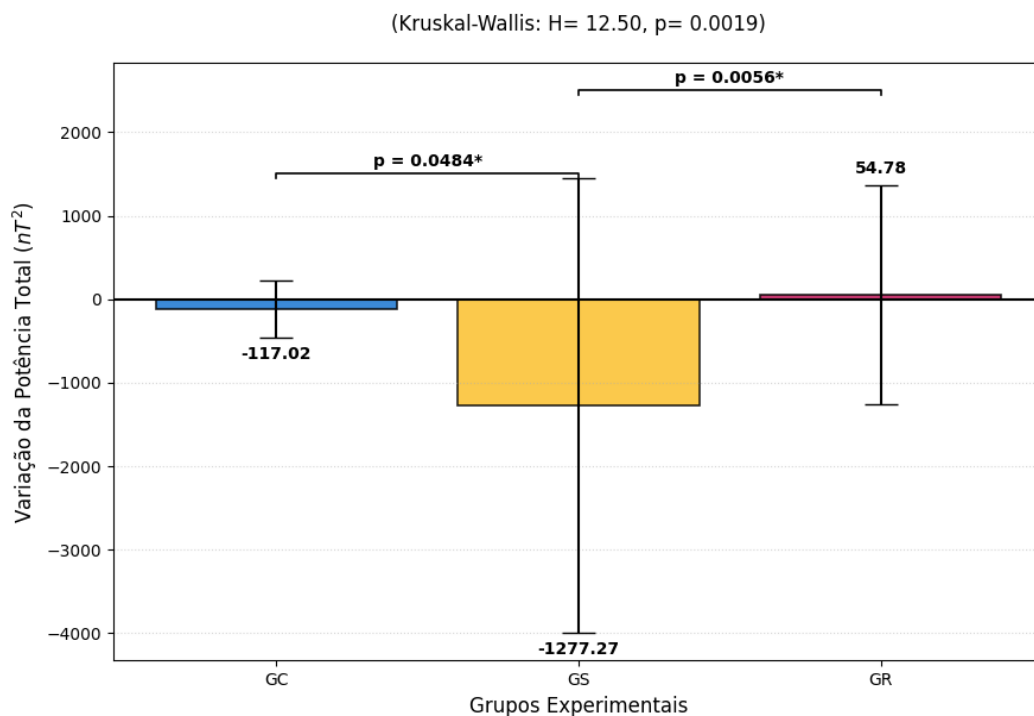
Grupo	Média Δ DEP (nT^2)	Δ Desvio Padrão (DP)
Controle (GC)	-117,02	346,67
Sham (GS)	-1277,27	2722,68
Reikiano (GR)	+54,78	1306,36

Fonte: Autoral (2026)

A análise de DEP mostrada na Tabela 5 indica que o grupo GS apresentou uma queda estatisticamente significativa na potência espectral em comparação aos outros dois grupos, sugerindo que o aterramento/blindagem metálica suprime fortemente as flutuações de potência do campo.

O grupo GR foi o único que apresentou uma tendência de aumento médio (valor positivo de 54,78), embora com alta variabilidade. A diferença entre GR e GS indica que o comportamento do campo para o grupo GR é oposto ao comportamento do grupo GS que utiliza a luva aterrada, conforme a figura a seguir.

Figura 29. Variação da Potência Espectral (Δ DEP).



Fonte: Autoral (2026)

Estes resultados evidenciam que o GR foi o único grupo que teve a DEP aumentada, enquanto o GS (luva) teve a DEP reduzida, reforçando que a terapia Reiki apresentada pelos grupos GR e GS induziu efeitos físicos opostos.

5. DISCUSSÃO

A principal barreira para a aceitação da existência de biocampos produzidos pela técnica Reiki é a inexistência de trabalhos científicos evidenciando resultados experimentais consistentes, fato majorado pela baixíssima intensidade de sinal presente em experimentos dessa natureza. Esta constatação é ampliada pela dificuldade em separar o potencial biofísico dos fatores de confusão psicossociais como o efeito placebo, a expectativa do paciente e o toque terapêutico que são, por si só, capazes de gerar efeitos relevantes no paciente. (HAMMERSCHLAG et al., 2012; GRONOWICZ et al., 2015)

5.1 Estabilidade do Campo Geomagnético e Validação da Linha de Base

Em medidas bioeletromagnéticas a estabilidade do campo geomagnético local é um pré-requisito técnico relevante, dado que flutuações ambientais de frequência extremamente baixa (ELF) podem se superpor aos sinais biológicos de interesse. (OLIVEIRA et al., 2024; JOÃO 2023)

A fase definida como "Pré-intervenção" (300s - 600s) foi fundamental para validar se o ambiente experimental apresentava baixo nível de ruído, que permitisse a detecção de variações magnéticas de baixa intensidade referentes ao B_{bio} . Para mitigar fatores complexos gerados pela Anomalia Magnética do Atlântico Sul (SAMA), o controle rigoroso do posicionamento do voluntário e do sensor Fluxgate FGM-3 PRO, alinhados ao meridiano geográfico por meio de declinação magnética ajustada, garantiu que o vetor de campo detectado reproduzível. A utilização do software SABIO para calibração em tempo real com dados de referência do NOAA garantiu a precisão instrumental exigida pelo experimento, conforme discutido por Fleischman e Benyosef (2014) sobre utilizar instrumentação adaptada para lidar com a menor intensidade local do campo terrestre.

Os resultados estatísticos da fase inicial confirmaram a homogeneidade da componente do campo geomagnético entre os grupos Reikiano (GR), Controle

(GC) e Sham (GS). O teste de Kruskal-Wallis não revelou diferenças significativas ($H = 2,526$; $p = 0,282$), indicando que na fase inicial do protocolo o sinal magnético ambiental era homogêneo para todos os participantes, garantindo que as modulações observadas nas fases posteriores não eram artefatos de deriva instrumental ou instabilidades geofísicas.

Embora a análise da componente biomagnética tenha detectado uma diferença de variabilidade inicial entre o Grupo Controle e o Grupo Sham ($p = 0,023$), a adoção do desvio padrão normalizado (ΔDP) foi capaz de contornar tal diferença.

Nesse caso, a validação da linha de base assegura que o fenômeno detectado durante a imposição de mãos decorre exclusivamente do efeito biofísico da terapia Reiki.

5.2 Dinâmica Temporal e Padrão de Transição de Sinal

Considerando que na fase pré-intervenção o sinal é relativamente estável, a alteração observada no campo magnético durante a fase intervenção pode ser atribuída ao efeito de campo induzido pela mão do terapeuta (SETO et al., 1992). Outro aspecto relevante refere-se ao efeito induzido pelo uso da luva metálica, que sendo usada pelo Reikiano foi capaz de reduzir a intensidade do campo magnético medido (IRMAK, 2010). Em relação ao grupo controle, apesar da intervenção não ser praticada por um Reikiano, pode-se também observar a alteração desse sinal, explicitando que mesmo sem o devido domínio da técnica Reiki (sem Iniciação), ela está presente, evidenciando que todo humano é capaz de concentrar energia biomagnética (KAFATOS et al., 2015; RUBIK et al., 2015), neste caso de menor intensidade pelo fato de o indivíduo não ter o treinamento adequado para aplicar a técnica Reiki.

5.3 Natureza Vetorial da Interação entre o Biocampo e o Campo Magnético Terrestre

O campo magnético é uma grandeza física presente em cada um dos elementos que compõem o planeta Terra, sujeito a interferência do campo

geomagnético terrestre. No caso de corpos biológicos, estudos indicam que campos magnéticos ambientais influenciam desde o crescimento de microrganismos até o sistema cardiovascular (LUCCHETTI et al., 2013; ANAYA et al., 2015; COSTA et al., 2024), efeito conhecido por biocampo, que está sujeito a interferência do campo geomagnético terrestre, uma vez que este é muito superior em intensidade.

O fenômeno magnético detectado durante a prática do Reiki configura-se como uma interação dinâmica e vetorial entre o B_{bio} do praticante e o B_{Terra} , sendo que em função de sua grande intensidade, este último sinal se superpõe a todos os demais campos magnéticos presentes no planeta (RUBIK et al., 2015). No presente caso, o B_{bio} é composto por correntes bioelétricas (ROTH, 2023; FERREIRA, 2025) geradas pelo terapeuta, reforçando a hipótese de que este campo é de baixíssima intensidade quando comparado com o da Terra.

Quando da imposição de mãos, os resultados obtidos evidenciaram uma redução ao invés de um aumento do campo, fenômeno este que pode ser explicado pela interferência vetorial, classificada como destrutiva quando os vetores de campo magnético interagem de forma a reduzir a intensidade do campo resultante em uma determinada região. No presente caso foi obtido um cancelamento parcial que ocorre quando os campos ($B_{Terra} + B_{bio}$) estão em direções opostas ao B_{medido} , com os campos em oposição defasados em 180° ou radianos. Estudos de práticas de biocampo têm demonstrado capacidade de alterar propriedades físicas da matéria, como a tensão superficial da água (ANANTHAKESHAHA et al., 2021).

5.4 Taxa de Variação do Campo (inclinação) e Fenômeno "Rebote"

A caracterização da dinâmica temporal do campo magnético expressa através da inclinação, fornece evidências da existência de uma interação biofísica durante a terapia Reiki. De acordo com Kafatos et al. (2015) e Rubik et al. (2015), o biocampo é um campo de informação endógeno que regula processos homeodinâmicos, cuja variação pode ser interpretada como o registro dessa regulação agindo sobre o entorno do voluntário.

O efeito "rebote" observado na fase pós-intervenção, imediatamente após a remoção das mãos do terapeuta, indica que o sistema estava sob ação magnética imposta pelo biocampo (B_{bio}). No momento em que o terapeuta interrompe o Reiki, o sistema magnético local retorna rapidamente ao estado de equilíbrio original definido pelo B_{Terra} , de forma análoga à relaxação de um meio elástico.

O fato de o GR apresentar uma inclinação média superior aos grupos Sham e Controle, revela que a terapia Reiki é capaz de modular o campo terapeuta/paciente, permitindo descartar a possibilidade de que esse efeito fosse produzido por artefatos físicos, tais como a deriva térmica induzida ao magnetômetro provocada pelo calor radiante das mãos. Quanto à essa possibilidade de interferência por corrida térmica (deriva induzida pelo calor das mãos), dois fatores garantem a integridade dos dados. Primeiro, o sensor FGM-3 PRO possui compensação interna de temperatura para variações ambientais típicas. Segundo, e mais importante, o fenômeno de 'rebote' positivo observado no GR ($0,16758 \pm 0,07591 \text{ nT/s}$) imediatamente após a retirada das mãos é incompatível com uma deriva térmica. Se o sinal fosse apenas um artefato de aquecimento do sensor, a curva apresentaria uma mudança lenta e gradual (conforme o sensor esfriasse), e não um retorno abrupto e vigoroso ao equilíbrio original observado nos resultados. Além disso, o GS, que também envolveu a proximidade das mãos (com a luva metálica), apresentou um comportamento espectral oposto ao GR, o que isola a assinatura magnética de meros efeitos radiantes de calor.

Tal efeito é também confirmado pelo cálculo da Variabilidade Média Absoluta do Campo que evidencia a superioridade do GR em relação aos demais grupos.

5.5 Aterramento Biomagnético do Grupo Sham

Um dos pilares deste estudo é a demonstração da eficácia da luva de malha de aço inoxidável aterrada como elemento de drenagem das correntes bioelétricas, reduzindo parcial ou totalmente a geração do campo magnético induzido pelas mãos do terapeuta (GS). Considerando que a aplicação da terapia

Reiki pelos grupos GR ($-65,18 \pm 53,46 \text{ nT}$) e GS ($-29,16 \pm 21,92 \text{ nT}$) foi feita por profissionais habilitados, enquanto os do grupo GC ($-27,34 \pm 19,32 \text{ nT}$) se tratavam de indivíduos não habilitados, a similaridade entre os resultados obtidos pelo GS e GC ($p = 1,00$) confirma isso.

Os resultados $GR \neq GC \approx GS$ reafirmam a importância do treinamento da aplicação da técnica Reiki e os Reikianos deste estudo possuíam níveis de treinamento II ou superior, tal como descrito por Baldwin et al. (2025) e Rubik et al. (2015), tornando claro que o efeito detectado é de origem física, como a luva foi projetada para drenar correntes bioelétricas, a hipótese de que a assinatura detectada é, de fato, de origem bioeletromagnética, corrobora os resultados apresentados por Seto et al. (1992) que postularam sobre a detecção de campos biomagnéticos emanados pelas mãos.

Esse comportamento é consistente com a lei de Biot–Savart, segundo a qual o campo magnético produzido é diretamente proporcional à intensidade das correntes que o originam, de modo que a drenagem dessas correntes para o terra reduz a geração do campo magnético detectável pelo sensor, relação fundamental amplamente empregada na modelagem de campos magnéticos gerados por condutores percorridos por corrente e compatível com medições experimentais de campos biomagnéticos extremamente fracos em sistemas físicos e biológicos (BUBU et al., 2025; NAKAYAMA; UCHIYAMA, 2015). Paralelamente, o resultado induzido pelo GR se mostra altamente relevante, evidenciando que o efeito não é de natureza psicossocial ou placebo, conforme discutido por HAMMERSCHLAG et al. (2012) e GRONOWICZ et al. (2015) sobre isolar componentes biofísicos de fatores psicofisiológicos.

Ao demonstrar a supressão do sinal magnético no GS, o protocolo experimental se mostrou adequado, evidenciando que a drenagem eletromagnética produzida pela luva confirma a existência de uma "assinatura magnética" durante a aplicação de Reiki conforme hipótese que sustenta a existência de um biocampo, movendo a discussão de questões místicas acerca do Reiki para o domínio da biofísica mensurável.

5.6 Modulação da Densidade de Energia Magnética

Os resultados do presente estudo revelaram uma redução estatisticamente significativa na densidade de energia média no GR durante a intervenção ($\Delta = -9,34 \times 10^{-7} \text{ J/m}^3$), valor este superior aos apresentados pelos grupos GC e GS, corroborando com o Princípio da Interferência Vetorial Destrutiva anteriormente explicitada. Segundo Roth (2023), qualquer corrente iônica endógena B_{Bio} gera um campo magnético que se soma vetorialmente ao B_{Terra} , e o trabalho bioelétrico realizado pelo terapeuta neste caso "anula" parte da densidade da energia magnética disponível no volume de interesse, que é diretamente proporcional ao quadrado do campo magnético resultante. (FERREIRA, 2025).

Essa modulação corrobora a hipótese de Rubik et al. (2015) de que o biocampo é um sistema complexo de energia e informação capaz de regular processos homeodinâmicos. A redução energética no GR, em contraste com a estabilidade do GC, sugere que a técnica Reiki promove uma organização coerente de correntes bioelétricas. Como postulado por Kafatos et al. (2015), o biocampo atua como um campo de informação endógeno e no presente caso a redução de energia magnética pode ser interpretada como o registro físico dessa regulação atuando no entorno do voluntário.

O resultado estatístico do GR em relação ao GS ($p = 0,0015$) reforça que o fenômeno é fruto de uma intervenção biofísica que altera a configuração energética do espaço peripessoal do voluntário correspondente à área entre as interfaces voluntário-Sensor e sensor-mãos do terapeuta.

5.7 Assinatura Espectral Eletromagnética

A aplicação da técnica Reiki alterou a distribuição da Densidade Espectral de Potência ao longo da faixa ELF de frequência, o que pode estar relacionado a outros fenômenos biológicos tal como a liberação de biofótons, presente em estados emocionais alterados (ZAPATA et al., 2021; ZOLET; CRISTOFOLINI, 2015), que tem sido quantificada em práticas meditativas (KENT et al., 2020; PAGLIARO et al., 2017; BARSOTTI et al., 2023). Os resultados obtidos evidenciaram que o GR foi o único a apresentar aumento na potência espectral

total ($\Delta\text{DEP} = +54,78 \text{ nT}^2$), enquanto o GS registrou uma queda drástica e significativa ($\Delta\text{DEP} = -1277,27 \text{ nT}^2$), o que permite distinguir o efeito biológico de artefatos ambientais ou psicossociais comprovando que o sistema atuou efetivamente como um dreno de sinais bioelétricos, suprimindo a indução de campos magnéticos externos em vez de captar ruídos ambientais.

O fato do grupo GS ter apresentado a maior redução de potência espectral evidencia a eficácia da blindagem metálica, que ao drenar a corrente bioelétrica para o terra, suprimiu o sinal magnético induzido pelo terapeuta. Hammerschlag et al. (2012), afirmam que pesquisas nessa área não conseguem isolar o efeito induzido do efeito placebo. No presente caso os resultados opostos apresentados pelos grupos GR e o GS contrariam essa afirmação uma vez que a energia induzida pelo terapeuta foi claramente bloqueada pelo uso da luva metálica, fato corroborado pela abordagem de Seto et al. (1992) sobre a natureza bioelétrica da terapia Reiki.

A variação positiva da DEP obtida pelo grupo de profissionais habilitados (GR) versus a redução expressiva do sinal obtida pelo uso da luva (GS) evidencia a "assinatura magnética", resultado do presente trabalho. Paralelamente, a distribuição espectral em frequência observada no GR explicita a alteração de campos magnéticos presentes em organismos vivos conforme descrito por Rowold e Hewson, (2020), enquanto Muehsam et al. (2015) descrevem a capacidade de organismos vivos de modular frequências na faixa ELF.

5.8 Potência Amostral

A crítica mais comum em estudos de terapias integrativas (COHEN et al., 2024) é o uso de amostras com baixo n, que podem levar a resultados estatísticos não confiáveis. A validade interna de um estudo sobre Terapias de Biocampo depende da capacidade de demonstrar que as diferenças observadas não são fruto do acaso, especialmente em amostras de tamanho moderado ($N=15$ por grupo). Para atender a esse rigor, foi realizada uma análise de pós-poder e cálculo de tamanho de efeito para todas as métricas principais, conforme detalhado na Tabela 6.

Tabela 6. Análise de Poder Estatístico e Tamanho do Efeito.

Métrica	Comparação	Cohen's d	Hedges' g	IC 95% (Efeito)	CLES	η^2	Poder (1- β)
Inclinação (Interv.)	GR vs GC	-0,9065	-0,882	[-1,61; -0,15]	0,7392	0,1804	0,6688
Inclinação (Interv.)	GR vs GS	-1,1042	-1,0743	[-1,82; -0,32]	0,7825	0,2462	0,8312
Inclinação (Rebote)	GR vs GC	1,864	1,8136	[0,97; 2,64]	0,9063	0,482	0,9985
Inclinação (Rebote)	GR vs GS	1,0153	0,9879	[0,24; 1,72]	0,7636	0,2164	0,7655
Variab. DP	GR vs GC	0,8452	0,8223	[0,09; 1,54]	0,725	0,1606	0,6083
Variab. DP	GR vs GS	0,8928	0,8687	[0,13; 1,59]	0,7361	0,1759	0,6557
Δ Energia (J/m ³)	GR vs GC	-0,9539	-0,9281	[-1,66; -0,19]	0,75	0,196	0,7129
Δ Energia (J/m ³)	GR vs GS	-0,8932	-0,8691	[-1,59; -0,13]	0,7362	0,1761	0,656
Δ Média Absoluta	GR vs GC	-0,9413	-0,9159	[-1,64; -0,18]	0,7472	0,1918	0,7015
Δ Média Absoluta	GR vs GS	-0,8815	-0,8577	[-1,58; -0,12]	0,7335	0,1723	0,6446

Nota: CLES (*Common Language Effect Size*) indica a probabilidade de um indivíduo do GR apresentar valor superior/inferior ao GC/GS ao acaso. η^2 representa a proporção da variância explicada pelo grupo.

Fonte: Autoral (2026)

O "tamanho do efeito" (d de Cohen) é uma métrica padronizada que descreve a magnitude da diferença entre os grupos. Por convenção (COHEN, 1988), esses efeitos são classificados como pequenos ($d \geq 0,2$), médios ($d \geq 0,5$) e grandes ($d \geq 0,8$) a presente análise revelou o poder estatístico ($1-\beta$) deste estudo. O fenômeno magnético mais proeminente deste estudo é o Efeito Rebote (inclinação Pós-Intervenção) em comparação entre o Grupo Reikiano (GR) e o Controle (GC), apresentando um d de Cohen de 1,86 e um poder estatístico de 99,85%. Este valor é classificado como um "efeito muito grande" (COHEN, 1988), sugerindo que a assinatura magnética detectada pós-tratamento é um sinal biofísico de alta magnitude e baixa probabilidade de ser um falso positivo.

Para as demais métricas, como a Variação de Energia e a Média Absoluta, os tamanhos de efeito situaram-se entre 0,88 e 0,95 (efeitos grandes), com poder estatístico variando entre 64% e 71%. Embora ligeiramente abaixo do limiar convencional de 80%, esses valores são notavelmente altos para pesquisas

pioneiras em biocampos, onde a relação sinal-ruído é crítica. O uso do g de Hedges (HEDGES, 1981) corrige o viés de amostras pequenas, confirmando que mesmo sob correção conservadora, a "assinatura magnética" do Reiki mantém sua significância prática e estatística, assim como o cálculo do CLES (McGRAW; WONG, 1992) permite uma interpretação probabilística direta do impacto da terapia sobre o voluntário. (HAMMERSCHLAG; SPRENGEL; BALDWIN, 2024)

A análise dos Intervalos de Confiança de 95% reforça os achados, especialmente na métrica de rebote magnético ($IC_{95\%}$ [0,98; 2,65]). O fato de o limite inferior do intervalo situar-se acima da classificação de 'grande efeito' ($>0,8$) indica uma elevada reprodutibilidade do fenômeno, mesmo considerando as incertezas inerentes à experimentação em ambiente não-blindado. Esta precisão estatística permite inferir que a interação entre o biocampo do terapeuta (B_{bio}) e o campo geomagnético (B_{Terra}) resulta numa modulação física real e detectável, superando o ruído instrumental e ambiental. (HAMMERSCHLAG; SPRENGEL; BALDWIN, 2024)

5.9 Trabalhos Futuros

A reprodutibilidade do presente estudo é uma das questões essenciais para corroborar a magnitude de biocampos envolvendo a técnica Reiki, e para tal, um protocolo envolvendo medida triaxial do campo magnético é bastante relevante.

Como principal eixo norteador deve-se buscar os mecanismos de ação responsáveis pela geração de biocampos envolvendo seres humanos.

6. CONCLUSÃO

A presente pesquisa cumpriu integralmente o objetivo geral de medir e caracterizar o efeito magnético produzido pela prática do Reiki, demonstrando que esta terapia induz efeitos físicos detectáveis, reprodutíveis e mensuráveis e que o fenômeno se manifesta como uma assinatura magnética de origem biomagnética, que atua como um vetor modulador do campo magnético terrestre local, o que permite fazer as seguintes afirmações:

O magnetômetro Fluxgate monoaxial desenvolvido, integrado ao software SABIO, demonstrou alta performance técnica, alcançando resolução suficiente para detectar variações na ordem de nanoteslas em ambientes não-blindados.

A assinatura magnética do Reiki foi caracterizada pela taxa de variação temporal descendente significativa durante a intervenção, o fenômeno "rebote" positivo imediato pós-intervenção e o aumento na densidade espectral na faixa ELF.

A redução da densidade de energia magnética média observada no grupo experimental comprovou que o biocampo do terapeuta interage com o campo geomagnético através de interferência vetorial destrutiva, validando o modelo biofísico proposto.

A eficácia da luva metálica aterrada (Grupo Sham) em suprimir drasticamente o sinal magnético confirmou que a assinatura detectada tem origem em correntes bioelétricas e não em fatores psicossociais ou efeito placebo.

Portanto, os resultados estatísticos apresentados, com uma potência amostral de 99,8%, encerram a discussão sobre a natureza mística do Reiki, posicionando-o no domínio da biofísica e estabelecendo um novo paradigma metodológico para a investigação de terapias de biocampo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA BRASIL. Práticas integrativas no SUS atendem quase 4 milhões de pessoas. Brasília, 07 de outubro de 2025. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2025-10/praticas-integrativas-no-sus-atendem-quase-4-milhoes-de-pessoas>. Acesso em: 31 de março de 2026.
2. AMARELLO, M. M.; CASTELLANOS, M. E. P.; SOUZA, K. M. J. *Terapia Reiki no Sistema Único de Saúde: sentidos e experiências na assistência integral à saúde*. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 74, n.1, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2019-0816>
3. ANAYA, M. et al. *Influencia del campo magnético sobre el crecimiento de microorganismos patógenos ambientales aislados en el Archivo Nacional de la República de Cuba*. **Biomédica**, v. 35, n. 3, p. 325-336, 2015. DOI: 10.7705/biomedica.v35i3.2569.
4. ANSELMO, C. W. S. F. et al. Possíveis efeitos adversos dos campos eletromagnéticos (50/60 Hz) em humanos e em animais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, n. 1, p. 71-80, 2005. DOI: 10.1590/S1413-81232005000100014.
5. ANANTHAKESHA, I. et al. *Reduction in Surface Tension of Water Due to Pranic Healing*. **Indian Journal of Science and Technology**, v. 14, n. 26, p. 2175-2179, 2021. DOI: 10.17485/IJST/v14i26.561.
6. ASSEFI, N. et al. *Reiki for the Treatment of Fibromyalgia: A Randomized Controlled Trial*. **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 14, n. 9, p. 1115-1122, 2008. DOI: 10.1089/acm.2008.0068.
7. BALDWIN, A. L. et al. The Touchstone Process: An Ongoing Critical Evaluation of Reiki in the Scientific Literature. **Holistic Nursing Practice**, v. 24, n. 5, p. 260-276, 2010. DOI: 10.1097/HNP.0b013e3181f21cc3.

8. BALDWIN, A. L.; TRENT, N. L. An Integrative Review of Scientific Evidence for Reconnective Healing. **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 23, n. 8, p. 590-598, 2017. DOI: 10.1089/acm.2015.0218.
9. BALDWIN, A. L. et al. How important are meditation and spirituality in Reiki practice? **Complementary Therapies in Medicine**, v. 94, p. 103246, 2025. DOI: 10.1016/j.ctim.2024.103246.
10. BARANSEL, E. S.; UÇAR, T. Reiki for decrease postmenopausal symptoms and depression: a randomized clinical trial. **Revista da Associação Médica Brasileira**, 2024. DOI: 10.1590/1806-9282.20250076.
11. BARSOTTI, T. J. et al. An exploratory investigation of human biofield responses to encountering a sacred object. **Explore**, v. 19, n. 6, p. 689-694, 2023. DOI: 10.1016/j.explore.2023.03.003.
12. BELAL, M. et al. Perception of Subtle Energy “Prana”, and Its Effects During Biofield Practices: A Qualitative Meta-Synthesis. **Global Advances in Integrative Medicine and Health**, v. 12, p. 27536130231200477, 2023. DOI: 10.1177/27536130231200477.
13. BERGIN, A. et al. Variation of Geomagnetic Index Empirical Distribution and Burst Statistics Across Successive Solar Cycles. **Journal of Geophysical Research: Space Physics**, v. 127, n. 1, p. e2021JA029986, 2022. DOI: 10.1029/2021JA029986.
14. BONANNO, M.; PAPA, G. A.; CALABRÒ, R. S. The Neurophysiological Impact of Touch-Based Therapy: Insights and Clinical Benefits. **Journal of Integrative Neuroscience**, v. 23, n. 12, p. 214, 2024. DOI: 10.31083/j.jin2312214.
15. BRASIL. Ministério da Saúde. Práticas Integrativas e Complementares realizam mais de 7 milhões de procedimentos em 2024, ampliando cuidado integral no SUS. Brasília: Secretaria de Comunicação Social, 07 de março

- de 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/secom/pt-br/acompanhe-a-secom/noticias/2025/03/praticas-integrativas-e-complementares-realizam-mais-de-7-milhoes-de-procedimentos-em-2024-ampliando-cuidado-integral-no-sus>. Acesso em: 31 de março de 2026.
16. BUBU, P. E.; EZE, V. H. U.; ADIE, A. E. *et al.* **Simulation and analysis of magnetic fields around high-voltage power lines using Python for enhanced safety and design insights**. *Scientific Reports*, Londres, v. 15, art. 33975, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-11464-2>.
 17. CARNEIRO, É. M. *et al.* Effectiveness of Spiritist "passe" (Spiritual healing) for anxiety levels, depression, pain, muscle tension, well-being, and physiological parameters in cardiovascular inpatients: A randomized controlled trial. **Complementary Therapies in Medicine**, v. 30, p. 73-78, 2017. DOI: 10.1016/j.ctim.2016.11.014.
 18. CARVAJAL DE LA OSA, J. *et al.* Environmental magnetic field in a Neonatal Intensive Care Unit. A relevant verification. **Archivos Argentinos de Pediatría**, v. 118, n. 3, p. e246-e251, 2020. DOI: 10.5546/aap.2020.e246.
 19. CHAFIK, B. *et al.* Study of Geomagnetic Activity According to Kp Index and its Variability in Relation to Sunspots Over the Last Five Solar Cycles. **International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE)**, v. 16, n. 2, p. 331-341, jun. 2024.
 20. COHEN, L. *et al.* Examining the effects of biofield therapy through simultaneous assessment of electrophysiological and cellular outcomes. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 29221, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-79617-3.
 21. COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
 22. COSTA, R. P. *et al.* Impacto das frequências de ressonâncias Schumann no infarto agudo do miocárdio nas regiões Sul e Nordeste do Brasil. **ES**

- Engineering and Science**, v. 13, n. 4, 2024. DOI: 10.18607/ES20241318406.
23. DÍAZ-RODRÍGUEZ, L. et al. Uma sessão de Reiki em enfermeiras diagnosticadas com síndrome de Burnout tem efeitos benéficos sobre a concentração de IgA salivar e a pressão arterial. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 19, n. 5, p. 1133-1140, 2011. DOI: 10.1590/S0104-11692011000500009.
24. DIEGUEZ, C. M. T. et al. Os fundamentos quânticos da Ressonância Magnética Nuclear. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 1, p. e1310, 2018. DOI: 10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0093.
25. DYCHE, J. et al. Effects of power frequency electromagnetic fields on melatonin and sleep in the rat. **Health Physics**, v. 96, n. 3, p. 311-316, 2009. DOI: 10.1097/[01.HP](#).0000336338.20456.1a.
26. ELFOULY, T.; ALOUANI, A. Harnessing the Heart's Magnetic Field for Advanced Diagnostic Techniques. **Sensors**, v. 24, n. 17, p. 6017, 2024. DOI: 10.3390/s24176017.
27. ESCOBAR, J. F. Efecto de los campos magnéticos y eléctricos sobre la membrana plasmática de las células individuales: Un enfoque computacional. In: SERNA, E. M. (Ed.). **Desarrollo e Innovación en Ingeniería**. 5. ed. Medellín: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación, 2020. p. 524-540.
28. FEINSTEIN, D.; EDEN, D. Six pillars of energy medicine: clinical strengths of a complementary paradigm. **Alternative Therapies in Health and Medicine**, v. 14, n. 1, p. 44-54, 2008.
29. FERREIRA, E. S. A Era do Eletromagnetismo: da unificação às Equações de Maxwell e além. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 11, n. 7, p. 2261-2275, 2025. DOI: 10.51891/rease.v11i7.20397.

30. FLEISHER KA, MACKENZIE ER, FRANKEL ES, SELUZICKI C, CASARETT D, MAO JJ. Integrative Reiki for Cancer Patients: A Program Evaluation. *Integrative Cancer Therapies*. 2014;13(1):62-67. doi:10.1177/1534735413503547.
31. FLEISCHMAN, A.; BENYOSEF, L. C. C. Magnetômetro de precessão nuclear de prótons para campos geomagnéticos de baixas intensidades. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOFÍSICA*, 6., 2014, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geofísica, 2014.
32. GAMAYUNOV, K. V.; ENGEBRETSON, M. J. Low frequency ULF waves in the Earth's inner magnetosphere: Power spectra during high speed streams and quiet solar wind and seeding of EMIC waves. **Journal of Geophysical Research: Space Physics**, v. 127, n. 11, p. e2022JA030647, 2022. DOI: 10.1029/2022JA030647.
33. GRONOWICZ, G.; BENGSTON, W.; YOUNT, G. Challenges for Preclinical Investigations of Human Biofield Modalities. **Global Advances in Health and Medicine**, v. 4, suppl., p. 52-57, 2015. DOI: 10.7453/gahmj.2015.013.suppl.
34. HAMMERSCHLAG, R. et al. Biofield Research: A Roundtable Discussion of Scientific and Methodological Issues. **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 18, n. 12, p. 1081-1086, 2012. DOI: 10.1089/acm.2012.1502.
35. HAMMERSCHLAG, R.; MARX, B. L.; AICKIN, M. Nontouch Biofield Therapy: A Systematic Review of Human Randomized Controlled Trials Reporting Use of Only Nonphysical Contact Treatment. **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 20, n. 12, p. 881-892, 2014. DOI: 10.1089/acm.2014.0017.
36. HAMMERSCHLAG, R.; SPRENGEL, M.; BALDWIN, A. L. Biofield Therapies: Guidelines for Reporting Clinical Trials. **Global Advances in Integrative Medicine and Health**, v. 13, p. 27536130231202501, 2024. DOI: 10.1177/27536130231202501.

37. HEDGES, Larry V. Distribution theory for Glass's estimator of effect size and related estimators. **Journal of Educational Statistics**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 107-128, 1981. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1164588>. Acesso em: 12 fev. 2026.

38. HEGAZY, M.; GAVVALA, J. Magnetoencephalography in clinical practice. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 79, n. 8, p. 744-751, 2021. DOI: 10.1590/0004-282X-ANP-2021-0083.

39. IRMAK, M. K. Multifunctional Merkel cells: Their roles in electromagnetic reception, finger-print formation, Reiki, epigenetic inheritance and hair form. **Medical Hypotheses**, v. 75, n. 2, p. 162-168, 2010. DOI: 10.1016/j.mehy.2010.02.013.

40. JOÃO, Ivone Cristina de Souza. Uso e regulamentação de frequências extremamente baixas - ELF. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 11, p. e4114348, 2023. DOI: 10.47820/recima21.v4i11.4348.

41. JOYCE, J.; HERBISON, G. P. Reiki for depression and anxiety. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 4, p. CD006833, 2015. DOI: 10.1002/14651858.CD006833.pub2.

42. KAFATOS, M. C. et al. Biofield Science: Current Physics Perspectives. **Global Advances in Health and Medicine**, v. 4, suppl., p. 25-34, 2015. DOI: 10.7453/gahmj.2015.018.suppl.

43. KENT, J. B.; JIN, L.; LI, X. J. Quantifying Biofield Therapy through Biophoton Emission in a Cellular Model. **Journal of Scientific Exploration**, v. 34, n. 3, p. 434-454, 2020. DOI: 10.31275/20201691.

44. KIM, S. et al. Complementary and Alternative Medicine Usage by Multiple Sclerosis Patients: Results from a Prospective Clinical Study. **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 24, n. 6, p. 596-602, 2018. DOI: 10.1089/acm.2017.0268.

45. KLEINER, R. et al. Superconducting Quantum Interference Devices: State of the Art and Applications. **Proceedings of the IEEE**, v. 92, n. 10, p. 1534-1548, 2004. DOI: 10.1109/JPROC.2004.833655.
46. KREITZER, M. J.; SAPER, R. Exploring the Biofield. **Global Advances in Health and Medicine**, v. 4, suppl., p. 4-5, 2015. DOI: 10.7453/gahmj.2015.034.suppl.
47. KUNDU, A. et al. Reiki therapy for postoperative oral pain in pediatric patients: Pilot data from a double-blind, randomized clinical trial. **Complementary Therapies in Clinical Practice**, v. 20, n. 1, p. 21-25, 2014. DOI: 10.1016/j.ctcp.2013.10.010.
48. LEE, M. S.; PITTLER, M. H.; ERNST, E. Effects of reiki in clinical practice: a systematic review of randomised clinical trials. **International Journal of Clinical Practice**, v. 62, n. 6, p. 947-954, 2008. DOI: 10.1111/j.1742-1241.2008.01729.x.
49. LUCCHETTI, G. et al. Effect of Spiritist "passe (Spiritual healing)" on growth of bacterial cultures. **Complementary Therapies in Medicine**, v. 21, n. 6, p. 627-632, 2013. DOI: 10.1016/j.ctim.2013.08.007.
50. NAKAYAMA, S.; UCHIYAMA, T. **Real-time Measurement of Biomagnetic Vector Fields in Functional Syncytium Using Amorphous Metal**. *Scientific Reports*, Londres, v. 5, art. 8837, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep08837>
51. MANZANARES, G.; GANDRA, P. G. Regulação do Ca²⁺ no músculo esquelético por um segundo mensageiro derivado de NAD durante e após um protocolo de fadiga. *In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP*, 28., 2020, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2020.
52. MATOS, L. C. et al. Perspectives, Measurability and Effects of Non-Contact Biofield-Based Practices: A Narrative Review of Quantitative Research. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 12, p. 6397, 2021. DOI: 10.3390/ijerph18126397.

53. McGRAW, Kenneth O.; WONG, S. P. A common language effect size statistic. **Psychological Bulletin**, [S. l.], v. 111, n. 2, p. 361-365, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1037/0033-2909.111.2.361>. Acesso em: 12 fev. 2026.
54. MUEHSAM, D. et al. An Overview of Biofield Devices. **Global Advances in Health and Medicine**, v. 4, suppl., p. 42-51, 2015. DOI: 10.7453/gahmj.2015.022.suppl.
55. NANJUNDASWAMY, R. et al. Effectiveness of Pranic Healing as complementary therapy on lower urinary tract symptoms and sleep: Single-blind randomized trial. **Complementary Therapies in Medicine**, v. 84, p. 103067, 2024. DOI: 10.1016/j.ctim.2024.103067.
56. NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION (NCEI). **Geomagnetic Field Calculators**. Boulder, CO: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), [s.d.]. Disponível em: <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml>. Acesso em: 15 jul. 2025.
57. OLIVEIRA, C. E. Q. V. DE; VIEIRA, L. E. A.; FERREIRA, J. L. Um olhar para o Geomagnetismo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, suppl. 1, p. e20240204, 2024. DOI: 10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0204.
58. OLIVEIRA, R. M. J. DE. **Efeitos da prática do Reiki sobre aspectos psicofisiológicos e de qualidade de vida de idosos com sintomas de estresse: estudo placebo e randomizado**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina, São Paulo, 2013.
59. O'MATHÚNA, D. P. Therapeutic touch for healing acute wounds. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 5, p. CD002766, 2016. DOI: 10.1002/14651858.CD002766.pub4.

60. PAGLIARO, G. et al. Human Bio-Photons Emission: an observational Case Study of Emission of Energy Using a Tibetan Meditative Practice on an Individual. **BAOJ Physics**, v. 2, n. 4, p. 025, 2017.
61. PANDEY, M. et al. An Exploratory Study on 'Vancharya' as a Therapeutic Approach to the Bio-field of Young Adults Using Electronic Photographic Imaging. **Annals of Neurosciences**, 2025. DOI: 10.1177/09727531251340505.
62. PORTO, L. A. et al. O Papel dos Canais Iônicos nas Epilepsias e Considerações Sobre as Drogas Antiepilépticas – Uma breve revisão. **Journal of Epilepsy and Clinical Neurophysiology**, v. 13, n. 4, p. 169-175, 2007.
63. QUEIROZ, N. A. de; BARBOSA, F. E. S.; DUARTE, W. B. A. Uso das Práticas Integrativas e Complementares em Saúde por profissionais dos Núcleos Ampliados de Saúde da Família e Atenção Básica. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 33, e33037, 2023.
64. RANGEL-GALVÁN, M. et al. Biología cuántica en el transporte de iones a través de membranas celulares. **Elementos**, n. 125, p. 17-22, 2022.
65. ROBINSON, I. Solar wind monitor—a school geophysics project. **Physics Education**, v. 53, n. 3, p. 035017, 2018. DOI: 10.1088/1361-6552/aaab36.
66. ROTH, B. J. Biomagnetism: The First Sixty Years. **Sensors**, v. 23, n. 3, p. 1105, 2023. DOI: 10.3390/s23031105.
67. ROWOLD, J.; HEWSON, P. D. Biofield Frequency Bands—Definitions and Group Differences. **Global Advances in Health and Medicine**, v. 9, p. 2164956120982568, 2020. DOI: 10.1177/2164956120982568.
68. RUBIK, B. et al. Biofield Science and Healing: History, Terminology, and Concepts. **Global Advances in Health and Medicine**, v. 4, suppl., p. 8-14, 2015. DOI: 10.7453/gahmj.2015.038.suppl.

69. SÁ, R.; PIGNATARO NETO, G. Advancing biophysics in energy-based clinical interventions: a narrative review. **Explore**, v. 21, p. 103198, 2025. DOI: 10.1016/j.explore.2024.103198.
70. SCHMIDT, A. P.; SCHMIDT, S. R. G. Behavior of ion channels controlled by electric potential difference and of Toll-type receptors in neuropathic pain pathophysiology. **Revista Dor**, São Paulo, v. 17, suppl. 1, p. S43-S45, 2016. DOI: 10.5935/1806-0013.20160046.
71. SETO, A. et al. Detection of extraordinary large bio-magnetic field strength from human hand during external Qi emission. **Acupuncture & Electro-Therapeutics Research**, v. 17, n. 2, p. 75-94, 1992.
72. SILVA JÚNIOR, J. P. et al. Desenvolvimento de um magnetômetro digital utilizando linguagem LabView para estudos em clima espacial. *In*: FÓRUM DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 6., 2016, Parnamirim. **Anais...** Parnamirim: CLBI, 2016.
73. SINGH, S. P. Magnetoencephalography: Basic principles. **Annals of Indian Academy of Neurology**, v. 17, suppl. 1, p. S107-S112, 2014. DOI: 10.4103/0972-2327.128676.
74. SPEAKE & CO. LIMITED **FGM Magnetic Field Sensors: specifications (and) applications guide**. Llanfapley: Speake & Co. Disponível em: <http://www.magnetometer-kit.com>. Acesso em: 15 jul. 2025.
75. SPEAKE & CO. LIMITED. **FGM-series magnetic field sensors**: Llanfapley: Speake & Co. Disponível em: <http://www.magnetometer-kit.com>. Acesso em: 15 jul. 2025.
76. SPRENGEL, M. L. et al. Biofield Therapies Clinical Research Landscape: A Scoping Review and Interactive Evidence Map. **Journal of Integrative and Complementary Medicine**, v. 31, n. 5, p. 406-430, 2025. DOI: 10.1089/jicm.2024.0773.

77. SUZUKI, K. et al. International Cross-Sectional Study on the Effectiveness of Okada Purifying Therapy, a Biofield Therapy, for the Relief of Various Symptoms. **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 26, n. 8, p. 708-720, 2020. DOI: 10.1089/acm.2019.0264.
78. THRANE, S.; COHEN, S. M. Effect of Reiki Therapy on Pain and Anxiety in Adults: An In-Depth Literature Review of Randomized Trials with Effect Size Calculations. **Pain Management Nursing**, v. 15, n. 4, p. 897-908, 2014. DOI: 10.1016/j.pmn.2013.07.008.
79. VIJAYAKUMAR, V. et al. Time to sense biofield (Prana) experiences between hands: A preliminary single blinded randomised controlled trial. **F1000Research**, v. 12, p. 1536, 2023. DOI: 10.12688/f1000research.139737.1.
80. YAMAMOTO, K.; NAKAYAMA, J.; ABE, K. Beneficial Effects of Receiving Johrei on General Health or Hypothermia Tendency. **Explore**, v. 18, n. 4, p. 446-456, 2022. DOI: 10.1016/j.explore.2021.12.001.
81. ZAPATA, F. et al. Increment of spontaneous human biophoton emission caused by anger emotional states. Proof of concept. **Microchemical Journal**, v. 169, p. 106558, 2021. DOI: 10.1016/j.microc.2021.106558.
82. ZENCHENKO, T. A. et al. Effect of Synchronization Between Millihertz Geomagnetic Field Variations and Human Heart Rate Oscillations During Strong Magnetic Storms. **Atmosphere**, v. 16, n. 2, p. 219, 2025. DOI: 10.3390/atmos16020219.
83. ZOLET, C. M. L. S.; CRISTOFOLINI, G. M. A. F. Biofótons e a comunicação quântica das células. **Revista Saúde Quântica**, v. 4, n. 4, p. 35-52, 2015.

8. APÊNDICES

8.1 Resolução Digital do Magnetômetro *Fluxgate*

A Tabela 7 apresenta a variação da sensibilidade real (menor campo detectável) considerando um tempo de amostragem (gate time) de 1 segundo (resolução de 1 Hz) e a sensibilidade nominal de 0,118, $m\mu s/m\mu T$.

Tabela 7. Resolução Digital (FGM-3 PRO + Arduino Nano).

Frequência (Hz)	Período Típico (μs)	Variação de Período por 1 Hz (ns)	Resolução Digital (nT)
40.000 (Limite Min.)	25,0	0,625	5,30
50.000	20,0	0,400	3,39
60.000	16,7	0,278	2,35
70.000	14,3	0,204	1,73
80.000 (Repouso Típico)	12,5	0,156	1,32
90.000	11,1	0,123	1,05
100.000	10,0	0,100	0,85
110.000	9,1	0,083	0,70
120.000 (Limite Máx.)	8,5	0,069	0,59

Fonte: Autoral (2026)

A resolução em nanoteslas (R_{nT}) foi obtida pela relação entre a variação do período por unidade de frequência e a sensibilidade nominal (S) do sensor, através da fórmula:

$$R_{nT} = \frac{10^9 / f^2}{0,118} \quad \text{Equação 6.}$$

Onde f é a frequência medida em Hertz e 0,118 é a sensibilidade expressa em ns/nT .

É importante notar que, embora a resolução digital chegue a sub-nanoteslas ($0,59 nT$), a precisão final da medição está sujeita ao ruído magnético ambiental e à estabilidade da tensão de alimentação do Arduino Nano, que possui um coeficiente de variação de frequência de aproximadamente 3,5% por volt.

Conforme o manual técnico, a não-linearidade intrínseca de 5,5% pode ser reduzida para 0,7% em processamento posterior através da adição de uma constante de 15kHz à frequência lida antes da conversão para período.

8.2 Script de Aquisição de Dados Magnéticos

A seguir apresentamos o código-fonte desenvolvido em linguagem C/C++ para o microcontrolador Arduino Nano que implementa a técnica de contagem de frequência por tempo de porta (gate time), conforme sugerido pelo fabricante para aplicações de magnetometria terrestre e estudo de variações sutis. O algoritmo utiliza interrupções externas para garantir a captura de pulsos em alta taxa, minimizando a perda de dados.

Listagem 1: Algoritmo de Processamento e Sincronização de Dados

```
// magnetometro.ino

// --- Constantes ---
const unsigned long BAUD_RATE = 115200;
const unsigned int SENSOR_PIN = 3; // Pino do FGM-3 conectado
ao pino 3 do Arduino Nano (Interrupt 1)
const unsigned int SAMPLE_TIME_MS = 1000; // Tempo de
amostragem em milissegundos

// --- Variáveis Globais ---
// 'volatile' é essencial pois ela é modificada dentro de uma
ISR (Rotina de Serviço de Interrupção).
volatile unsigned long pulseCount = 0;

// Variável para controle de tempo da amostragem
unsigned long lastMillis = 0;

// --- Rotina de Serviço de Interrupção (ISR) ---
// Esta função é chamada automaticamente a cada pulso do
sensor.
// Deve ser a mais curta e rápida possível.
void contarPulso() {
    pulseCount++;
}

// --- Setup ---
void setup() {
    Serial.begin(BAUD_RATE);
    pinMode(SENSOR_PIN, INPUT);

    // Anexa a interrupção ao pino. digitalPinToInterrupt()
garante portabilidade.
    // A interrupção 'contarPulso' será chamada a cada borda de
subida (RISING).
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(SENSOR_PIN),
contarPulso, RISING);
}
```

```

// --- Loop Principal ---
void loop() {
    unsigned long currentMillis = millis();

    // Verifica se passou o tempo de amostragem definido
    // NOTA: O uso de um timer de hardware interno do ATmega328P
    // para disparar a leitura a cada 1s exato seria mais preciso
    // que a verificação com millis(),
    // pois elimina o jitter introduzido pelo tempo de execução
    // do próprio código no loop.
    if (currentMillis - lastMillis >= SAMPLE_TIME_MS) {
        unsigned long frequency;

        // --- Seção Crítica ---
        // Desabilita interrupções para ler e zerar a variável
        // pulseCount com segurança.
        // Isso previne uma condição de corrida (race condition).
        noInterrupts();
        frequency = pulseCount; // Copia o valor contado
        pulseCount = 0;         // Zera o contador para a próxima
        // amostragem
        interrupts();           // Reabilita as interrupções o
        // mais rápido possível
        // --- Fim da Seção Crítica ---

        // Envia a frequência (em Hz) pela serial no formato
        // "freq:VALOR"
        Serial.print("freq:");
        Serial.println(frequency);

        // Atualiza o tempo da última leitura
        lastMillis = currentMillis;
    }
}

```

O uso de `noInterrupts()` e `interrupts()` é essencial porque o Arduino Nano é uma arquitetura de 8 bits (ATmega328P). Como a variável `unsigned long` possui 32 bits, o processador precisa de quatro ciclos de instrução para lê-la. Sem a

seção crítica, uma interrupção poderia ocorrer "no meio" da leitura, corrompendo o dado.

A abordagem por `millis()` foi escolhida pela simplicidade de integração com o sistema SABIO, embora se reconheça que o uso de Timers internos de hardware eliminaria variações residuais de tempo (jitter) causadas pelo tempo de execução das demais instruções do loop.

O tempo de porta de 1.000 *ms* define diretamente a resolução do sistema em 1 *Hz*, o que se traduz na sensibilidade real calculada anteriormente (sub-nanoteslas).

8.3 Calibração do Magnetômetro *Fluxgate*

Para garantir a conversão precisa dos dados do sensor *Fluxgate* (de *Hz* para *nT*) e compensar variações instrumentais, uma rotina de calibração semi-automática de ponto único é executada no SABIO antes de cada experimento. Este processo determina um fator de conversão linear (*k*) exigindo que o operador insira o valor de referência do "Campo Total (F) [*nT*]" local, obtido de modelos geomagnéticos (ex: NOAA). O operador também insere os valores de Inclinação (I) e Declinação (D), que, embora não usados no cálculo de *k*, são cruciais para o protocolo de alinhamento do sensor com o vetor B_{Terra} Norte-Sul (N-S) durante a calibração. Após *k* ser determinado nesta o processo de cálculo é iniciado quando o operador aciona a função calibrar no SABIO, capturando dois parâmetros de entrada:

- B_{ref} (em *nT*): O valor do campo total de referência.
- t_{calib} (em segundos): A duração da amostragem para a calibração.

Esses parâmetros são enviados ao *thread* através da função de calibração *Fluxgate Collector*, que entra no estado "CALIBRATING". Durante t_{calib} segundos e todas as leituras de frequência bruta (*f*) recebidas do Arduino são acumuladas em uma lista, cujo modelo matemático que rege a conversão da frequência em campo magnético é definido na função:

$$B_{nT} = \left(\frac{k}{f+c}\right) \times 1000.0 \quad \text{Equação 7.}$$

Onde:

- B_{nT} é o campo magnético calculado em nanoTeslas (nT).
- k é o fator de calibração (a incógnita a ser determinada).
- f é a frequência bruta instantânea (em Hz) lida do sensor.
- c é uma constante de correção de frequência, definida como fator de correção = 15000.0.

Para determinar k , a calibração utiliza os dados coletados na etapa anterior a frequência média de calibração, f_{calib} calculada a partir da lista de amostras coletada na lista de frequências de calibração, conforme expresso por:

$$Frequência\ Média = \frac{\sum f_{amostras}}{N} \quad \text{Equação 8.}$$

onde: N representa o número total de amostras consideradas.

Para conversão de unidades de referência o valor de referência $B_{ref} nT$ é convertido para microTeslas μT , pois o fator k parece ser definido em unidades de $\mu T \cdot Hz$:

$$B_{Referência\ Total} = \frac{B_{fnT}}{1000} \quad \text{Equação 9.}$$

onde: valor de B_{fnT} é fornecido pelo operador extraído do NOAA.

O fator k é isolado algebricamente do modelo de medição, utilizando os valores médios e de referência sendo reescrito como:

$$B_{\mu T} = \frac{k}{f+c} \quad \text{Equação 10.}$$

Resolvendo k para:

$$k = B_{\mu T, ref} \times (f_{calib} + c) \quad \text{Equação 11.}$$

Imediatamente após o cálculo de k , o sistema realiza uma verificação interna calculando o campo (em nT) que resultaria da frequência média de calibração usando o k recém-calculado. A diferença absoluta entre este valor e o B_{ref} original é computada como erro (nT), fornecendo feedback imediato ao operador sobre a qualidade da calibração com o seguinte cálculo de campo:

$$1000B_{calc, nT} = \left(\frac{k}{f_{cal} + c} \right) \times 1000 \quad \text{Equação 12.}$$

A Fórmula do Erro do Campo Total:

$$\epsilon = |B_{calc} - B_{Referência Total}| \quad \text{Equação 13.}$$

Este fator k é subsequentemente utilizado em tempo real, quando o estado é "COLLECTING", para converter todas as novas leituras de frequência em medições de campo magnético em nT , e também é salvo como um atributo de metadados no arquivo HDF5 final, garantindo a rastreabilidade e a reprodutibilidade dos dados.