

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/373255801>

Anomalias magnéticas, alturas do geóide e variações de temperatura na plataforma do SW de Portugal

Chapter · August 2023

CITATIONS

0

READS

2

1 author:



Maria Rosa Alves Duque
Universidade de Évora

90 PUBLICATIONS 57 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

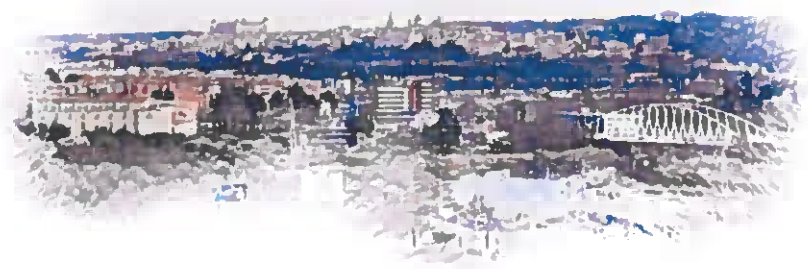
Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica
Assembleia Luso-Espanhola de Geodesia e Geofísica



10.^a ASAMBLEA HISPANO-PORTUGUESA DE GEODESIA Y GEOFÍSICA

10.^a ASSEMBLEIA LUSO-ESPANHOLA DE GEODESIA E GEOFÍSICA

Artículos
Artigos



Toledo, 28 noviembre - 1 diciembre 2022

Toledo, 28 novembro - 1 dezembro 2022

Palacio de Congresos «El Greco»

Organizado por:



Comisión Española de
Geodesia y Geofísica



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA

MAPA

MINISTERIO
DE LA
INDUSTRIA



IPMA

Anomalias magnéticas , alturas do geoide e variações de temperatura na plataforma do SW de Portugal

Geomagnetic anomalies, geoid heights and temperature variations in the SW platform of Portugal

DUQUE, Maria Rosa ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidade de Évora, Departamento de Física da ECT , Rua Romão Ramalho 59, Évora, mrad@uevora.pt

SUMMARY

Geoid height values obtained with models EGM 84, EGM96 and EGM2008 for the region under study present significant changes, occurring in relatively short time intervals, which can be interpreted as density changes associated with temperature variations in the region.

In the present work, studies were made with data of the geomagnetic field (average hourly values) obtained at the Magnetic Observatories of Coimbra, San Fernando and Almeria, and it was concluded that anomalies detected on February 27 of 1969 can be interpreted as being obtained by superposition of additional magnetic fields (in relation to days 25 and 26th), initially with mainly horizontal component and later with mainly vertical component. These additional fields may be associated with ion movements with mainly vertical direction followed by mainly horizontal direction. The variation in the direction of the geomagnetic field and the associated electric field lines could lead to reorientation of dipolar molecules and temperature increase in the region, which may have caused opening of cracks and fractures already existing in the region, facilitating the entry of large amounts of water to deep zones, with relatively high speeds and temperatures.

The existence of serpentinites in the region leads us to propose the occurrence of exothermic chemical reactions in peridotites with accelerated reaction speed due to large amounts of water with relatively high velocities and temperatures.

A similar study was made for geomagnetic data obtained from 3 to 5 of May. The comparison of data from the two time intervals shows clearly a strong and fast variation of the magnetic declination in February. This fact may be related with the high value of magnitude (M=7,9) of the first earthquake of February 28th, 1969.

PALAVRAS CHAVE

Geomagnetismo, Anomalias do campo magnético, Alturas do Geoíde,, Variações de temperatura, Sismologia.

INTRODUÇÃO

Na madrugada do dia 28 de Fevereiro de 1969, foi sentido em Portugal, Noroeste de Marrocos e algumas regiões de Espanha, um sismo de forte intensidade e magnitude 7,9 [1]. A este sismo seguiram-se outros, por vezes de magnitude elevada, durante vários meses. Apesar de terem sido realizados diferentes estudos relacionados com este tema, a localização e existência da falha onde ocorreu o sismo referido são, ainda hoje, tema de discussão.

O presente trabalho utiliza dados de Geomagnetismo obtidos em registos da época feitos em Observatórios Magnéticos localizados na Península Ibérica e nas Ilhas Canárias, publicados em Anais dos Observatórios [2],[3] na forma de médias horárias da componente horizontal, componente vertical e declinação geomagnética. Foram também utilizados os dados referentes a perturbações do campo , fatores K, tempestades magnéticas, etc. Na figura 1 mostra-se a localização dos Observatórios Magnéticos que obtiveram os dados, sendo possível ver-se que apenas um Observatório (Tenerife) se encontra a SW da região em estudo. Infelizmente, durante grande parte do mês de Fevereiro de 1969 este Observatório esteve inoperacional por problemas técnicos associados às fortes variações do campo magnético que ocorreram no início do mês de Fevereiro tendo ocorrido interrupção desde a hora 6-7 do dia 8 até à hora 12-13 do dia 26. Isto significa que a estação esteve em funcionamento durante o dia 27 havendo apenas interrupção no intervalo 13-14 desse dia. Os outros Observatórios estão situados a NE da zona

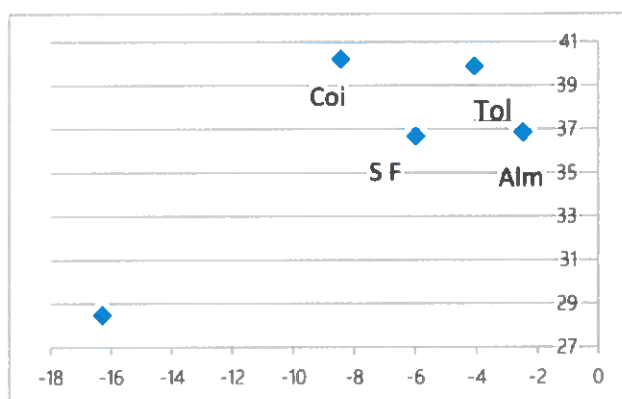


Figura 1. Localização dos Observatórios Magnéticos que registaram os dados utilizados. Ten-Tenerife, Coi-Coimbra, S F- San Fernando, Tol-Toledo e Alm-Almeria.

de ocorrência dos sismos, próximo da costa exceto Toledo que se encontra no interior da Península Ibérica.

A análise dos dados da altura do geóide [4] obtidos com os modelos EGM84, EGM96 e EGM2008 (ver Figura 2) mostra variações acentuadas que diferem em partes diferentes da região. No lado Este, os valores obtidos em 1996 são inferiores aos valores obtidos em 1984, voltando a apresentar um ligeiro aumento em 2008. É ainda possível observar regiões onde os valores obtidos se mantiveram praticamente constantes e outras onde se verificou uma descida acentuada de 1984 para 1996 mantendo-se o valor constante em 2008. Apesar de a distribuição geográfica dos valores da altura do geóide indicar possível deslocamento de fluidos ela também pode indicar diferentes litologias na região, com densidades e propriedades Termodinâmicas diferentes. Estas grandes variações da altura do geóide são difíceis de explicar por movimentação de material na região sugerindo grandes variações de densidade que podem estar associadas a grandes variações de temperatura e / ou possíveis reações químicas na região.

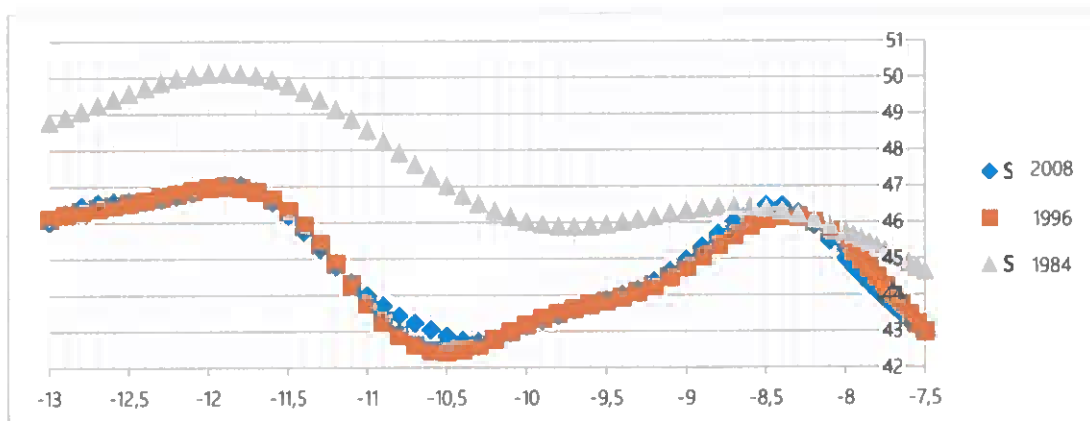


Figura 2. Alturas do Geóide obtidas na latitude 36,0° N entre as longitudes 7,5 e 13,0° W

O CAMPO MAGNÉTICO DA TERRA EM 1969

Os valores médios mensais das várias componentes do campo magnético permitiram detetar a existência de várias anomalias que não se limitavam apenas ao mês de Fevereiro. A componente vertical do campo magnético mostra maior estabilidade que a componente horizontal que sofre alterações apreciáveis nas diferentes estações estudadas. Os dados fornecidos pelo Modelo IGRF2020 foram comparados com os valores obtidos pelos dados registados, nos mesmos intervalos de tempo. Na figura 3 podemos ver valores médios mensais da componente horizontal e da componente vertical do campo magnético registado no Observatório Magnético de Coimbra em 1969 [3]. A componente horizontal do campo medida é superior à obtida pelo Modelo IGRF, notando-se um aumento relativo nos meses de Abril, Junho e Julho. A menor diferença entre os valores obtidos pelos dois métodos ocorreu no mês de Fevereiro. Todas as estações estudadas apresentaram anomalias idênticas mas com valores diferentes.

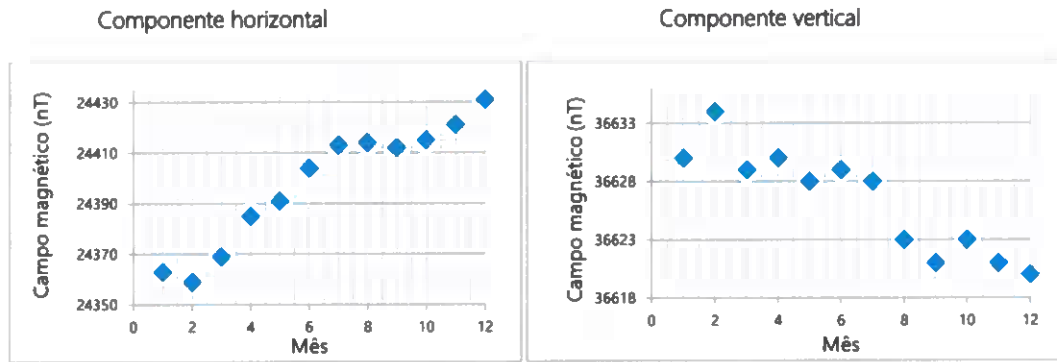


Figura 3. Valores médios mensais da componente horizontal e da componente vertical do campo magnético registado em Coimbra, de Janeiro a Dezembro de 1969

Tabela 1. Diferenças entre valores medidos e obtidos com modelo IGRF nos meses de Fevereiro e de Maio (nT)

Mês	Observatório	Valor medido	Valor do Modelo IGRF	Diferença entre valores	Valor medido	Valor do Modelo IGRF	Diferença entre valores
Fevereiro	Coimbra	24359	24345	14	36634	36560	74
	Toledo	24673	24649	24	36155	36117	38
	San Fernando	26376	26199	177	33240	33429	-189
	Almeria	26271	26143	28	33523	33514	9
	Tenerife	28734	29152	-418	25171	25983	-812
Maio	Coimbra	24391	24352	39	36628	36560	68
	Toledo	24707	24655	52	36152	36118	34
	San Fernando	26406	26205	201	33216	33429	-213
	Almeria	26289	26249	40	33523	33514	9
	Tenerife	28762	29160	-398	25181	25973	-792

Os valores obtidos em fevereiro indicam que os valores médios da componente horizontal se aproximam dos valores do modelo IGRF em estações com latitudes mais elevadas em que as diferenças apresentam valores menos elevados. Tenerife, com a latitude mais baixa, apresenta uma diferença de valores negativa. Na componente vertical observamos diferenças negativas em San Fernando e Tenerife (as estações mais a Sul). Nos outros Observatórios a diferença é positiva e aumenta em estações com latitude mais elevada. No mês de Maio a componente vertical apresenta desvios semelhantes aos de Fevereiro mas na componente horizontal a estação de Almeria mostra um valor inferior ao registado no Observatório de Toledo.

A análise dos valores médios mensais obtidos nos anos 1968, 1969 e 1970 mostra que as alterações da componente horizontal e da inclinação do campo magnético já se fizeram sentir no segundo semestre de 1968, tendo-se prolongado para 1970. A junção de dados da estação de Toledo relativos aos meses do segundo semestre de 1968 [5] revelou que anomalias com características idênticas às detetadas em Coimbra com dados de 1969, já tinham ocorrido em 1968. Na figura 4 podemos ver claramente que no mês de Novembro de 1968 ocorreu uma anomalia com características idênticas à ocorrida em Fevereiro de 1969. No mês de Agosto de 1968 é possível identificar comportamento idêntico ao obtido em Agosto de 1969 (meses 2 e 14 do gráfico). O gráfico mostra-nos que entre o mês 10 (Abril de 1969) e o mês 15 (Setembro de 1969) os desvios dos valores médios do campo horizontal em relação aos valores obtidos pelo Modelo IGRF são mais elevados que os apresentados em 1968.

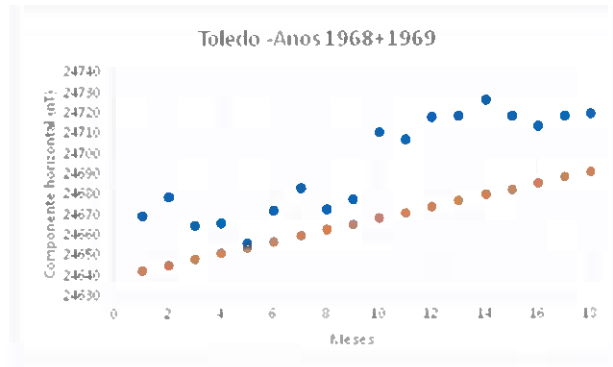


Figura 4. Valores médios mensais da componente horizontal do campo magnético obtidos no Observatório Magnético de Toledo [4] (pontos a azul) e valores obtidos pelo Modelo IGRF2020 (pontos laranja) entre Julho de 1968 e Dezembro de 1969.

TEMPESTADES MAGNÉTICAS

Nos dois meses em estudo foram registadas pelos Observatórios vários tipos de perturbações magnéticas sendo de salientar no mês de Fevereiro a existência de perturbações intensas. A análise dos Índices K permite identificar perturbações intensas (índice maior que 3) a partir da 15 horas do dia 2 até às 24 horas do dia 3, um segundo intervalo com início no dia 10 a partir das 21 horas e que se prolonga até às 24 horas do dia 11 e o terceiro intervalo que ocorre no dia 27 entre as 12 e as 21 horas. O valor mais elevado deste índice, 7, ocorreu no dia 2, entre as 18 e as 21 horas. No dia 11 e no dia 27 o valor mais elevado do índice K foi 6.

No mês de Maio ocorreram valores elevados do índice K entre as 12 e as 24h do dia 2, as 0 e as 12 h do dia 13, as 0 h do dia 14 e as 9 h do dia 16 e no dia 18 entre as 15 e as 21h. O valor mais elevado do índice K foi 6.

Comparando as datas referidas com os dados do catálogo sísmico [1] verificamos que não existem registos de atividade sísmica na região em estudo nos primeiros dias do mês de fevereiro, tendo sido registado um sismo de magnitude 3 no dia 10 de fevereiro pelas 19 h 29 min 41,9 s no Golfo de Cadiz (imediatamente antes da início da perturbação magnética referida neste dia). O sismo de 28 de fevereiro ocorreu depois de terminada a perturbação intensa do dia 27. No mês de maio ocorreram 2 sismos na região em estudo durante o intervalo de tempo com perturbações magnéticas. No dia 13 de maio ocorreu um sismo de magnitude 3.6 pelas 5 h 59 min 28,4 s (antes da perturbação com início às 12h). No dia 18 de maio ocorreram dois sismos antes do início da perturbação magnética.

Na Figura 5 podemos ver os valores médios diários da componente horizontal do campo magnético sendo visíveis variações acentuadas no início do mês (perturbação máxima no dia 3) e uma outra com perturbação máxima no dia 11. No dia 9 ocorre um valor máximo relativo, tendo-se verificado um sismo no dia 10 quando o campo representado já apresentava descida de valores. Nos dias 19 e 26 verificaram-se novos máximos relativos mas a descida foi mais suave no dias 20 e 21 do que a verificada no dia 27.

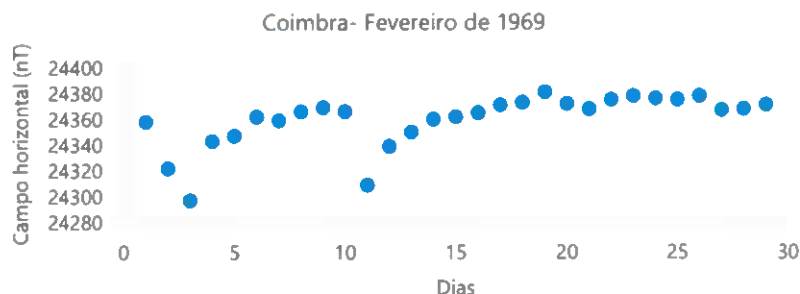


Figura 5. Valores médios diários da componente horizontal do campo magnético

A análise dos valores diários do campo magnético no final de abril e início de maio mostra instabilidade nos valores obtidos salientando-se uma descida muito acentuada de 27 para 28 de abril. Os valores mínimos relativos ocorreram nos dias 28, 29 e 30 de abril. No dia 2 de maio registou-se um máximo relativo da componente horizontal do campo seguido por diminuição no dia 3 e novo máximo relativo no dia 4 seguido por diminuição no dia 5.

VALORES MÉDIOS HORÁRIOS DO CAMPO MAGNÉTICO

A análise dos valores médios horários da componente horizontal do campo magnético mostrou anomalias positivas relativamente ao valor médio obtido nos "dias calmos" apresentados nos Anuários nos dias 26 (entre a hora 25 e a hora 49) com uma anomalia máxima de 30 nT na hora 32 (hora 8 do dia 26) e no dia 27 (entre a hora 49 e a hora 64) com anomalias máximas de 20 nT na hora 55 (hora 7 do dia 27) e 34 nT na hora 63 (hora 15 do dia 27). A anomalia negativa mais acentuada (-68 nT) ocorreu na hora 66 (hora 18 do dia 27).

A componente vertical do campo magnético apresentou valores médios horários inferiores aos obtidos nos "dias calmos". Os máximos da anomalia ocorreram na hora 13 (-20nT), nas horas 37 e 38 (-21 nT) e na hora 63 (-27 nT). A hora 63 corresponde à hora 15 do dia 27 e a hora 37 corresponde à hora 13 do dia 26. Na hora 61, correspondente à hora 13 do dia 27, a diferença obtida entre o valor médio registado e o valor médio de referência ("dias calmos") foi 21 nT (como no dia 26). Existem ainda mais 2 intervalos de tempo com anomalias negativas a acentuar entre as horas 25 e 34 com o valor máximo de anomalia (-17 nT) na hora 31 (hora 7 do dia 26) e entre as horas 51 e 55 com anomalia máxima (-15 nT) na hora 55 (hora 7 do dia 27). No dia 27 observa-se uma anomalia positiva com o valor máximo de 30 nT na hora 66 (hora 18 do dia 27).

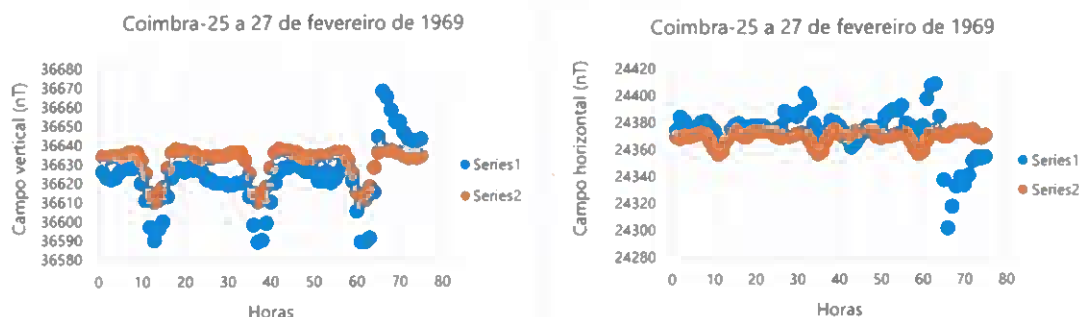


Figura 6. Valores médios horários do campo magnético medido de 25 a 27 de fevereiro de 1969 (azul-série 1) e média dos valores médios horários obtidos em Coimbra nos "dias calmos" do mês de fevereiro de 1969 (laranja-série 2).

Os dados obtidos no mês de maio mostram um campo magnético muito perturbado, mas os desvios relativamente aos valores médios obtidos em "dias calmos" apresentam valores mais baixos. Destacamos um desvio de 15 nT que ocorreu na hora 15 do dia 3 de maio e um desvio de 17 nT ocorrido na hora 39 (hora 15 do dia 4 de maio).

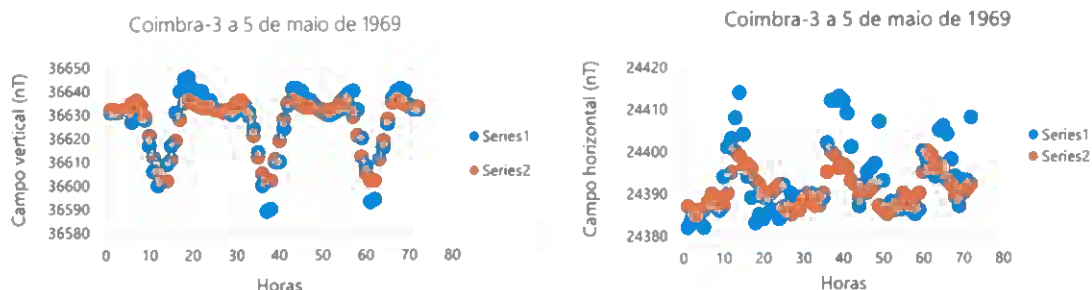


Figura 7. Valores médios horários do campo magnético medido de 3 a 5 de maio de 1969 em Coimbra (azul-série 1) e média dos valores médios horários em "dias calmos" do mês de maio de 1969 (laranja-série 2).

Desvios negativos só aparecem no dia 3 e apresentam valores muito baixos.

O campo vertical apresenta desvios positivos relativamente baixos. O desvio mais elevado é 10 nT e ocorreu na hora 19 do dia 3 de maio, existindo um desvio de 6 nT na hora 44 (hora 20 do dia 4 de maio). Relativamente a desvios negativos, o mais elevado (-13 nT) ocorreu na hora 37 (hora 13 do dia 4 de maio). Podemos ver na Figura 7 os valores referidos.

Vamos ver agora o que aconteceu relativamente à orientação do campo magnético. Para isso vamos analisar dados relativos a declinação e inclinação do campo nos dois intervalos de tempo em estudo. O método utilizado é idêntico ao descrito para as componentes horizontais e verticais do campo. Os resultados obtidos estão representados nas figuras 8 e 9 respetivamente.

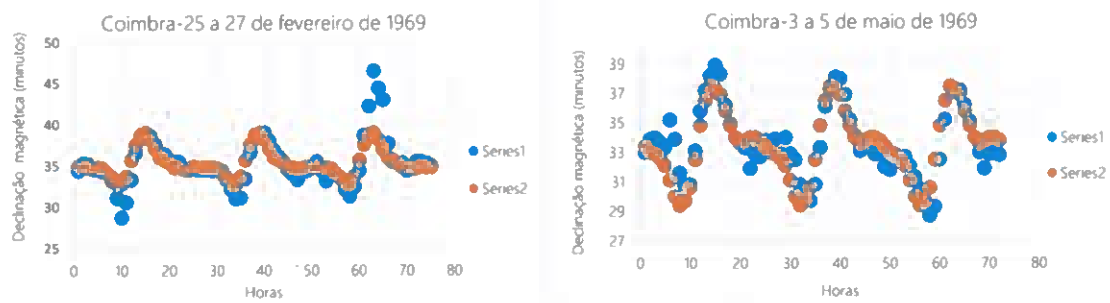


Figura 8. Valores médios horários da declinação magnética medidos em Coimbra (azul-série 1) e média dos valores médios horários em "dias calmos" (laranja-série 2).

Os valores médios horários da declinação obtidos de 25 a 27 de fevereiro de 1969 são inferiores à média horária dos valores médios horários obtidos nos "dias calmos". O desvio mais acentuado ocorreu na hora 10 (-4,1'), tendo-se observado na hora 35 um desvio de -2,6' e na hora 58 um desvio de -1,5'. Observa-se ainda um desvio positivo com um valor máximo de 7,5' que ocorreu na hora 63. Na hora 47 foi obtido um desvio de -1,4' e na hora 53 foi obtido um desvio de -1,7'.

Os valores obtidos de 3 a 5 de maio apresentam quase todos valores muito próximos do valor médio, com desvios quase todos positivos exceto os observados nas horas 22 (-2,1') e da hora 47 (-1,1') até à hora 50 (-1,2'), tendo ocorrido o valor máximo na hora 49 (-1,4').

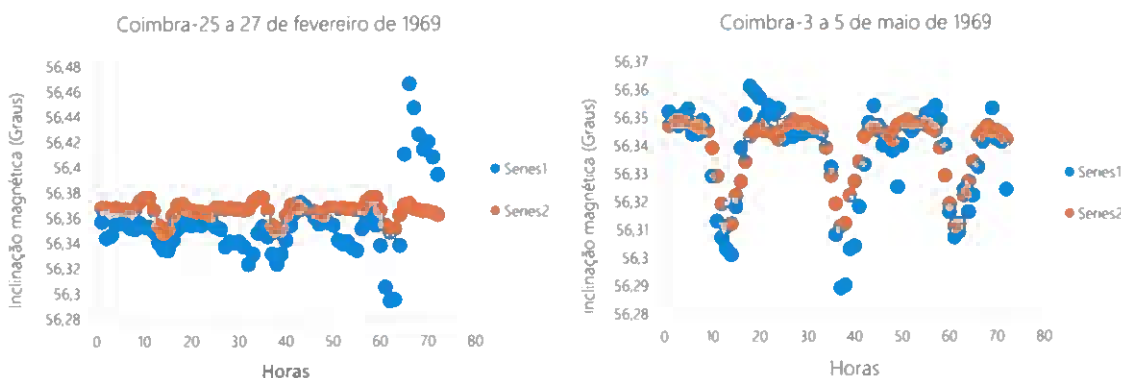


Figura 9. Valores médios horários da inclinação do campo geomagnético obtido a partir dos dados registados em Coimbra (azul-série 1) e média dos valores médios horários registados em "dias calmos" (laranja-série 2).

Os valores da declinação do campo geomagnético registados em Coimbra, de 25 a 27 de fevereiro de 1969 são inferiores aos valores médios obtidos em "dias calmos" na mesma estação. Salientam-se os valores obtidos no intervalo entre a hora 27 e a hora 35 (dia 26) tendo ocorrido o desvio mais elevado na hora 32 (-0,044°) e o intervalo entre a hora 51 e a hora 58 (dia 27) tendo ocorrido o desvio mais elevado na hora 55 (-0,032°). O desvio negativo mais elevado ocorreu na hora 63 (-0,076°). O

desvio positivo mais elevado ocorreu na hora 66 (0,095°). No intervalo de tempo correspondente aos dias 3, 4 e 5 de maio de 1969 observam-se desvios negativos acentuados nas horas 14 (-0,011°) e nas horas 37 e 38 (-0,022°). Os desvios positivos ocorreram da hora 16 até à hora 24 tendo-se registado o desvio mais elevado na hora 18 (0,018°) e da hora 54 até à hora 59, tendo-se registado o desvio mais elevado na hora 58 (0,010°).

DISCUSSÃO E ALGUMAS CONCLUSÕES

Se considerarmos apenas o intervalo de tempo entre a hora 1 e a hora 60 poderemos dizer que os desvios dos valores da componente horizontal do campo geomagnético, em relação às médias dos "dias calmos", são essencialmente desvios positivos, com valores mais acentuados em fevereiro e ocorrendo à mesma hora, nos dias 26 e 27 de fevereiro, mas a horas diferentes dos valores máximos ocorridos a 3 e 4 de maio. Relativamente à componente vertical do campo, podemos dizer que em fevereiro os desvios são sempre negativos mas em maio aparecem desvios positivos pouco acentuados nos dias 3 e 4. Os desvios negativos mais elevados ocorreram à mesma hora em fevereiro e em maio mas são mais elevados em fevereiro.

Os desvios da declinação em fevereiro são negativos e em maio são positivos mas havendo desvios negativos em alguns intervalos de tempo. A inclinação apresenta desvios negativos em fevereiro e em maio, mas existem alguns intervalos de tempo com desvios positivos em maio.

A partir da hora 60 verificam-se variações acentuadas nas componentes horizontal e vertical do campo, podendo-se observar um desvio positivo com um valor máximo de 7,5' nos valores da declinação magnética e um desvio negativo na inclinação com um valor máximo de -0,076° seguido de uma anomalia positiva com o valor máximo de 0,095°. Estes valores máximos foram obtidos na hora 63 e 66 respetivamente, o que significa que, em 3 horas, a inclinação do campo geomagnético sofreu uma variação de 0,171° relativamente aos valores médios observados nos "dias calmos". No intervalo de tempo referido a inclinação geomagnética apresentou apenas desvios positivos, com um valor máximo de 7,5' na hora 63 e 1,7' na hora 66.

As anomalias máximas descritas foram observadas nos registos dos vários Observatórios estudados, tendo apresentado valores diferentes. A análise dos valores obtidos permite-nos dizer que os valores mais elevados da anomalia máxima da declinação ocorreram em Coimbra (7,5') e San Fernando (6,4') seguindo-se Toledo (6,2') e Almeria (4,8'). Tenerife apresentou a anomalia mais elevada (5,8') na hora 65. Relativamente aos valores da inclinação obteve-se o desvio mais elevado em Toledo (6,0') seguindo-se Coimbra (5,7'), Almeria (5,6'), San Fernando (4,6') e Tenerife (4,4').

AGRADECIMENTOS

Os dados magnéticos registados no Observatório de San Fernando nos meses de Fevereiro a Maio de 1969 foram cedidos e enviados pelo Real Instituto y Observatório de La Armada em San Fernando (Espanha) para a elaboração do presente trabalho. Os nossos agradecimentos.

REFERÊNCIAS

- [1] Pena, J., J. Costa Nunes e F. Carrilho (2014) : "Catálogo Sísmico de Portugal Continental e Região Adjacente 1961-1969". Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Portugal.
- [2] Instituto Geofísico da Universidade de Coimbra (1972): "Observações Meteorológicas, Magnéticas e Sismológicas. Ano de 1969-2ª Parte: Magnetismo Terrestre". Volume CVIII, Coimbra, Portugal.
- [3] Instituto Geográfico y Catastral (1971): "Anuarios del Servicio de Geomagnetismo y Aeronomia, Año de 1969". Madrid, Espanha.
- [4] Online Geoid Calculator-SourceForge. <https://geographiclib.sourceforge.io/cgi-bin/GeoidEval> (último acesso-17 de fevereiro de 2023).
- [5] Instituto Geográfico y Catastral (1970): "Anuarios del Servicio de Geomagnetismo y Aeronomia, Año de 1968". Madrid, Espanha.