

Registo Instrumental dos efeitos físicos do Evento de Tunguska no Observatório Geofísico e Astronómico da Universidade de Coimbra

Instrumental recording of the physical effects of the Tunguska Event at the Geophysical and Astronomical Observatory of the University of Coimbra

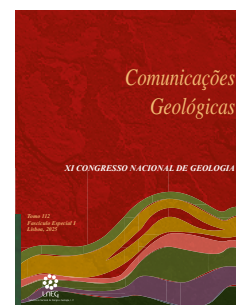
F. C. Lopes^{1,2*}, A. I. Gomes³, P. Ribeiro^{2,4}

DOI: <https://doi.org/10.34637/8nx3-th47>

Recebido em 15/10/2023 / Aceite em 22/01/2024

Publicado online em abril de 2025

© 2025 LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia IP



Artigo original
Original article

Resumo: A explosão de Tunguska ocorreu na Sibéria Central na manhã de 30 de junho de 1908 (cerca de 0h13, hora GMT), devastando uma vasta área de floresta e desencadeando grandes perturbações geofísicas, meteorológicas e biológicas. Abalos sísmicos, flutuações na pressão atmosférica e anomalias no campo magnético terrestre foram registados em diversas regiões da Eurásia setentrional e central. Nessa época, já se faziam observações magnéticas, meteorológicas e sísmicas no Observatório Meteorológico e Magnético da Universidade de Coimbra (OMMUC). Neste trabalho procedeu-se à análise dos registos sísmicos e magnéticos do património documental do antigo OMMUC, de modo a identificar qualquer perturbação que pudesse ser atribuída ao Evento de Tunguska. Foi possível concluir que, enquanto a vibração sísmica causada pela explosão de Tunguska foi registada, o mesmo não aconteceu com a perturbação magnética.

Palavras-chave: Evento de Tunguska, registos sísmicos, registos magnéticos, Observatório Meteorológico e Magnético, Universidade de Coimbra.

Abstract: The Tunguska explosion occurred in Central Siberia on the morning of June 30, 1908 (around 0 h 13 min, GMT), devastated a large area of forest and triggered major geophysical, meteorological and biological disturbances. Seismic shocks, fluctuations in atmospheric pressure and anomalies in the geomagnetic field have been recorded in several places in northern and central Eurasia. At that time, magnetic, meteorological and seismic observations were made at the Meteorological and Magnetic Observatory of the University of Coimbra (Observatório Meteorológico e Magnético da Universidade de Coimbra; OMMUC). In this work, we proceeded to the analysis of the seismic and magnetic records belonging to the documental heritage of the old OMMUC, in order to identify any disturbance that could be attributed to the Tunguska Event. It was possible to conclude that, while the seismic vibration caused by the Tunguska explosion was registered, the same did not happen with the geomagnetic disturbance.

Keywords: Tunguska Event, seismic records, magnetic records, Meteorological and Magnetic Observatory, University of Coimbra.

1. Introdução

Na manhã de 30 de junho de 1908, algo vindo do espaço exterior explodiu sobre a taiga da Sibéria Central com um clarão cegante e um impacto incrivelmente destruidor. Estima-se que esta poderosa explosão, acompanhada por uma radiação térmica ionizante e por precipitação moderadamente radioativa (e.g. Rubtsov, 2012; Johnston e Stern, 2019), foi equivalente à detonação de 30 a 50 milhões de toneladas de TNT (Pasechnik 1976), arrasando cerca de 2150 km² de floresta, derrubando cerca de 30 milhões de árvores e ateando incêndios que duraram vários dias (Figura 1). As estações sísmicas de Irkutsk (900 km a sul), São Petersburgo (3500 km a oeste) e Jena (Alemanha, a 5200 km a sudoeste) registaram a vibração do solo provocada pela explosão (e.g. Rubtsove, 2012). Flutuações da pressão atmosférica, num período de 20 minutos, foram detetadas nas estações meteorológicas da Rússia e da Grã-Bretanha (e.g. Zolotov, 1967, 1969; Rubtsove, 2012). Minutos após a explosão, perturbações do campo geomagnético foram também detetadas em território russo (Irkutsk) (Ivanov, 1961, 1964; Zhuravlev, 1998). Durante dois meses, por todo o hemisfério norte, as noites foram invulgarmente brilhantes (“noites luminosas”, Turco *et al.*, 1982). Nessa altura, funcionava na Universidade de Coimbra o Observatório Meteorológico e Magnético (OMMUC), fundado em 1864 (e.g. Ribeiro *et al.*, 2011), e que desde 1867 registava o campo magnético terrestre, e desde 1903 efetuava, também, observações sismográficas de forma contínua (e.g. Custódio *et al.*, 2012). O objetivo deste trabalho é identificar, na coleção histórica existente, os registos sísmico e magnético do maior impacto cósmico dos tempos modernos.

2. Metodologia

Para a realização do presente trabalho, foram aplicadas as seguintes metodologias: i) pesquisa bibliográfica sobre o Evento de Tunguska; ii) pesquisa, identificação e caracterização dos registos sísmico e magnético do Evento de Tunguska, obtidos no antigo Observatório Meteorológico e Magnético da Universidade de Coimbra.

3. O registo sísmico

Ao tempo da explosão de Tunguska, já funcionava no OMMUC a estação sísmica COI, apetrechada com um sismógrafo de Milne (e.g. Custódio *et al.*, 2012) (Figura 2a,b). Este sismógrafo, adquirido em 1901, era composto por um pêndulo com período natural de aproximadamente 20 s, com um fator de amplificação de 10 e registava

¹ Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra, Rua Sílvio Lima, Univ. Coimbra - Polo II, 3030-790 Coimbra, Portugal.

² CITEUC, Rua do Observatório S/N, 3040-004 Coimbra, Portugal.

³ Centro de Engenharia Mecânica, Materiais e Processos, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Polo II, 3030-790, Coimbra, Portugal.

⁴ OGAUC, Rua do Observatório SD/N, 3040-004, Coimbra, Portugal.

* Corresponding author / Autor correspondente: fernando.c.lopes@dct.uc.pt

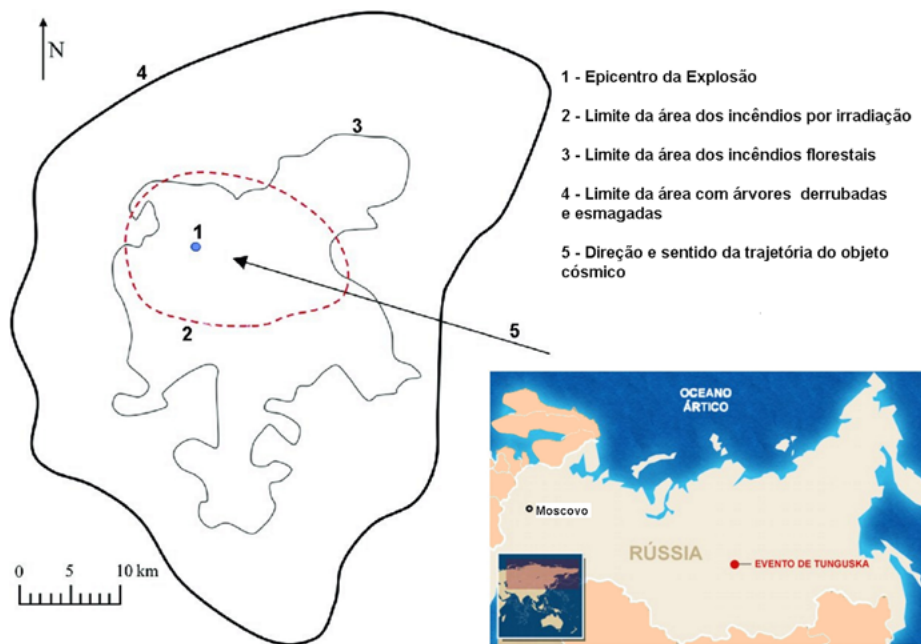


Figura 1. Mapa simplificado com a área de floresta arrasada pela explosão de Tunguska e com a trajetória aproximada do objeto cósmico (adaptado de Johnston e Stern, 2019).
 Figure 1. Simplified map with the forest area devastated by the Tunguska explosion and the approximate trajectory of the cosmic object (adapted from Johnston and Stern, 2019).

a componente horizontal do movimento do solo na direção E-W em rolos de papel fotográfico com duração semanal (Figura 2c). O papel tinha 4,9 cm de largura, sendo 3,4 cm de área de registo, e cada rolo possuía cerca de 10,5 m de comprimento total. O registo era feito através da entrada de luz, e apresentava a sinalização horária, em que cada intervalo de 1 hora correspondia a 6 cm.

A análise detalhada do rolo relativo ao período entre 29 de junho de 1908 e 6 de julho de 1908 (rolo número 267; Figura 3a), permitiu identificar, na posição correspondente ao início do dia 30 de junho de 1908, uma oscilação no registo do sismógrafo de Milne (Figura

3b,c), que tinha passado despercebida à análise dos técnicos da época. Essa oscilação é comparável à porção final da oscilação do registo sísmico obtido no Observatório Magnético e Meteorológico de Irkutsk a 30 de junho de 1908 (Figura 3d). Apesar de não ser possível referir com exatidão a hora desta oscilação, constata-se que a vibração sísmica registada teve uma duração de cerca de 13 minutos, com uma amplitude máxima de cerca de 0,05 cm. Não tendo ocorrido nenhum evento tectónico conhecido, local, regional ou mundial, neste período temporal, e sabendo que, em 1908, a estação COI se localizava fora da cidade de Coimbra (Figura 4), em local isolado e sossegado a esta hora

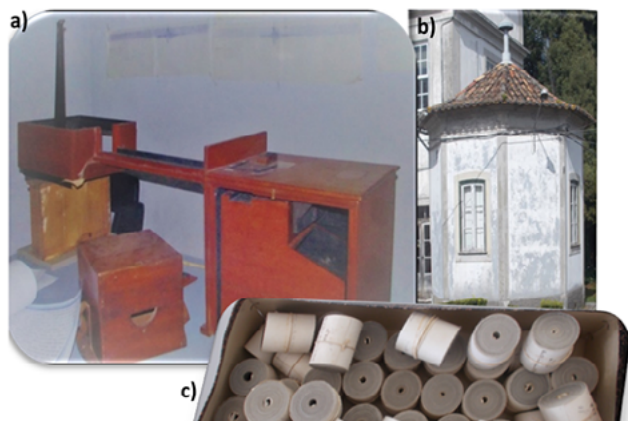


Figura 2. a) O sismógrafo de Milne da estação de Coimbra; b) O edifício onde estava instalado o sismómetro de Milne em 1908; c) A caixa com os rolos de papel onde o registo era efetuado.

Figure 2. a) The Milne seismograph of Coimbra station; b) the building where it was installed; c) The box with the paper rolls where the recording was made.

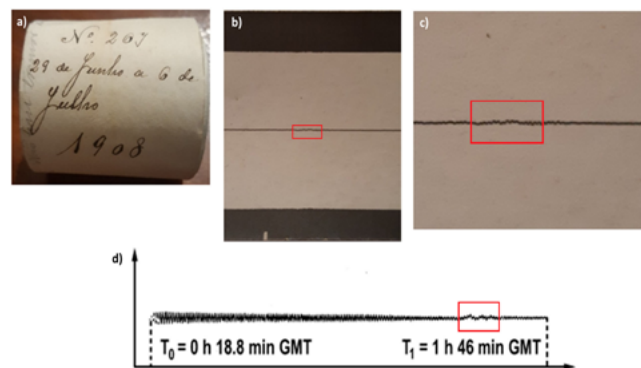


Figura 3. a) Rolo do Milne correspondente à semana de 29 de junho a 6 de julho de 1908; b) pequena oscilação no registo, que pode corresponder à explosão de Tunguska de 30 de junho de 1908; c) pormenor da pequena oscilação; d) imagem do registo sísmico obtido no Observatório Magnético e Meteorológico de Irkutsk a 30 de junho de 1908 (adaptado de Rubtsov, 2012), com destaque para a sua porção final (enquadrada a vermelho).

Figure 3. a) Milne roll corresponding to the week from June 29 to July 6, 1908; b) small oscillation in the record, which may correspond to the Tunguska explosion of June 30, 1908; c) detail of the small oscillation; d) image of the seismic record obtained at the Irkutsk Magnetic and Meteorological Observatory on June 30, 1908 (adapted from Rubtsov, 2012), with emphasis on its final portion (framed in red).

da madrugada, pode concluir-se que esta oscilação no registo sísmico da COI se deve à vibração do solo desencadeada pela explosão de Tunguska ocorrida na Sibéria, a mais de 9000 km de distância.

4. O registo magnético

Na literatura que descreve a ocorrência de efeitos magnéticos associados à explosão de Tunguska em 30 de junho de 1908, é referido que horas antes da explosão o campo geomagnético apresentava-se bastante calmo (Rubtsov, 2012). Alguns autores mencionam a ocorrência de variações do campo magnético da Terra cerca de 80 minutos antes da própria explosão (Rakhmatulin, 2019). Esta foi seguida, minutos depois, por uma importante perturbação que se prolongou por cerca de seis horas com uma evolução semelhante

a uma subtempestade magnética, de acordo com os magnetogramas do Observatório Magnético e Meteorológico de Irkutsk (localizado a cerca de 900 km a SSE de Tunguska; German, 2009; Rubtsov, 2012).

Apesar destas perturbações registadas no Norte da Europa, em nenhuma das curvas (H, D, Z) dos magnetogramas históricos do OMMUC, obtidos aproximadamente entre o meio-dia (12h) de 27, e o meio-dia de 30 de Junho de 1908, é possível assinalar, com segurança, qualquer perturbação significativa relacionada com a explosão de Tunguska (período compreendendo, aproximadamente, as últimas 3 horas do dia 29 e as primeiras horas do dia 30 de junho de 1908; Figura 5a). Este fato parece confirmar que o efeito magnético da explosão de Tunguska tenha sido essencialmente regional (Figura 5b). Segundo German (2009), durante o evento de Tunguska, L. Weber,

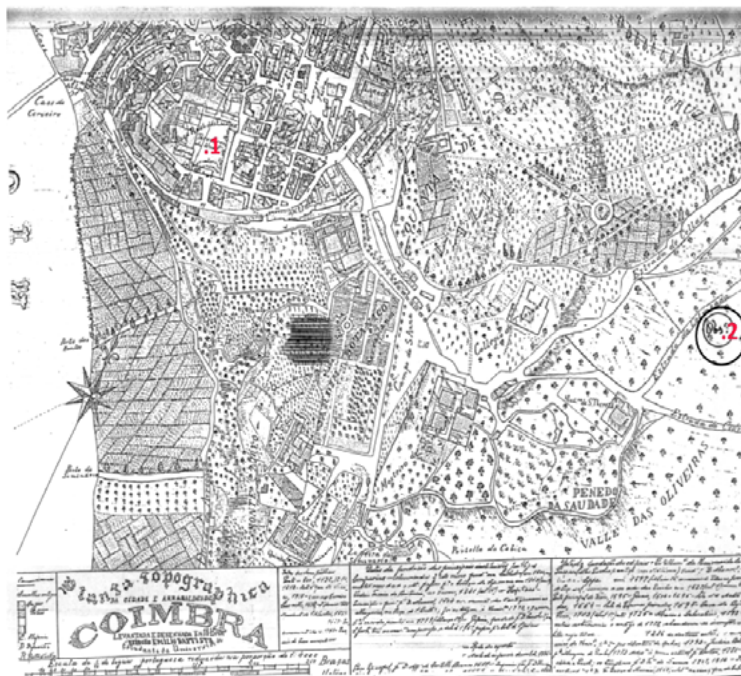


Figura 4. Mapa simplificado de Coimbra por volta de 1845, com a localização da Universidade (Paço Real das Escolas) (1) e do Observatório (2) (Santos, 1995).

Figure 4. Simplified map of Coimbra, around 1845, with the location of the University (Royal Palace of Schools) (1) and the Meteorological and Magnetic Observatory (2) (adapted from Santos, 1995).

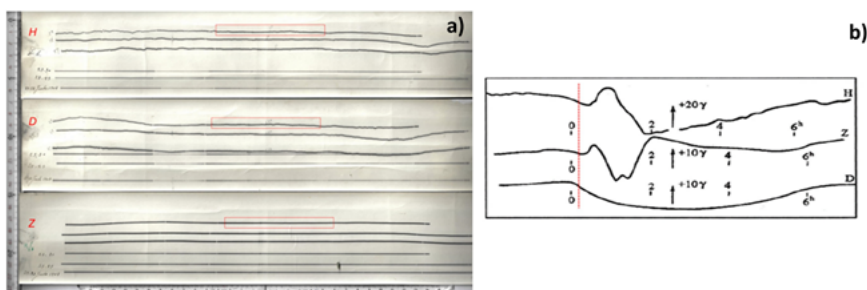


Figura 5.a) Magnetogramas do Observatório Meteorológico e Magnético da Universidade de Coimbra dos dias 27 a 30 de junho de 1908. Registos obtidos com os magnetógrafos de Adie (modelo de Kew) em papel fotográfico e uma velocidade de registo de $\sim 15,5$ mm/h. Valores de escala: H ~ 8 nT/mm; D = 1,13 min/mm; Z ~ 7 nT/mm; b) Magnetogramas da perturbação geomagnética regional de 30 de junho de 1908 (evento Tunguska), registados pelos magnetógrafos do Observatório de Irkutsk (adaptado de Rubtsov, 2012; depois de Ivanov, 1961). De acordo com Pasechnik (1986, *in* Rubtsov, 2012) a explosão ocorreu aproximadamente às 00h13m (GMT) (linha vermelha).

Figure 5.a) Magnetograms from the Meteorological and Magnetic Observatory of the University of Coimbra from the 27th to the 30th of June 1908. Records obtained with the Adie magnetographs (Kew model) on photographic paper and a recording speed of $\sim 15,5$ mm/h. Scale values: H ~ 8 nT/mm; D = 1.13 min/mm; Z ~ 7 nT/mm; b) Magnetograms of the regional geomagnetic disturbance of June 30, 1908 (Tunguska event), recorded by magnetographs at the Irkutsk Observatory (adapted from Rubtsov, 2012; after Ivanov, 1961). According to Pasechnik (1986, *in* Rubtsov, 2012) the explosion occurred at approximately 00:13 (GMT) (red line).

da Universidade de Kiel, relatou oscilações magnéticas regulares com uma amplitude de 2' e um período de 3 minutos, de 27 a 30 de junho de 1908. Essas oscilações ocorreram, especificamente, nos seguintes períodos: 18 h 00 min até 1 h 30 min da manhã, nos dias 27/28 e 28/29 de junho; 20 h 30 min até 1 h 30 min da manhã nos dias 29/30 de junho. Para German (2009), existem vários aspetos intrigantes nos registos de Kiel: as pulsações foram detetadas apenas no período da tarde/noite e terminaram em 30 de junho de 1908 às 0 h 30 min, ou seja, praticamente sobre o momento da explosão na Sibéria. No entanto, também neste caso, a análise atenta dos magnetogramas de Coimbra (Figura 10) não permite identificar as pulsações observadas em Kiel por Weber.

5. Conclusões

O Evento de Tunguska de 1908 foi excepcional, dentro do seu género, e teve consequências à escala global. A taiga siberiana foi esmagada, numa área de cerca de 2150 km², e incendiada por radiação térmica, numa área de 200 km². Ondas sísmicas e perturbações meteorológicas foram registadas em muitos locais da Terra. Houve perturbações magnéticas registadas regionalmente. A investigação do Evento de Tunguska é de grande interesse científico porque é o único exemplo, em termos civilizacionais, em que um objeto cósmico de grandes dimensões colide com o nosso Planeta. A estação sísmica COI, situada a mais de 9000 km de distância do local da explosão, à época integrada no antigo OMMUC e equipada com um sismógrafo de Milne, registou a vibração sísmica provocada por tal fenómeno. Por outro lado, os registos magnéticos do OMMUC não evidenciam qualquer perturbação, o que parece confirmar que o efeito magnético da explosão de Tunguska tenha sido essencialmente regional. A identificação nos registos da estação COI da vibração sísmica provocada pelo Evento de Tunguska, só foi possível pela reanálise dos rolos de registo sísmico do início do séc. XX. Tal facto vem reforçar a importância da reavaliação e reanálise dos antigos registos da estação COI, na atualidade integrada no Observatório Geofísico e Astronómico da Universidade de Coimbra (OGAUC). Atualmente, celebra-se a 30 de junho o Dia do Asteroide, recordando aquilo que é agora conhecido como o “Evento de Tunguska”.

Agradecimentos

Trabalho financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), através do projecto estratégico UID/Multi/00611/2020 atribuído ao CITEUC - Centro de Investigação da Terra e do Espaço, Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra e do FEDER – Fundo de Desenvolvimento Regional Europeu através do COMPETE 2020 – Programa Operacional de Competitividade e Internacionalização (projeto: POCI-01-0145-FEDER-006922). Os autores agradecem ao Observatório Geofísico e Astronómico da Universidade de Coimbra a cedência dos dados sísmicos e magnéticos utilizados neste trabalho.

Referências

- Custódio, S., Battló, J., Martins, D., Antunes, F., Narciso, J., Carvalho, S., Lima, V., Lopes, F.C., Ribeiro, P., Sleeman, R., Alves, E.I., Gomes, C.R. 2012. Station COI: dusting off an Old Seismic Station. *Seismological Research Letters, Historical Seismologist*, **83**: 863-869.
- German, B., 2009. Geomagnetic pulsations and Tunguska-1908 phenomenon. Proceedings of ESA's Second Swarm Int. Sci. Meeting, Potsdam, Germany, 34-42.
- Ivanov, K. G., 1961. Geomagnetic effects that were observed at the Irkutsk Magnetographic Observatory after the explosion of the Tunguska meteorite. *Meteoritika*, **21**: 46-48.
- Ivanov, K. G., 1964. The geomagnetic effect of the Tunguska fall. *Meteoritika*, **24**: 141-15 (em russo).
- Johnston, C. O., Stern, E. C., 2019. A model for thermal radiation from the Tunguska airburst. *Icarus*, **327**: 48-59.
- Pasechnik, I. P., 1976. Estimation of parameters of the Tunguska meteorite explosion from seismic and microbarographic data. *Cosmic Matter on the Earth*, 24-54 Novosibirsk: Nauka.
- Rakhmatulin R. A., 2019. Similar features of the Earth's magnetic field components during fall of the Tunguska and Chelyabinsk bolides. *Geodynamics and Tectonophysics*, **10** (3): 687-696.
- Ribeiro, P., Martins, D., Battló, J., Narciso, J., Custódio, S., Lopes, F. C., Gomes, C. R., 2011. Jacinto de Sousa e a Criação do Observatório Meteorológico e Magnético da Universidade de Coimbra. Livro de Atas do Congresso Luso-Brasileiro de História das Ciências. Universidade de Coimbra, 1259-1273.
- Rubtsov, V., 2012. Reconstruction of the Tunguska Event of 1908: neither an asteroid, nor a comet core. arXiv preprint arXiv, 1302.6273
- Santos, V. G. S. S., 1995. O Instituto Geofísico da Universidade de Coimbra (Bosquejo 353 Histórico). Coimbra (em português; não publicado).
- Turco, R. P., Toon, O. B., Park, C., Whitten, R. C., Pollack, J. B., Noerdlinger, P., 1982. An analysis of the physical, chemical, optical, and historical impacts of the 1908 Tunguska meteor fall. *Icarus*, **50**: 1-52.
- Zhuravlev, V. K., 1998. The geomagnetic effect of the Tunguska explosion and the technogenic hypothesis of the TSB origin. *RIAP Bulletin*, **4**: 3-10.
- Zolotov, A.V., 1967. On energy concentration of the explosion of the Tunguska space body. *Zhurnal Tekhnicheskoy Fiziki*, XXXVII (11): 2089-2094 (em russo).
- Zolotov, A.V., 1969. The Problem of the Tunguska Catastrophe of 1908. Minsk: Nauka i Tekhnika (em russo).