

Variações sazonais na monitorização contínua do fluxo de CO₂ do solo no Vulcão das Furnas (ilha de São Miguel, Açores)

Seasonal variation in soil CO₂ flux continuous monitoring at Furnas Volcano (São Miguel Island, Azores)

J. Pacheco^{1,2*}, F. Viveiros¹, C. Silva^{1,2}, T. Ferreira¹

Recebido em 28/02/2018 / Aceite em 16/12/2019

Publicado em agosto de 2020

© 2020 LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia IP

Artigo original
Original article

Resumo: Diversos estudos têm demonstrado que variáveis ambientais (*e.g.* meteorológicas) podem afetar a emissão de gases através dos solos, identificando, em alguns casos, variações sazonais na desgaseificação difusa de CO₂ em regiões vulcânicas. O presente estudo pretende complementar os trabalhos realizados anteriormente no Vulcão das Furnas relacionados com a desgaseificação difusa de CO₂, tendo como principal objetivo confirmar a existência de variações sazonais no fluxo deste gás. Para tal, foram analisados os dados da estação permanente de fluxo de CO₂ (GFUR2) entre outubro de 2011 e março de 2015. As medições de fluxo de CO₂ foram realizadas através do método da câmara de acumulação. Os dados obtidos sugerem a existência de variações sazonais, com registos de valores mais elevados durante os meses de inverno quando comparados com os meses de verão, confirmando assim a variação observada em trabalhos anteriores.

Palavras chave: Fluxo de CO₂, desgaseificação difusa através dos solos, variações sazonais, Vulcão das Furnas.

Abstract: Several studies have shown that environmental variables (*e.g.*, meteorological) can highly affect gas emissions through soils, and some of them even identified seasonal variations in volcanic soil CO₂ diffuse degassing areas. This study was performed at Furnas Volcano, one of the three central volcanoes located on São Miguel Island (Azores archipelago), not only to evaluate the existence of seasonal variations in the soil CO₂ flux, but also to complement previous soil CO₂ diffuse degassing works carried out in the area. The time series obtained between October 2011 and March 2015, at GFUR2 permanent station, was studied. Soil CO₂ fluxes at this site are measured using the accumulation chamber method. Data acquired at GFUR2 station suggest the existence of seasonal variations, with higher soil CO₂ fluxes values recorded during winter period when compared with summer period, confirming the behaviour previously observed.

Keywords: CO₂ flux, soil diffuse degassing, seasonal variations, Furnas Volcano.

1. Introdução

Estudos realizados em diversas áreas de desgaseificação difusa têm identificado variações sazonais na emissão de CO₂ (*e.g.* Viveiros *et al.*, 2014; 2015). As variáveis meteorológicas podem influenciar sazonalmente a emissão de gases a partir dos solos, sendo a precipitação, a pressão barométrica e a temperatura do ar algumas das variáveis com variação sazonal (*e.g.* Hernández *et al.*, 2012; Laiolo *et al.*, 2016; Viveiros *et al.*, 2008, 2012). O presente estudo pretende complementar os trabalhos realizados no Vulcão das Furnas e relacionados com a desgaseificação difusa de CO₂, tendo como principal objetivo confirmar a existência de variações sazonais no fluxo de CO₂ registado numa das estações permanentes instaladas neste sistema vulcânico. O Vulcão das Furnas é um dos três vulcões centrais ativos da ilha de São Miguel (Açores, Portugal). Apresenta várias manifestações de vulcanismo secundário, como campos fumarólicos, nascentes de águas termais e gasocarbónicas e zonas de desgaseificação difusa através dos solos, sendo os principais gases libertados o CO₂ e o ²²²Rn (Caliro *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2015; Viveiros *et al.*, 2012). Em outubro de 2004 foi instalada uma estação de fluxo de CO₂ nas proximidades do campo fumarólico das Lagoa das Furnas (GFUR2) para complementar a rede de monitorização geoquímica existente no arquipélago dos Açores (Viveiros *et al.*, 2008, 2015).

2. Metodologia

As estações permanentes de fluxo de CO₂ instaladas no Vulcão das Furnas realizam medições através do método da câmara de acumulação (Chiodini *et al.*, 1998). Estas estações também possuem sensores ambientais que efetuam medições da pressão barométrica, pluviosidade, temperatura e humidade relativa do ar, velocidade e direção do vento e temperatura e humidade do solo em simultâneo com as medições de fluxo de CO₂ (Viveiros, 2003). Para este trabalho foram tratados os dados da estação GFUR2 no período compreendido entre outubro de 2011 e março de 2015.

¹ Instituto de Investigação em Vulcanologia e Avaliação de Riscos (IVAR), Universidade dos Açores, Edifício do Complexo Científico, 3º Piso, ala Sul, 9500-321 Ponta Delgada, Portugal.

² Centro de Informação e Vigilância Sismovulcânica dos Açores (CIVISA), Universidade dos Açores, Rua Mãe de Deus, Edifício do Complexo Científico - Ala Sul, 3º piso, 9500-321 Ponta Delgada, Portugal.

* Autor correspondente/corresponding author: Joana.P.Eleuterio@azores.gov.pt

3. Resultados e discussão

Durante o período de estudo, os valores de fluxo de CO₂ na estação GFUR2 variaram entre 1,4 e 649,0 g m⁻² d⁻¹ (Fig. 1). Considerando a divisão das estações do ano propostas por Viveiros *et al.* (2014), que definiu os meses entre maio e setembro como estação seca (designado de verão) e os meses entre novembro e março como estação chuvosa (designada de inverno), verifica-se que durante a estação chuvosa o valor médio de fluxo de CO₂ é mais elevado em comparação com a estação seca (Tab. 1). O valor médio mais elevado foi registado em novembro de 2014 e o mais baixo em junho de 2013. A variação sazonal do fluxo de CO₂ apresenta uma relação inversa com a temperatura do ar e do solo e direta com a

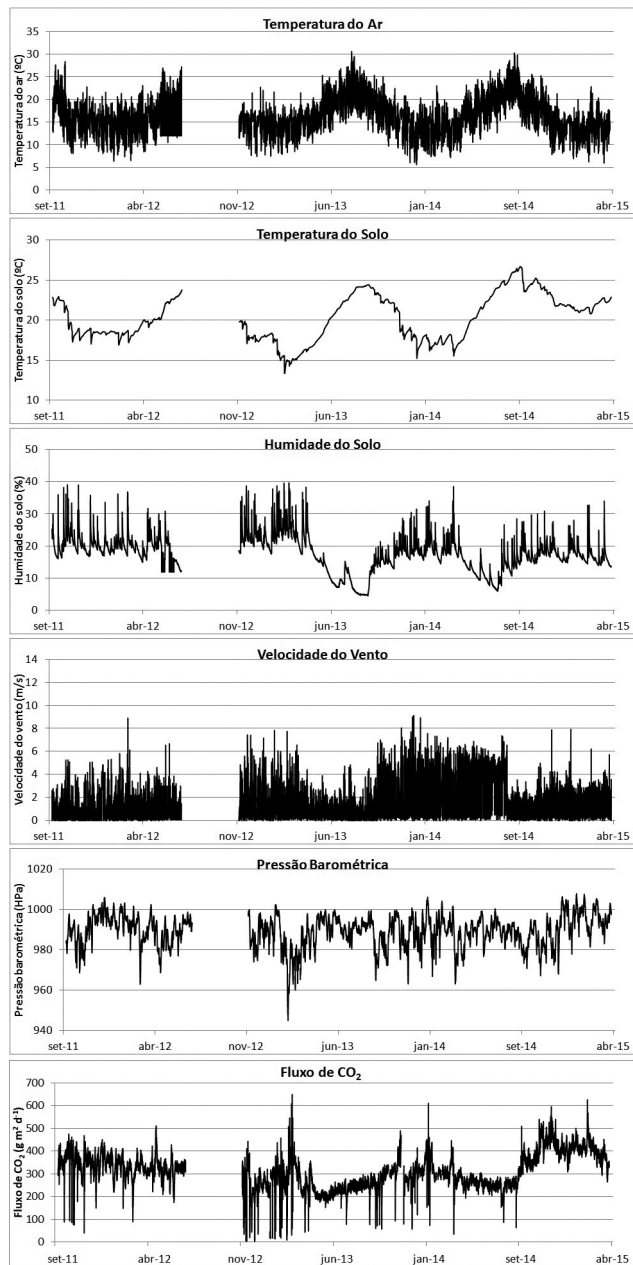


Figura 1. Variações do fluxo de CO₂ e dos diferentes parâmetros ambientais monitorizados na estação GFUR2 durante o período de estudo.

Figure 1. Variations of the soil CO₂ flux and the different monitored environmental variables at GFUR2 station during the studied period.

Tabela 1. Médias do fluxo de CO₂ na estação GFUR2 durante os períodos de inverno e verão.

Table 1. Soil CO₂ average flux values at GFUR2 station for the winter and summer periods.

Período	Médias do fluxo de CO ₂ (g m ⁻² d ⁻¹)
Inverno 2011 (nov 2011 – mar 2012)	334,0
Verão 2012 (mai 2012 – jul 2012)	320,8*
Inverno 2012 (nov 2012 – mar 2013)	256,1
Verão 2013 (mai 2013 – set 2013)	231,1
Inverno 2013 (nov 2013 – mar 2014)	314,8
Verão 2014 (mai 2014 – set 2014)	268,4
Inverno 2014 (nov 2014 – mar 2015)	413,4

*Durante o verão de 2012 só foi possível obter dados entre maio e julho devido a um problema técnico da estação.

humidade do solo e a velocidade do vento, como se pode observar na figura 1. As relações observadas não estão de acordo com os coeficientes de correlação de Pearson calculados (Tab. 2) relativamente à velocidade do vento e à temperatura do solo, por este coeficiente refletir as variações de curto período. Este facto poderá ainda estar relacionado com a sobreposição da influência da temperatura do ar (Fig. 2), sendo esta a variável que melhor se correlaciona (Tab. 2) com o fluxo de CO₂ para o período em estudo. Apesar de se verificar um incremento nos valores médios de fluxo de CO₂ nos últimos meses de estudo, os mesmos encontram-se dentro da ordem de grandeza dos valores registados ao longo dos últimos anos na estação permanente GFUR2 (Viveiros *et al.*, 2012).

4. Conclusão

Durante este período de estudo, observaram-se variações nos valores de fluxo de CO₂ na estação permanente GFUR2 que parecem estar relacionadas com variações de parâmetros ambientais (Fig. 1). Por outro lado, verifica-se que os valores médios registados durante o período de inverno são ligeiramente superiores aos registados durante o período de verão (Fig. 2), sugerindo um padrão sazonal. Este trabalho vem assim confirmar, o que já foi observado em

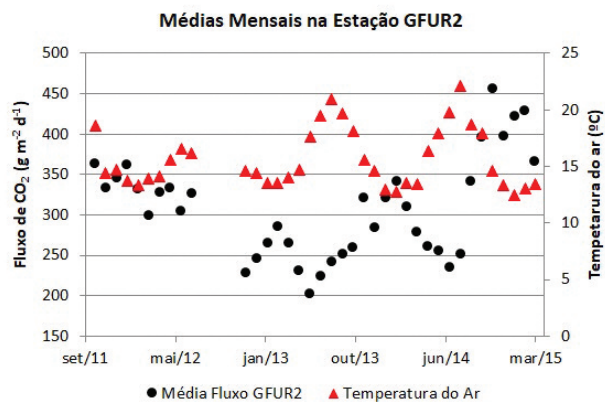


Figura 2. Médias mensais de fluxo de CO₂ e da temperatura do ar na estação GFUR2.

Figure 2. Monthly average CO₂ flux and air temperature at GFUR2 station.

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson entre os vários parâmetros monitorizados na estação permanente GFUR2.

Table 2. Pearson correlation coefficient between the monitored parameters at GFUR2 permanent station.

Variáveis	Fluxo de CO ₂ (g m ⁻² d ⁻¹)	Temperatura do ar (°C)	Pressão barométrica (hPa)	Temperatura do solo (°C)	Humidade no solo (%)	Velocidade do vento (m s ⁻¹)
Fluxo de CO ₂ (g m ⁻² d ⁻¹)	1	-0,32	0,06	0,14	0,17	-0,15
Temperatura do ar (°C)	-0,32	1	-0,07	0,50	-0,44	0,19
Pressão barométrica (hPa)	0,06	-0,07	1	0,07	-0,35	-0,06
Temperatura do solo (°C)	0,14	0,50	0,07	1	-0,58	-0,02
Humidade no solo (%)	0,17	-0,44	-0,35	-0,58	1	-0,09
Velocidade do vento (m s ⁻¹)	-0,15	0,19	-0,06	-0,02	-0,09	1

trabalhos anteriores (Viveiros *et al.*, 2008, 2012, 2015), que demonstraram que esta estação apresenta valores de fluxo de CO₂ mais baixos durante o verão e mais elevados durante o inverno.

Referências

- Caliro, S., Viveiros, F., Chiodini, G., Ferreira, T., 2015. Gas geochemistry of hydrothermal fluids of the S. Miguel and Terceira Islands, Azores. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **168**: 43-57.
- Chiodini, G., Cioni, R., Guidi, M., Raco, B., Marini, L., 1998. Soil CO₂ flux measurements in volcanic and geothermal areas. *Appl. Geochem.*, **13**: 543-552.
- Hernández, P. A., Padilla, G., Padrón, E., Pérez, N. M., Calvo, D., Nolasco, D., Melián, G., Barrancos, J., Dionis, S., Rodríguez, F., Sumino, H., 2012. Analysis of long- and short-term temporal variations of the diffuse CO₂ emission from Timanfaya volcano, Lanzarote, Canary Islands. *Appl. Geochem.*, **27**(12): 2486-2499. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2012.08.008>
- Laiolo, M., Ranaldi, M., Tarchini, L., Carapezza, M. L., Coppola, D., Ricci, T., Cigolini C., 2016. The effects of environmental parameters on diffuse degassing at Stromboli Volcano: Insights from joint monitoring of soil CO₂ flux and radon activity. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **315**: 65-78.
- Silva, C., Ferreira, T., Viveiros, F., Allard, P., 2015. Soil radon (²²²Rn) monitoring at Furnas Volcano (São Miguel, Azores): Applications and challenges. *Eur. Phys. J. Spec. Top.*, **224**: 659-686.
- Viveiros, F., 2003. *Contribuição para o estudo dos processos de degaseificação difusa nos Açores no âmbito da monitorização sismovulcânica e da avaliação do risco: discriminação de factores que influenciam a variação do fluxo de CO₂*. Tese de Mestrado em Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos, Dep. de Geociências, Univ. dos Açores, 140.
- Viveiros, F., Cardellini, C., Ferreira, T., Silva, C., 2012. Contribution of CO₂ emitted to the atmosphere by diffuse degassing from volcanoes. The Furnas Volcano case study. *Int. J. Global Warm.*, **4**(3/4): 287-304.
- Viveiros, F., Ferreira, T., Cabral Vieira, J., Silva, C., Gaspar, J.L., 2008. Environmental influences on soil CO₂ degassing at Furnas and Fogo volcanoes (São Miguel Island, Azores archipelago). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **177**: 883-893.
- Viveiros, F., Ferreira, T., Silva, C., Vieira, J. C., Gaspar, J. L., Virgili G., Amaral, P., 2015. Permanent monitoring of soil CO₂ degassing at Furnas and Fogo volcanoes (São Miguel Island, Azores). *Geol. Soc. London, Memoirs*, **44**: 271-288. <https://doi.org/10.1144/M44.20>
- Viveiros, F., Vandemeulebrouck, J., Rinaldi, A.P., Ferreira, T., Silva, C., Cruz, J. C., 2014. Periodic behavior of soil CO₂ emissions in diffuse degassing areas of the Azores archipelago: Application to seismovolcanic monitoring. *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, **119**. doi:10.1002/2014JB011118.