

AVALIAÇÃO DA DIMINUIÇÃO DA QUALIDADE DO AR NOS AÇORES- PORTUGAL AQUANDO DA ATIVIDADE DO VULCÃO EYJAFJALLAJÖKULL, NA ISLÂNDIA

Mónica Garcia, Vasco Ferreira e Félix Rodrigues
Universidade dos Açores – Campus de Angra do Heroísmo

Resumo

Neste trabalho pretendeu-se avaliar os impactos provocados pelos materiais expelidos pelo vulcão Eyjafjallajökull na Islândia, na qualidade do ar do Arquipélago dos Açores-Portugal no ano de 2010. Para tal foram construídas trajetórias reversas, a partir da ilha Terceira no período em que o vulcão esteve mais ativo – 21 de março a 17 de maio de 2010, usando o modelo HYSPLIT. Paralelamente utilizaram-se os dados de PM10, registados na estação de qualidade do ar localizada na ilha do Faial no Arquipélago dos Açores, nesse mesmo período de tempo, de modo a perceber se existia alguma relação entre as trajetórias retrógradas construídas ou modeladas pelo HYSPLIT e a quantidade de partículas PM10 em suspensão no ar respirável.

Verificou-se que o comportamento das várias trajetórias retrógradas, a diferentes altitudes é muito diversificado, mostrando claramente que a circulação atmosférica e a dispersão de partículas varia com a altitude. Os registos reais de PM10 à superfície, no Faial, dão consistência aos resultados do modelo HYSPLIT uma vez que, num primeiro período (13, 14 e 16 de abril), houve a chegada de cinzas até ao nível do solo, porém tal facto já não foi confirmado num segundo período (de 9 a 16 de maio), quando foram cancelados voos na região e para a região, devido à presença de nuvens de cinza sob o Arquipélago. Nessa altura os valores de concentração de partículas no ar mantiveram-se praticamente constantes. Um dos motivos que pode ter levado à paralisação de voos no espaço aéreo dos Açores, sem ter havido grande aumento superficial de PM10, poderá ter a ver com a dispersão de cinzas em altitude (afetando a aviação sem afetar a qualidade do ar respirável).

Pode-se afirmar que a as emissões do Eyjafjallajökull além dos impactos inequívocas que teve na aviação no arquipélago, também constituiu uma fonte de poluição natural e afetou a qualidade do ar do Arquipélago dos Açores, bem como a qualidade do ar de toda a região do Atlântico Norte Central.

Palavras Chave: Vulcanismo, Emissões, Poluentes, Impactos Ambientais, Qualidade do ar.

A modelação da dispersão de poluentes de origem natural

Os vulcões são causadores de poluição natural, pois lançam grandes quantidades de gases e aerossóis na atmosfera, que alteram o balanço radiativo da atmosfera quer a nível local quer a nível global, por períodos de tempo imprevisíveis.

A maioria dos vulcões a nível mundial, quando na sua fase explosiva, lançam grandes quantidades de cinzas e piroclastos até grandes altitudes, formando plumas vulcânicas, chegando algumas delas a penetrar na estratosfera. Ao caírem essas cinzas formam depósitos, que se forem consolidados podem constituir rochas. As cinzas podem ter até 2 mm de diâmetro (Vulcano Discovery, 2009).

Os aerossóis vulcânicos vão-se espalhando na atmosfera, sob a forma de nuvens, e têm vários impactos nas atividades humanas, sobretudo a nível da aviação, uma vez que ao

entrarem nos motores, a cinza, devido às elevadas temperaturas, derrete e agrega-se às câmaras de combustão, impedindo assim a passagem de ar, e, conseqüentemente, parando os motores das aeronaves (Budetta, 2002).

Este trabalho de investigação centrou-se na análise de alguns dos impactos ambientais provocados pelos materiais expelidos pelo vulcão Eyjafjallajokull, numa região atlântica (Região Açores) localizada a cerca 2850 km da fonte emissora. Para tal construíram-se trajetórias reversas de partículas em direção à ilha Terceira no Arquipélago dos Açores – Portugal, no período em que o vulcão esteve mais ativo: de 21 de março a 17 de maio de 2010, recorrendo ao modelo HYSPLIT (Hybride Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model), desenvolvido pelo Air Resources Laboratory da NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (Draxler & Rolph, 2011), cruzando-as com a concentração de partículas PM10 (partículas de diâmetro aerodinâmico inferior a 10 micrómetros) registadas no mesmo período na ilha do Faial, cuja estação de qualidade do ar é da responsabilidade da APA (Agência Portuguesa de Ambiente) (APA, 2012).

De acordo com Veriankait *et al.* (2009) o método mais comum para traçar o transporte de partículas atmosféricas a partir de uma fonte emissora é utilizando modelos lagrangianos. São imensos os trabalhos de modelação da dispersão de plumas de poluentes que recorrem ao modelo HYSPLIT da NOAA, podemos mesmo afirmar-se que é um dos modelos mais utilizados do mundo.

Em 2009 Veriankaite *et al.* utilizando este modelo e outros do género, para determinar as fontes do pólen na Lituânia e países vizinhos, no período de 2004 a 2007, concluíram que os resultados do HYSPLIT indicavam com boa precisão, as fontes de pólen.

Também no Brasil Sgrillo realizou em 2010 um trabalho utilizando o modelo HYSPLIT, cujo objetivo era analisar a trajetória do fungo monilíase do caucueiro, que infeta os frutos que nascem e os deixam incomestíveis. Nesse trabalho o autor conclui que a intensidade de dispersão de esporos seria maior nos meses do meio do ano, e que a introdução da monilíase do caucueiro no Brasil, por disseminação aérea, seria maior nos meses de março e abril, quando os ventos e as chuvas ainda estavam fortes, e em setembro e outubro, com o início das chuvas e o aumento da velocidade dos ventos. Tais conclusões teriam sido impossíveis de tirar se o modelo não previsse com razoabilidade a dispersão atmosférica de partículas.

Em Inglaterra, um estudo realizado por Strong *et al.*, 2010, também utilizando o modelo HYSPLIT para prever as origens do ozono troposférico que foram detetadas em quantidades elevadas em catorze zonas rurais Inglesas, durante a primavera e o verão de 1995, também provou que este modelo era eficaz para a previsão da dispersão de substâncias gasosas, mesmo originárias das camadas superiores da atmosfera. Nesse estudo refere-se que no início do século XIX a concentração deste gás na troposfera era próxima dos 10 ppb a 15 ppb (ppb-partes por bilião), mas com o decorrer do século XX essa concentração aumentou no hemisfério norte para os 41 ppb, e durante o dia a concentração chegava mesmo a atingir valores superiores a 100 ppb. Concentrações tão elevadas como estas provocam danos nos seres vivos e na vegetação. Nesse estudo foi possível encontrar a origem do ozono e modelar o cenário que resultaria de uma futura redução de ozono troposférico.

Pelo que se acaba de expor, crê-se que o modelo HYSPLIT se pode traduzir numa ferramenta capaz de ajudar a compreender a dispersão de poeiras vulcânicas desde uma fonte para regiões relativamente remotas, com inequívoco interesse na proteção de bens e da saúde pública.

A Islândia é uma região vulcanicamente ativa localizada na Dorsal Médio Atlântica que se estende desde o Oceano Ártico até ao extremo sul de África. De um modo geral, a

Dorsal Médio Atlântica faz parte do sistema global de dorsais oceânicas e separa a placa Americana, a ocidente (W), das placas Euroasiática e Africana, a este (E). Pode-se afirmar ainda que a Islândia se encontra em expansão, entre as placas Americana e Euroasiática. Por isso, é uma ilha com intensa atividade vulcânica e o episódio do Eyjafjallajökull pode ajudar-nos a compreender futuras dispersões de cinzas vulcânicas originárias dessa ilha.

O vulcão Eyjafjallajökull fica localizado no glaciário com o mesmo nome, constituindo-se um estrato-vulcão de 1666 metros de altitude. Esse vulcão esteve adormecido no século XX. A última vez que tinha entrado em erupção tinha sido em 1821, durando essa erupção até 1823 (University of Iceland, 2011).

A 21 de março de 2010 deu-se uma grande explosão que levou à evacuação de 500 pessoas da região de Eyjafjallajökull, mas foi a erupção de 14 de abril (20 vezes mais poderosa) que causou o grande transtorno aéreo em todo o norte da Europa, ao lançar sobre esse continente milhões de toneladas de poeiras (University of Iceland, 2011). É nesse período que foi registado por Rodrigues (2010), em trabalho não publicado em revista científica, a queda de cinzas vulcânicas sobre os Açores, nomeadamente na ilha Terceira, cujas partículas continham diâmetros aerodinâmicos elevados (maiores do que 250 μm).

Este estudo centra-se no período de 21 de março de 2010 a 17 de maio de 2010, logo após a primeira explosão do vulcão Eyjafjallajökull (a 21 março de 2010) e até meados de maio, altura em que ocorre uma paralisação aérea em quase toda a Europa, inclusive no Arquipélago dos Açores.

Metodologia

Neste trabalho recorreu-se ao modelo HYSPLIT da NOAA (Draxler & Rolph, 2011) para determinar, a partir de trajetórias retrógradas, a chegada de partículas vulcânicas à ilha Terceira, no período de 21 de março a 17 de maio de 2010 correspondente ao período de atividade do vulcão islandês: Eyjafjallajökull.

Considerou-se o ponto de chegada das partículas como sendo as coordenadas geográficas: 38.6557° N, e 27.2236° W. Consideraram-se ainda três altitudes diferentes para o transporte de matéria particulada nesse período: 1666 metros, 4000 metros, e 6000 metros. Os 1666 metros considerados correspondiam à altitude do Eyjafjallajökull e os 4000 m e 6000 m (troposfera livre) pelo facto das cinzas poderem ser projetadas a grandes altitudes, aquando da emissão de piroclastos, não se sabendo exatamente as altitudes que as cinzas do Eyjafjallajökull atingiram. Por outro lado, recorreu-se à observação direta, através de lupa com escala incorporada, em laboratório, das partículas recolhidas por Rodrigues (2010) nesse período, que mostrou que essas eram grosseiras, o que implicava que terem atingido elevadas altitudes para que pudessem percorrer a distância de cerca de 3500 km que separa a Islândia dos Açores, sem que houvesse pelo caminho, uma deposição gravítica.

Na página *online* da Agência Portuguesa do Ambiente, foi possível encontrar as medições PM10 de concentração de partículas no ar na ilha do Faial, num período equivalente ao anterior. Como essas medições correspondiam a valores horários, transformámo-los em médias diárias. Assim sendo, foi possível comparar a previsão de chegada de partículas ao Arquipélago dos Açores pelo HYSPLIT e verificar se tal previsão correspondia a um aumento de partículas PM10 à superfície.

Resultados

A avaliação do diâmetro aerodinâmico de partículas de cinzas vulcânicas, captadas numa amostra de água da chuva em Angra do Heroísmo, ilha Terceira, Açores – Portugal, por Rodrigues (2010), no dia 22 de março de 2010, pelas 8:30h da manhã, revelou que essas eram piroclastos de formação recente, cuja única explicação para a sua presença na água da chuva da ilha resultaria da atividade vulcânica que ocorria nesse momento no Eyjafjallajökull, a cerca de 2850 km do local onde se procedeu à sua colheita (ver figura 1)

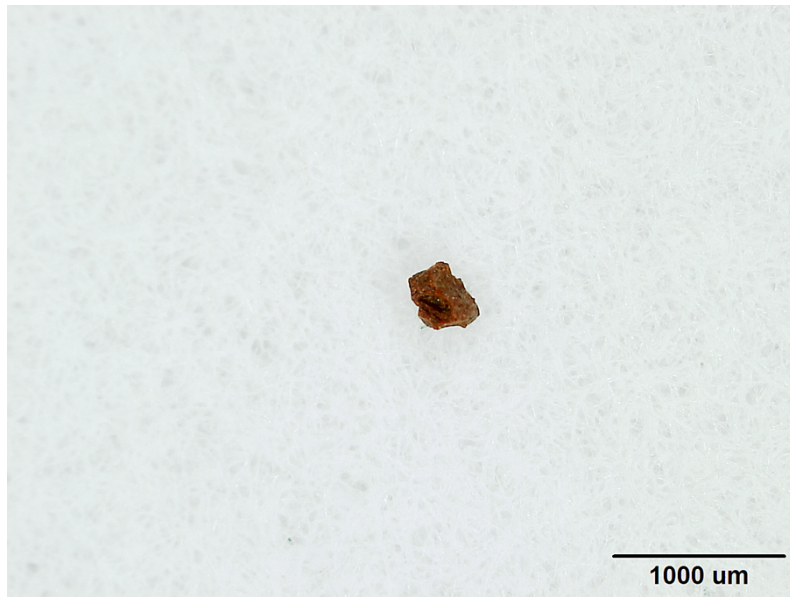


Figura 1 – Imagem á lupa de partícula de origem vulcânica (piroclasto) recolhida na água da chuva de Angra do Heroísmo no dia 22 de março de 2010, pelas 8:30H.

A determinação da dimensão de uma amostra de 23 partículas grosseiras, contidas na água da chuva colhida no dia 23 de março de 2010 em Angra do Heroísmo, revelou que o diâmetro médio dessas partículas era de 4,25 mm, com um desvio padrão de 3,4 mm. A partícula grosseira de menor diâmetro analisada neste trabalho foi de 0,25 mm e a maior com 17,7 mm de comprimento, mas a sua espessura era só de apenas 0,2 mm. O erro associado a cada medição foi de 0,13 mm.

Os resultados das dimensões dessas partículas são de facto inesperados, pois não é suposto que partículas dessas dimensões percorram distâncias tão grandes na atmosfera, sem sofrerem deposição gravítica. Tal poderá ocorrer se as partículas atingirem altitudes muito elevadas, da ordem dos 20 km de altitude. Por outro lado, essas partículas não são típicas de cinzas vulcânicas, uma vez que a sua dimensão média é da ordem dos 2 mm.

De facto, os aerossóis podem residir na atmosfera algum tempo e percorrer grandes distâncias: quanto menor o diâmetro da partícula, menor a sua massa e maior será a distância percorrida por elas. As partículas de maior massa, e por consequência maior diâmetro aerodinâmico, têm um tempo de residência atmosférico muito pequeno e sofrem uma dispersão essencialmente local.

De facto as partículas expelidas pelo vulcão islandês em estudo, principalmente as de maior massa, acabaram por cair na área envolvente ao vulcão, e as mais finas e mais leves, foram as transportadas pelas correntes atmosféricas para locais mais distantes, afetando, nesse caso, quase toda a Europa, incluindo os Açores.

Na figura 2 pode observar-se a variação da concentração de partículas com diâmetro aerodinâmico inferior a 10 µm, em µg/m³, no ar dos Açores, no período de 21 de março

a 30 de abril de 2010, colhidas na ilha do Faial (ilha que pertence, tal como a ilha Terceira, ao Grupo Central do Arquipélago dos Açores). A estação de qualidade do ar do Faial, da responsabilidade da Agência Portuguesa do Ambiente, está localizada na cidade da Horta.

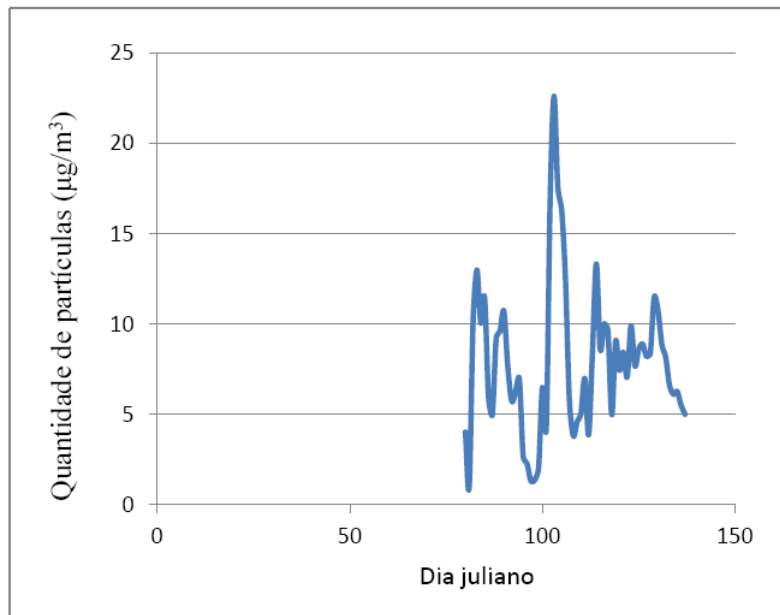


Figura 2 – Variabilidade da concentração de partículas PM10 na ilha do Faial no período de atividade do Eyjafjallajökull.

No gráfico anterior observa-se um pico de elevadas concentrações, entre os dias 12 e 16 de abril de 2010. Quando cruzamos essa informação com as trajetórias retrógradadas isentrópicas produzidas pelo modelo HYSPLIT, verifica-se que nos dias 13, 14 e 16 de abril, existe uma trajetória de grande altitude (trajetória a verde da figura 3 – 6 km) a passar próximo do vulcão Eyjafjallajökull.

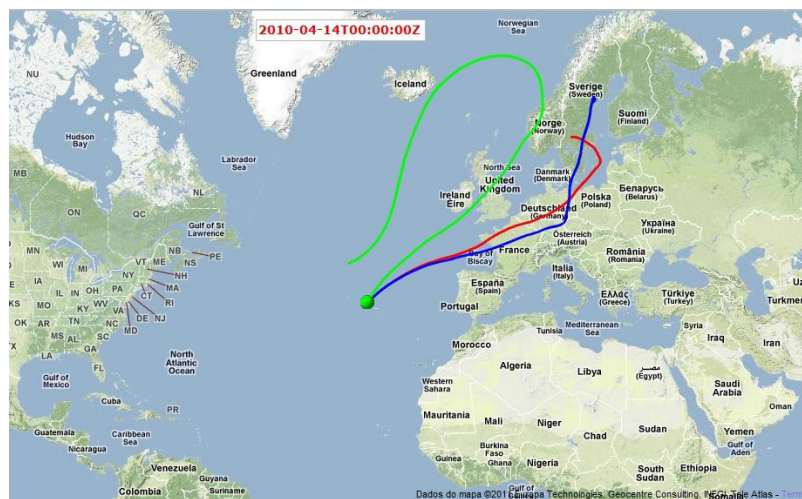


Figura 3 – Trajetórias retrógradadas isentrópicas, a partir da ilha Terceira, para o dia 14 de abril de 2010.

Uma vez que estes dias são os que também apresentam maior concentração de partículas no ar, admitimos que muitas dessas partículas sejam cinzas vulcânicas islandesas que chegaram aos Açores. Essas partículas tiveram que ser lançadas a grandes altitudes, para atingirem ao arquipélago açoriano, podendo afirmar-se que de facto o vulcão islandês emitiu partículas que atingiram a estratosfera.

Na imagem anterior, a trajetória a verde está associada a uma massa de ar que se movimenta aos 6 km de altitude, a trajetória a azul, ao movimento de uma massa de ar que se desloca aos 4 km de altitude e a trajetória a vermelho, a uma massa de ar que se desloca a uma altitude de 1666 m (altitude do cone vulcânico do Eyjafjallajökull). Nessa imagem, verifica-se que a trajetória dos 6 km de altitude passa mesmo junto do vulcão Eyjafjallajökull, explicando deste modo o transporte de cinzas vulcânicas para os Açores nesse período.

Na figura 4 apresentam-se as trajetórias retrógradas isentrópicas obtidas pelo HYSPLIT para o dia 16 de abril de 2010, onde as cores têm o mesmo significado das referidas para as trajetórias da figura 3.



Figura 4 – Trajetórias retrógradas isentrópicas, a partir da ilha Terceira, para o dia 16 de abril de 2010.

A trajetória de maior altitude (6 km) passa agora a norte da Islândia, porém no seu percurso encontravam-se, possivelmente, algumas cinzas vulcânicas, sendo essas arrastadas a grande altitude para os Açores, justificando a presença de cinzas na região nesse período. As trajetórias de baixa altitude passaram por cima do Reino Unido, que já se encontrava com o espaço aéreo encerrado nessa data.

Nos Açores, o espaço aéreo só foi encerrado no dia 8 de maio de 2010, devido à presença inequívoca de cinzas vulcânicas, conforme se pode ler num comunicado do Grupo SATA (Serviço Açoriano de Transportes Aéreos), publicado no seu sítio da Internet. O espaço aéreo açoriano voltou a ser aberto a 12 de maio de 2010. O Grupo SATA foi obrigado a cancelar 224 voos nos Açores, afetando 14207 passageiros, para além de outras companhias aéreas que não puderam viajar para a região. De facto as trajetórias do HYSPLIT demonstram que no período de 9 de maio e 16 de maio de 2010, as trajetórias isentrópicas de massas de ar grande altitude (6 km), passam junto à Islândia. Na figura 5, apresentam-se as trajetórias isentrópicas retrógradas para o dia 13

A previsão do deslocamento de nuvens de cinzas vulcânica é hoje em dia possível, fiável, e extremamente útil, tanto para a aviação como para a proteção da saúde pública, ao nível da previsão ou ao nível do estabelecimento imediato de regras segurança.

O modelo HYSPLIT usado neste trabalho revela-se útil, de fácil manuseio e de grande fiabilidade para gerir os problemas anteriormente mencionados. De facto, comparando as trajetórias de massas de ar do modelo HYSPLIT, com medições à superfície, verifica-se haver uma boa concordância entre o modelo e a realidade.

Neste trabalho verificou-se que, apesar de ser considerado pouco provável, partículas vulcânicas de grandes dimensões (maiores do que 1 mm) podem percorrer grandes distâncias na atmosfera, concluindo-se também que, apesar de uma região se encontrar muito longe de uma fonte emissora natural, isso não implica que esteja livre de impactos negativos fortes de uma atividade vulcânica remota.

Agradecimento

Agradece-se a colaboração da Engenheira Enésima Mendonça, do Grupo de Biodiversidade da Universidade dos Açores, na obtenção de imagens digitais das poeiras analisadas.

Bibliografia

APA. 2012. *Agência Portuguesa do Ambiente*. <http://www.apambiente.pt/>. Data de consulta: janeiro de 2012.

Budetta, P. 2002. Risk assessment from debris flows in pyroclastic deposits along a motorway, Italy. *Bull Eng. Geol. Env.* 61:293–301.

Draxler, R.R. and Rolph, G.D., 2011. *HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model*. Access via NOAA ARL READY Website (<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.

Grupo SATA, 2011, *Encerramento do espaço aéreo dos Açores devido a cinzas vulcânicas*. acessido a: 27-12-11, em: <http://www.sata.pt/pt-pt/content/encerramento-do-espao-a7o-a-a9reo-dos-a7ores-devido-cinzas-vulc-a2nicas>. Data de consulta: dezembro de 2011.

Rodrigues, F. 2010. *Cinzas do vulcão podem sobrepor-se a poeiras do Saara*. Sociedade. TVI 24. <http://www.tvi24.iol.pt/sociedade/tvi24-vulcao-cinzas-poerias-saara-deserto/1157479-4071.html>. Data de consulta: janeiro de 2012.

Sgrillo, R. 2010. *Modelos Matemáticos para Simular a Introdução e Dispersão da Monilíase do Cacaueiro no Brasil*. Relatório de Pós Doutorado realizado na ESALQ/USP. Brasília.

Strong, J., Whyatt, J.D., Hewitt, C.N., Derwent, R.G., 2010. Development and application of a Lagrangian model to determine the origins of ozone episodes in the UK. *Atmos. Environ.* 44: 631–641.

University of Iceland. 2010. *Eyjafjallajökull*. <http://www.jardvis.hi.is/page/jheyjafjallajokull>. Data de consulta: janeiro de 2012.

Veriankait, L., Siljamo, P., Mikhail, S., Ingrida S, & Kukkonen, J. 2010. Modelling analysis of source regions of long-range transported birch pollen that influences allergenic seasons in Lithuania. *Aerobiologia*. 26: 47–62.

Volcano Discovery, 2009, Cinzas. <http://www.volcanodiscovery.com/pt/photoglossary/ash.html>. Data de consulta: dezembro de 2011.