

Aceleração no interior de um avião em voo parabólico & Visita de estudo às grutas de Mira de Aire



J. Jorge Teixeira^{1,2}, A. Vidal¹, Alunos do 11.ºC¹

¹Agrupamento de Escolas Dr. Júlio Martins, 5400-017 Chaves, Portugal
²Centro de Recursos de Atividades Laboratoriais Móveis, Chaves, Portugal
jorgeteixeira@aejm.pt; anabelavidal@aejm.pt



Resumo

Neste trabalho, são apresentados e analisados alguns dados de duas atividades realizadas no Clube Ciência Viva da Escola Dr. Júlio Martins, em Chaves. Na primeira atividade, são apresentados e analisados dados da aceleração no interior de um avião durante um voo parabólico e, na segunda, são analisados os dados de vários parâmetros físico-químicos (condutividade, concentração de oxigénio e de dióxido de carbono, temperatura, humidade relativa e pH), medidos durante a visita de estudo às grutas de Mira de Aire.

Introdução

Os alunos do Clube Ciência Viva da Escola Dr. Júlio Martins, em Chaves, utilizam com frequência o sistema de aquisição e tratamento de dados experimentais da CASIO (calculadora gráfica fx-CG50, CLAB e aplicação Data Logger) [1]. Devido à sua portabilidade, decidiu-se utilizar este sistema na aquisição de dados no interior de um avião durante um voo parabólico e numa visita de estudo realizada às grutas de Mira de Aire.

Este trabalho tem por objetivos analisar alguns dados obtidos por acelerómetros e sensores de força montados no interior de um Airbus 310, durante o voo parabólico de 16 de setembro de 2022, promovido pela Agência Espacial Portuguesa (Portugal Space), e apresentar/analisar a condutividade e o pH da água das grutas, bem como a concentração de CO₂, a temperatura, a concentração de O₂ e a humidade relativa do ar ao longo do percurso das grutas.



Figura 1. Fotos das duas atividades. A - Foto de grupo, dos elementos da zona amarela, do voo parabólico, B - Microgravidade durante o voo, C - Alunos à entrada das grutas de Mira de Aire.

Aquisição de dados (voo parabólico)

Foram montadas duas experiências (duplicadas) no interior do avião para recolher dados sobre a aceleração sentida pelos passageiros e a força exercida no sensor de força pela massa suspensa (Figura 2). A aceleração e a força foram registados em intervalos de um segundo, durante as 16 parábolas do voo.

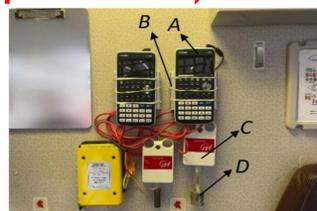


Figura 2. Montagem. A - Calculadora gráfica, B - CLAB, C - Sensor de força, D - Massa suspensa (0,217 kg).

As leituras foram efetuadas com um acelerómetro de 3 eixos integrado no CLAB e um sensor de força ligado ao CLAB. O CLAB está ligado à calculadora para registo dos dados.

A Figura 3 mostra a comparação, durante cerca de 1000 s (primeiras 4 parábolas do voo), da aceleração a partir dos instrumentos do Airbus (linha preta) com os dados obtidos a partir de um dos acelerómetros do CLAB (linha verde). Os dados automáticos do avião e os dados do acelerómetro do CLAB têm muito boa concordância.

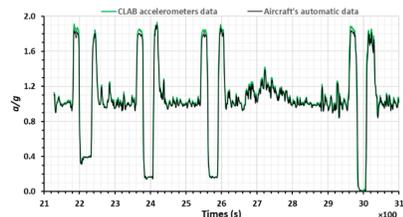


Figura 3. Aceleração obtida pelo acelerómetro do avião, normalizada para a gravidade terrestre (linha preta) e aceleração obtida a partir dos dados do acelerómetro do CLAB, normalizada para a gravidade terrestre (linha verde), durante cerca de 1000 s.

Aquisição de dados (grutas)

A Figura 4 mostra os gráficos da concentração de CO₂ (em partes por milhão), da concentração de O₂ (em percentagem), da humidade relativa (em percentagem) e da temperatura (em graus Celsius) do ar em função do tempo. A visita demorou 60 minutos e as medições iniciais (cerca de 20 segundos) foram realizadas no exterior das grutas.

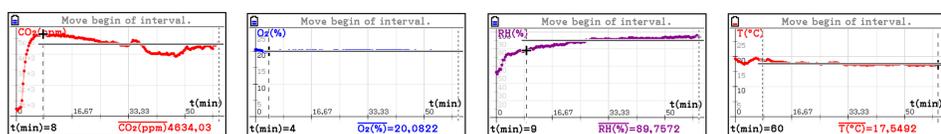


Figura 4. Gráficos das concentrações de dióxido de carbono e oxigénio, da humidade relativa e da temperatura do ar, no interior e no exterior das grutas, em função do tempo.

Na Figura 5 constam, a título exemplificativo, as medições da condutividade da água destilada, seguida da água da torneira e de uma amostra de água recolhida nas grutas e respetivo pH.

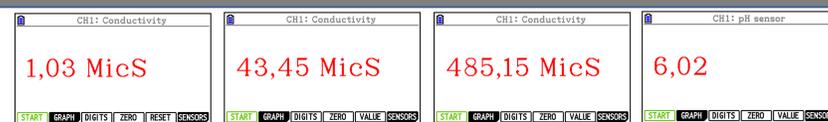


Figura 5. Condutividade da água destilada, da água da torneira e de uma amostra de água das grutas e respetivo pH.

Análise de dados (voo parabólico)

As Figuras 6A e 6B mostram duas sequências de parábolas. As linhas pretas representam a aceleração normalizada (a/g) em relação à gravidade da Terra (9,80 m/s²) e as linhas vermelhas os perfis de altitude registados durante o voo parabólico. Na sequência A, o Airbus realizou uma parábola com a aceleração de Marte e duas com a aceleração da Lua (Figura 6A). Na sequência B, o Airbus efetuou quatro parábolas com microgravidade (Figura 6B). Para as parábolas, os períodos de gravidade reduzida foram de 30 s para a aceleração marciana e 22 s para a aceleração lunar e microgravidade. Os valores obtidos para as acelerações marciana, lunar e microgravidade foram de 0,38 g, 0,16 g e 0, respetivamente.

A Figura 6C mostra o gráfico da força (obtida pelo sensor de força) em função da aceleração (obtida pelo acelerómetro do CLAB), durante 1000 s. O declive da reta de ajuste (0,227) é 4,6% superior ao valor da massa do corpo suspenso, indicado na Figura 2.

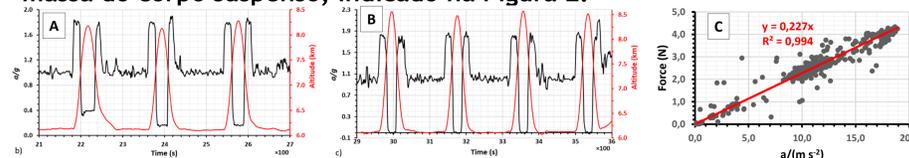


Figura 6. A - Perfil da aceleração e da altitude na parábola com a aceleração de Marte e nas duas parábolas com a aceleração da Lua, B - Perfil da aceleração e da altitude em quatro parábolas de microgravidade, C - Gráfico da força em função da aceleração.

Análise de dados (grutas)

A concentração média de CO₂ no exterior das grutas é de 363 ppm e no interior é de 4634 ppm, treze vezes superior. As ligeiras subidas da concentração de CO₂ ao longo do percurso parecem estar relacionadas com o aumento de concentração de pessoas em determinadas zonas das grutas. A concentração de O₂ é aproximadamente constante, 20,1% em média, e ligeiramente inferior à concentração do exterior (20,4%). A humidade relativa média é elevada (89,8%) e muito superior à do meio exterior (52,7%). A humidade relativa aumenta à medida que nos aproximamos de zonas com maior área de superfície de água. A temperatura média nas grutas é aproximadamente constante e igual à indicada pelo guia (17,5 °C) (Figura 4).

Nas grutas foram recolhidas 5 amostras de água. O valor médio do pH e respetiva incerteza absoluta está indicado na Figura 7. Nesta Figura também consta a condutividade de cada amostra de água.

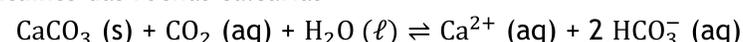
Água	pH	p̄H	Desvio
A	5,8		0,1
B	5,9		0,0
C	6,0	5,9	0,1
D	6,0		0,1
E	5,8		0,1

pH = 5,9 ± 0,1

Água	Condutividade / (µS/cm)
A	154
B	209
C	485
D	395
E	172

Figura 7. Valor médio do pH das amostras de água e respetiva condutividade.

A acidez da água pode ser explicada pela dissolução de CO₂ na água. A concentração de sais (proporcional à condutividade) nas cinco amostras é superior à água da torneira e varia com o local da colheita. Tal facto pode dever-se à dissolução de sais constituintes das rochas por onde a água passa. A equação seguinte descreve o processo para o CaCO₃, principal constituinte das rochas calcárias



Conclusões

Os resultados obtidos no voo parabólico estão de acordo com as informações da Novespace e com a 2.ª Lei de Newton.

A visita de estudo permitiu desenvolver o espírito de investigação.

Referências:

[1] Teixeira, J., & Dias, A. (2022). Atividades práticas e laboratoriais: Aquisição e tratamento de dados com a calculadora gráfica. Casio Portugal.