



Cálculo da Distância Terra-Lua através do tempo de resposta entre os Astronautas e a NASA



F 609 – Tópicos de Ensino de Física I – 1o Semestre 2009

Coordenador :José Joaquin Lunazzi

Aluno: Luis Fernando V. Thomazini (1038262@dac.unicamp.br)

Orientador: Adelino Aguiar Coelho

Data: 15/06/09

Índice

1)Objetivos	3
• Descrição do projeto	
• Importância didática do trabalho	
• Originalidade	
2) Resultados atingidos	4
3)Fotos da Experiência	11
4) Dificuldades encontradas	12
5)Pesquisas Realizadas	12
6)Teoria	13
7)Conclusão	13
8)Referências	14
Apêndice	15

1)Objetivos:

Descrição do projeto :

O projeto consiste em analisar a conversa entre os astronautas que foram à lua e os cientistas da NASA a fim de obter a distancia Terra-Lua devido ao tempo de resposta desse diálogo. Sabe-se que “nenhuma” informação é transmitida instantaneamente. Isso nos permite induzir que, caso conheçamos a velocidade de transmissão de um certo dado, além do tempo de duração, podemos estimar a distância entre quem emite e quem recebe tais informações. Pra isso utilizaremos a conversação original dos cientistas da NASA com os astronautas na missão de 1969, com a qual estimaremos, auxiliados por softwares apropriados, o tempo e a Distancia entre a Terra e a Lua.

Importância didática do Trabalho:

Este ano de 2009 é o Ano Internacional da Astronomia, por isso ficamos motivados em realizar tal projeto. Trata-se de algo intrigante, que vai além da física do cotidiano. A missão Terra-Lua de 1969 foi um marco pra humanidade, fato que até hoje divide pensamentos a respeito; observar a conversa entre a NASA e os astronautas e com isso conseguir estimar, com certa precisão, a distancia Terra-Lua pode trazer algumas indagações aos alunos do ensino médio do tipo: como se transmite uma informação, ela é instantaneamente? De que maneira se calculou a distancia entre a Terra e a Lua nesse caso? Enfim, acreditamos que o projeto possa suscitar a imaginação dos alunos e romper com as fronteiras cotidianas da física que comumente trabalhamos.

Originalidade:

Desconheço a elaboração desse projeto em F609, ou disciplinas similares. O mesmo projeto foi realizado por cientistas italianos e foi um sucesso por lá[1].

2) Resultados Atingidos:

A análise do áudio nos permitiu selecionar três trechos de boa qualidade para a coleta dos dados. Os tais trechos nos indicam o *atraso* da informação cá da terra à Lua, ou vice-versa, além de uma possível estimativa do *atraso* na resposta do astronauta.

- Trecho 1

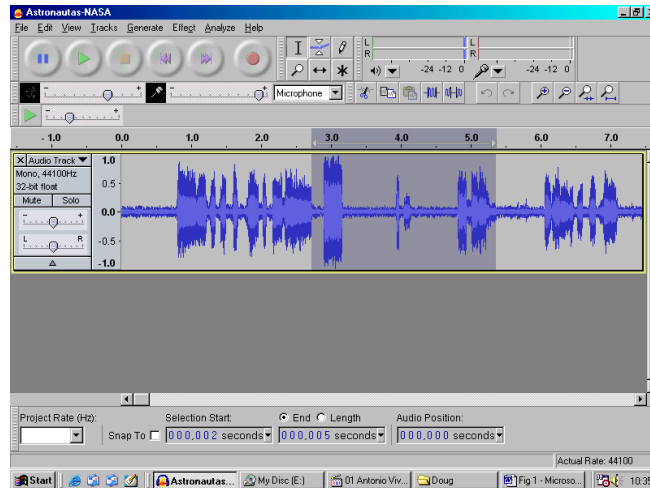


Fig 1 - Atraso da informação Terra/Lua

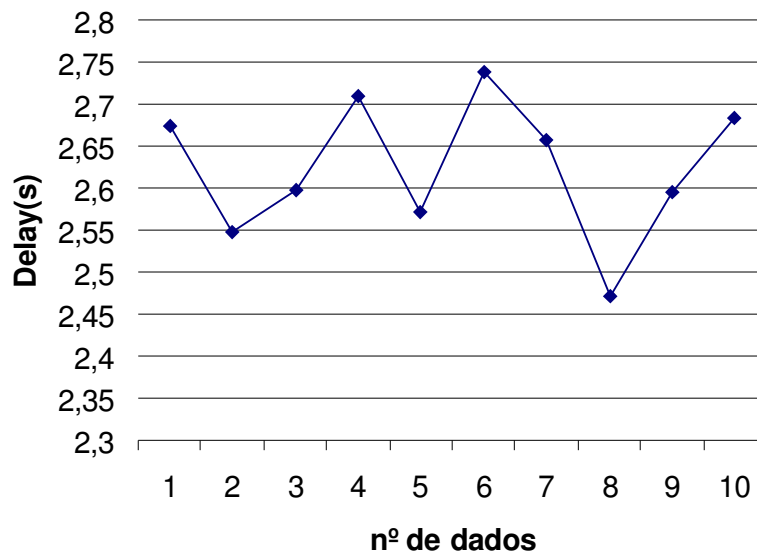


Gráfico1 – Atraso da informação Terra/Lua

Para esse 1º trecho obtivemos um *atraso* da informação que viaja da terra à lua $T_{TL} = (2,624 \pm 0,082)s$ referente à tabela do apêndice 1. Medimos o tempo entre o fim da pergunta feita pela NASA e o fim desta mesma pergunta captada através do áudio de Neil Armstrong. Este tempo equivale a duas vezes o *atraso* da informação Terra/Lua, o que significa que demos dividi-lo por dois ao utilizarmos o T_{TL} da equação 1. Com isso conseguimos $D_{TL} = (3,93 \pm 0,12)10^8m$.

Estimou-se também o tempo de reação do astronauta à pergunta da Nasa nesse primeiro trecho.

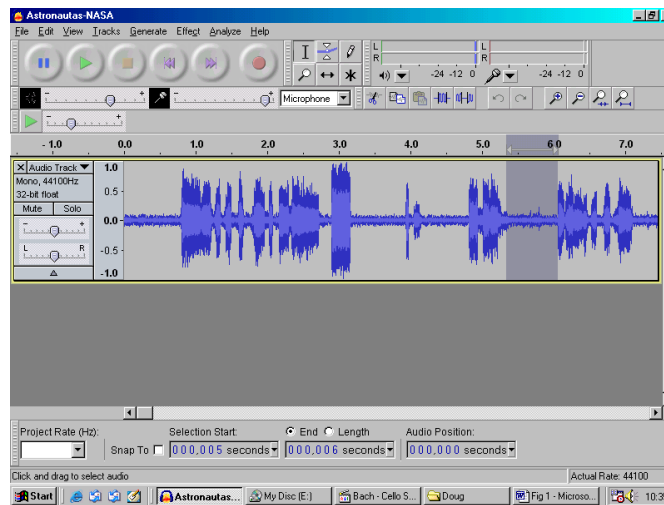


Fig 2 – Tempo de Reação de Neil Armstrong à pergunta da NASA

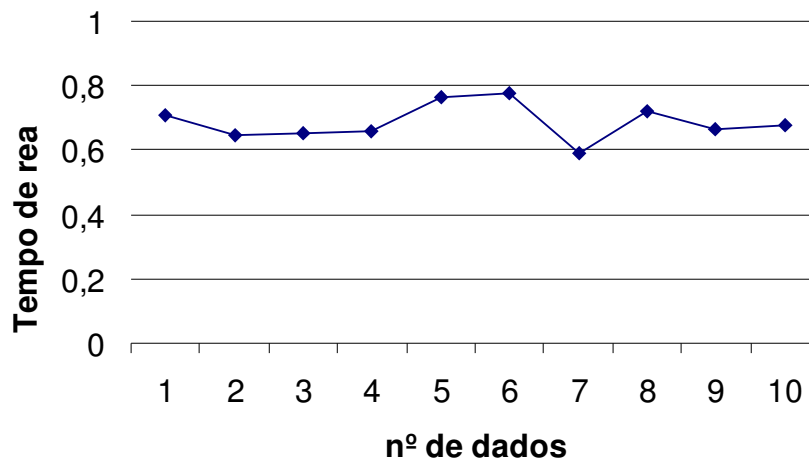


Gráfico 2 – Tempo de Reação de Neil Armstrong à pergunta da NASA

Novamente recorreremos ao apêndice 1 que nos fornece esse tempo de resposta e seu respectivo erro, equivalente a $(0,686 \pm 0,058)$ s. Foi feita uma medida do tempo entre o fim da pergunta da NASA e o início da resposta do Astronauta, que considera o tempo de resposta de Neil Armstrong.

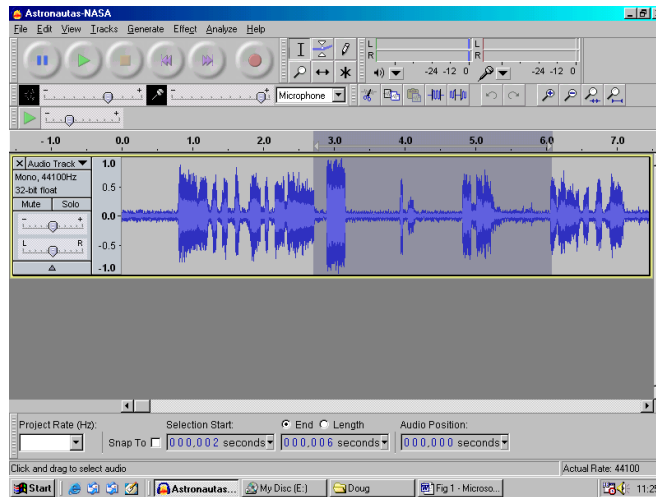


Fig 3 – Atraso e tempo de reação entre a NASA e Neil Armstrong.

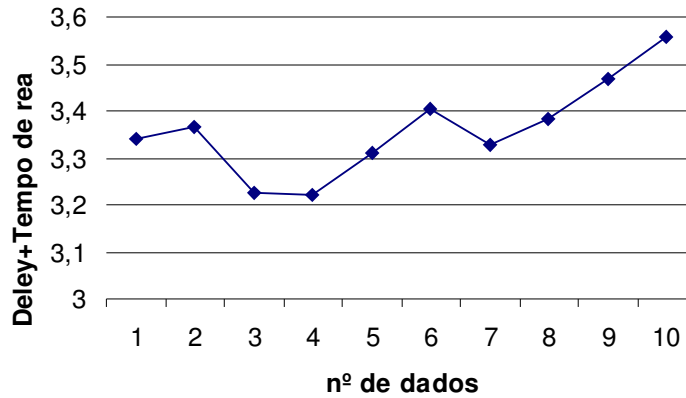


Gráfico 3 – Atraso e tempo de reação entre a Nasa e Neil Armstrong

Os dados nos fornecem um valor de $(3,361 \pm 0,103)$ s neste caso. Quando subtraímos do tempo total o tempo de reação encontramos $(2,684 \pm 0,160)$ s e, já que os erros se somam, o valor de *atraso* encontrado é diferente daquele visto na análise do gráfico 1. Nesse caso a distancia terra lua vale $(4,02 \pm 0,24)10^8$ m, com um erro também maior em relação ao cálculo anterior.

- Trecho 2

Nesse caso não conseguimos obter o tempo de reação na resposta de Neil Armstrong, mas apenas o tempo total entre o fim da pergunta e o início da resposta do astronauta, vejamos:

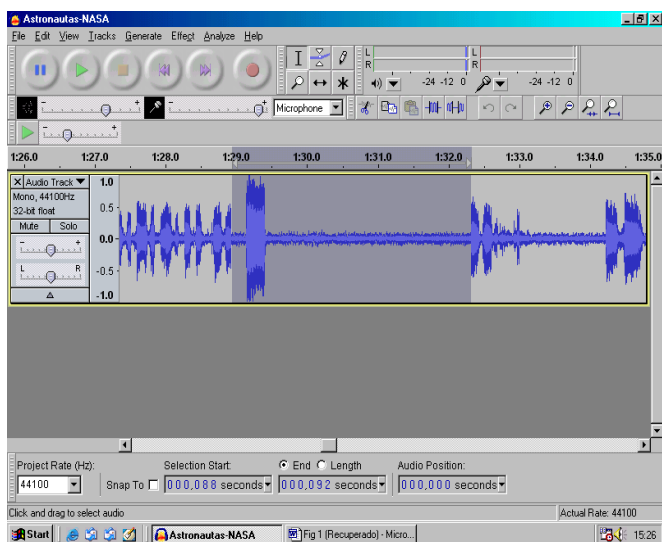


Fig 4 – Tempo total entre pergunta e resposta de Neil Armstrong.

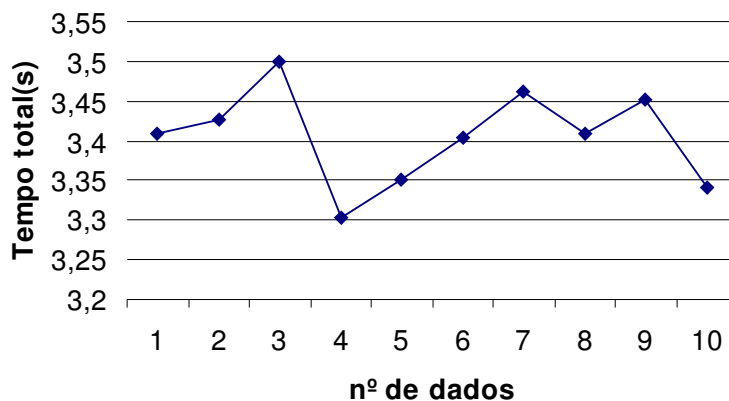


Gráfico 4 – Tempo total entre a pergunta da NASA ao astronauta Armstrong

Encontramos o valor de $(3,405 \pm 0,060)$ s como resultado, sempre trabalhando com a média dos 10 dados obtidos. Não temos aqui como estabelecer um valor para o tempo de reação do astronauta, mas é válido ressaltar que o erro dessa medida, em relação ao *atraso* e tempo de reação do gráfico 3, é menor. Mesmo assim, esse valor não serve para o cálculo da D_{TL} , já que o tempo de reação contribui significativamente nos resultados. Outros erros foram supostos, mas através dos dados que obtivemos pudemos descartá-los, por exemplo, o erro do cronômetro, que é metade da sua menor divisão (0,0005) não é pertinente quando trabalhamos com uma precisão em milésimos para o tempo e centésimos para a distância. Não conseguimos atribuir erro aos dados oriundos do software utilizado para captar o som.

O que fizemos foi assumir que o erro mais significativo é realmente devido ao tempo de reação, por isso nosso maior trabalho foi encontrar trechos que pudessem ser mais bem interpretados; trechos que, supostamente, o astronauta estivesse atento à pergunta e destinado apenas a responde-la, como num bate papo comum entre duas pessoas, e não ao que ocorre em alguns trechos que, ao ver o vídeo referente ao áudio, percebe-se a distração de Neil Armstrong ao que é dito aqui na Terra. Vejamos então o trecho 3:

- Trecho 3

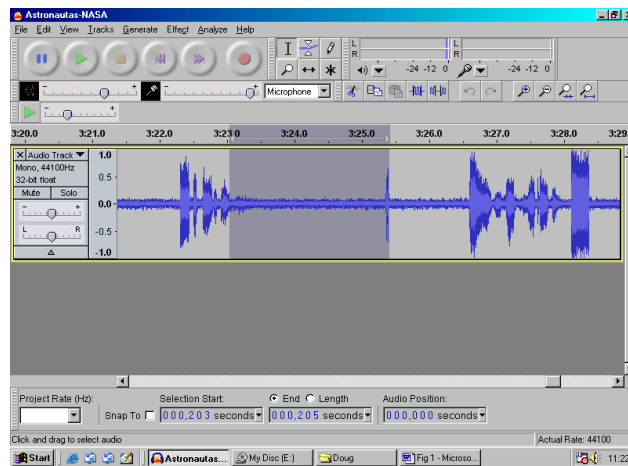


Fig 5 – Atraso na informação entre Terra/Lua

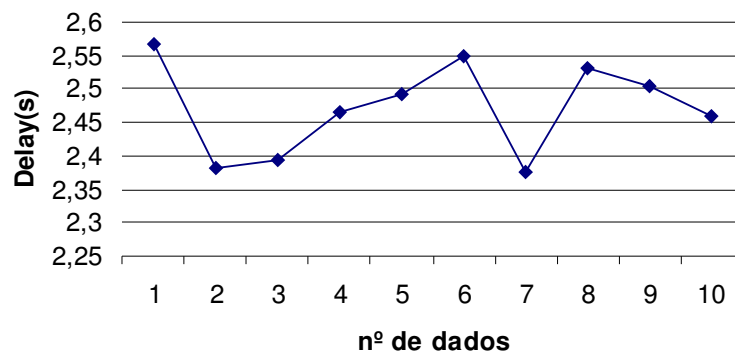


Gráfico 5 – Atraso na transmissão informação entre NASA e Armstrong.

Sempre nos referenciando a tabela do apêndice 1, encontramos o valor $(2,472 \pm 0,069)$ s para o tempo entre a ida e a volta daquilo que fora pronunciado em terra. A medida apresentou um erro inferior àquele anterior (gráfico 1). Talvez seja justamente porque o trecho em questão permite que as medidas de tempo sejam mais claras e precisas.

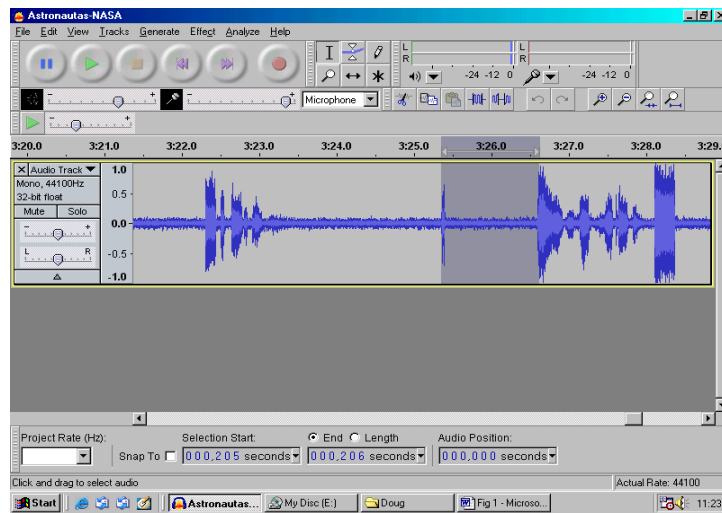


Fig 6 – Tempo de reação de Armstrong no trecho 3.

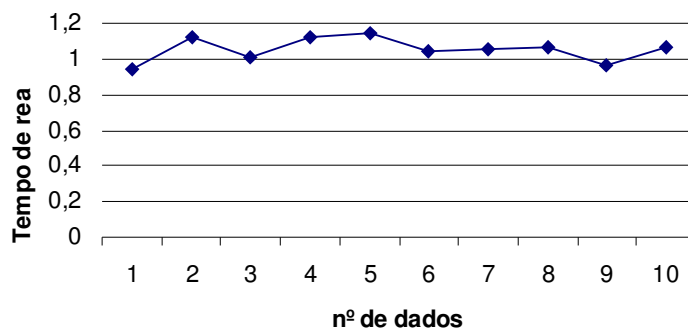


Gráfico 6 – Tempo de reação de Armstrong no trecho analisado

Para o tempo de reação temos $(1,050 \pm 0,065)s$, que é um valor bem maior do que poderíamos estimar(em torno de 0,5s). O erro nesse caso foi ligeiramente maior do que aquele encontrado pela media dos 10 dados presentes no gráfico 2. Mesmo assim, a análise do tempo total, ou seja, do *atraso* somado ao tempo de reação, mostrará que o trecho em análise é pertinente e seus dados são confiáveis.

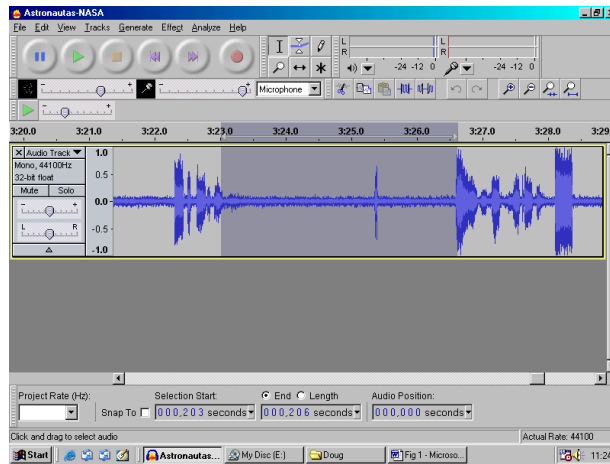


Fig 7 – Tempo total no ultimo trecho

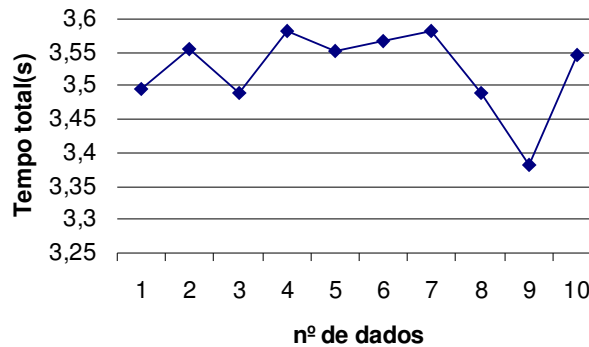


Gráfico 7 – Tempo total na conversação do ultimo trecho

O valor médio do tempo total é de $(3,524 \pm 0,062)s$. Quando o subtraímos de $1,050$, que é o tempo de reação, somando seus respectivos erros, tem-se $(2,473 \pm 0,128)s$, - um valor muito similar ao obtido através do gráfico 5. Além disso, o que garante a confiabilidade dos dados retirados desse trecho é que o erro referente ao tempo total nesse caso é inferior ao descrito pelo gráfico 3 do trecho 1. Compreendeu-se com mais precisão os limites entre a fala dos cientistas e astronautas em questão. Assim, a D_{TL} é igual a $(3,71 \pm 0,19)10^8m$, o que corresponde satisfatoriamente ao valor encontrado na teoria [2], que é de $3,8. 10^8m$.

3)Fotos da Experiência:

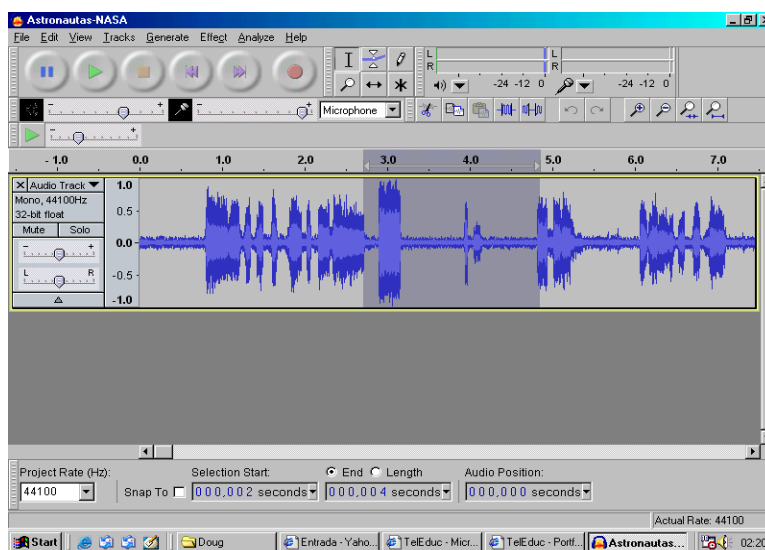


Fig 8 – Trecho inicial selecionado que representa o “atraso” entre a conversa do astronauta e a NASA.

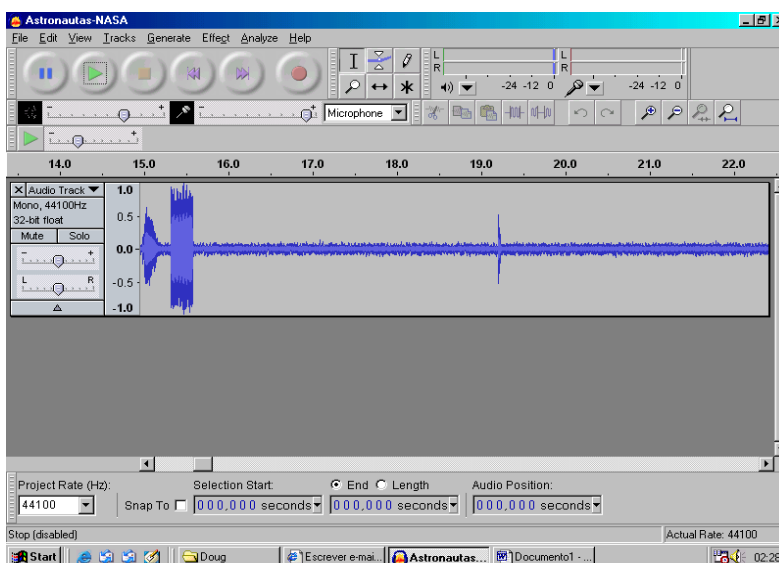


Fig 9 – Trecho após um comentário de um cientista em Terra que não gera resposta imediata por parte do astronauta. Neste caso pode-se inferir que o astronauta está pensando a respeito do comentário para posteriormente responde-lo, ou está envolvido com outra(s) atividade(s) que não seja a resposta em si.

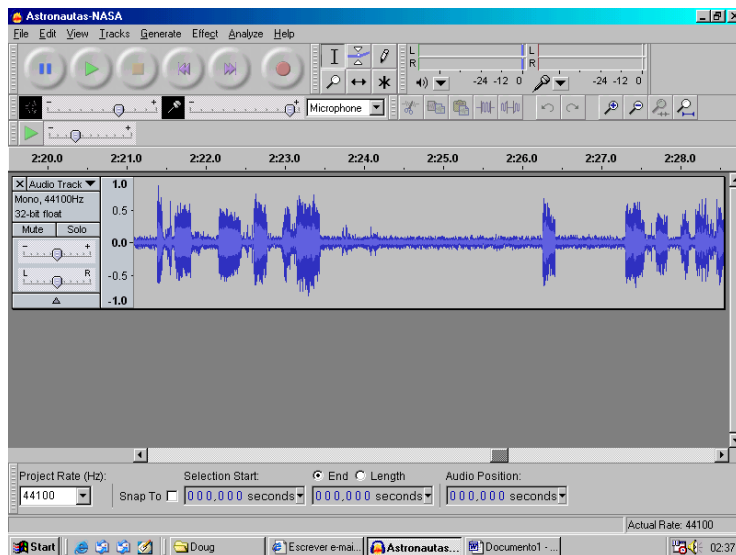


Fig 10 – Trecho famoso em que Neil Armstrong diz “*One small step for man, one giant leap for mankind*”.

4) Dificuldades Encontradas:

Pode-se dizer que há basicamente duas dificuldades na realização deste projeto: interpretar o diálogo entre os astronautas e a NASA e estimar o tempo de resposta entre eles. O áudio não é tão bom, e mesmo com o auxílio do “Audacity” é difícil interpretar o momento exato em que Neil Armstrong responde aos cientistas que estão na Terra.

5) Pesquisa Realizada:

Audacity:

<http://audacity.sourceforge.net/>

Conversação:

<http://www.youtube.com/watch?v=csO9VTtrg5A>

Apollo Lunar Surface Journal:

<http://www.hq.nasa.gov/alsj/frame.html>

Artigo sobre o trabalho realizado na Itália:

http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/0903/0903.3367v1.pdf

6)Teoria:

No item 1 deste relatório pudemos descrever sucintamente do que se trata o projeto, além de dar panoramas gerais de como pretendemos estimar a distancia Terra-Lua através da conversa entre os astronautas da Apolo 11 e cientistas aqui da Terra.

Partimos do pressuposto que a informação sonora, após transformada em onda eletromagnética, é transmitida a uma velocidade constante da ordem de 10^8 m/s. Se soubermos o tempo de duração dessa informação, desde a Terra até a Lua, ou vice-versa, podemos estimar a distancia entre esses dois astros utilizando a relação:

$$D_{TL} = c T_{TL} \quad (1)$$

onde,

D_{TL} = distancia Terra-Lua e T_{TL} = tempo de duração da propagação da onda eletromagnética Terra-Lua.

Já que o cálculo é simples, a grande questão desse experimento é estimar da forma mais adequada possível o “atraso” na conversação entre Terra/Lua e seus respectivos erros. Muito provável é que o maior erro concentre-se no tempo de reação do Astronauta (ou do cientista) ao responder uma indagação; por mais que a resposta seja imediata, como um sim ou um não, é fato que levamos um tempo para reagir e, obviamente, quanto maior a complexidade da resposta maior deve ser esse tempo de reação(normalmente gira em torno de 0,5s). No entanto, outros erros estão sendo analisados, sejam eles sistemáticos ou de outra natureza, tal como a imprecisão na leitura temporal fornecida pelo programa Audacity, etc.

7)Conclusão:

Conseguiu-se efetuar a medida da distancia Terra/Lua de três maneiras distintas. A primeira decorreu da análise do tempo entre o fim da pergunta feita pela NASA e o fim desta mesma pergunta captada através do áudio de Neil Armstrong, onde obtivemos o valor de $D_{TL} = (3,93 \pm 0,12)10^8\text{m}$. Na segunda, medimos o tempo total entre o fim da pergunta do cientista e o inicio da resposta do astronauta que foi de $(3,405 \pm 0,060)\text{s}$. Não obtivemos o valor de D_{TL} , já que não se soube o valor do tempo de reação do astronauta dessa resposta, - diga-se de passagem, essencial para o cálculo. Na terceira medida pode-se distinguir, e analisar separadamente, o tempo entre pergunta e resposta, somado ao tempo de reação do astronauta. Obtivemos o valor de $D_{TL} = (3,71 \pm 0,19)10^8\text{m}$. Mesmo que seja confiável esse ultimo resultado, inferimos que a primeira estimativa é a que mais se aproxima do valor teórico, - algo em torno de $3,84 \cdot 10^8\text{m}$. A primeira medida não sofreu a interferência do tempo de reação do astronauta, já que utilizamos apenas o áudio da pergunta do cientista tanto na ida quanto na volta. Por isso, o erro foi ligeiramente menor, o que sugere que o primeiro resultado seja o mais plausível de toda a análise.

8) Referências:

- [1] INFN, Sez. di Pisa, Largo Filippo Buonarroti, I-56127 Pisa, Italy and Liceo Scientifico “E. Fermi”, Via Enrico Fermi 2, I-54100 Massa, Italy.
- [2] www.cdcc.sc.usp.br/aprendendo-basico/sistema-solar/terra.html

9) Declaração do Orientador:

O aluno está realizando uma pesquisa para determinar a distância Terra/Lua através das transmissões feitas entre os astronautas e os cientistas da NASA em gravações de 1969. A habilidade para separar o tempo de viagem das ondas eletromagnéticas do tempo de reação dos interlocutores determinará o sucesso deste experimento. Acredito que o aluno será capaz de realizar esta tarefa.

O aluno Fernando Thomazini realizou uma pesquisa para determinar a distância Terra/Lua através de gravações das transmissões feitas entre os astronautas que foram a Lua em 1969 e os cientistas da NASA em terra, disponíveis na internet. Ele conseguiu separar o tempo de viagem das ondas eletromagnéticas do tempo de reação dos interlocutores e assim calcular a distância Terra/Lua, obtendo um bom resultado. O trabalho mostra como podemos utilizar a física ensinada no ensino fundamental e médio para realizar cálculos como a distância Terra/Lua. Trabalhos como este motivam os alunos no aprendizado da física.

Não gostaria de ter minha foto anexada ao relatório.

Horario de apresentação:

17 de junho, das 16-18h.

Apêndice

1 – Dados coletados durante a análise do áudio entre o astronauta Neil Armstrong e a NASA.

Trecho 1			Trecho 2	Trecho 3		
Atraso(s)	Tempo de Reação(s)	Tempo total(s)	Tempo total(s)	Atraso	Tempo de Reação(s)	Tempo total(s)
2,674	0,711	3,341	3,409	2,567	0,937	3,496
2,548	0,649	3,366	3,427	2,383	1,118	3,556
2,598	0,653	3,226	3,499	2,393	1,012	3,49
2,709	0,657	3,22	3,302	2,465	1,117	3,582
2,572	0,766	3,309	3,352	2,492	1,139	3,552
2,737	0,774	3,406	3,405	2,549	1,041	3,568
2,657	0,587	3,329	3,463	2,377	1,049	3,581
2,471	0,723	3,383	3,409	2,531	1,07	3,488
2,595	0,662	3,47	3,451	2,503	0,962	3,382
2,684	0,676	3,557	3,342	2,458	1,062	3,545
2,624± 0,082	0,686 ±0,0576	3,361±0,103	3,405±0,059	2,471±0,069	1,0507±0,066	3,524±0,061

2 - Referência:

Echoes from the Moon

NFN, Sez. di Pisa, Largo Filippo Buonarroti, I-56127 Pisa, Italy
*and Liceo Scientifico “E. Fermi”, Via Enrico Fermi 2, I-54100 Massa, Italy
(Dated: March 19, 2009)

Replies from	Time delays (s)						
Houston	1.55 ± 0.15	0.35 ± 0.15		1.35 ± 0.25	1.7 ± 0.2	0.85 ± 0.15	
Armstrong			4.05 ± 0.25				3.0 ± 0.2

TABLE I: Time delays of the replies in the 3-minutes conversation between Houston and Armstrong during which the famous sentence “one small step for man, one giant leap for Mankind” can be heard. The errors represent the ranges of values measured by the 10 groups of students with chronometers. The very short delay in the 2nd column corresponds to a radio check requested by Armstrong and promptly replied by Houston. The mp3 file of this famous conversation is available at the NASA web site⁷.

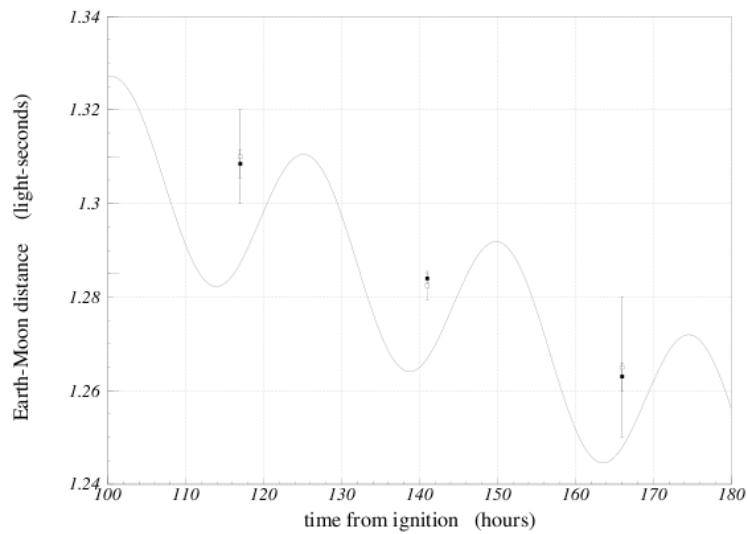


FIG. 2: Distance between Houston and the astronauts on the Moon in light-seconds. Data points correspond to our measurements, i.e. the values in Table II divided by 2. Empty squares are the students’ results (3rd column of the Table), filled squares (with much smaller error bars) are from the 4th columns. The curve is obtained by using the Moon ephemerides¹⁰ and refers to the distance between Houston and the Moon center.