



# Impacto na Terra! –

## Salvando a Terra com a Lei da Gravitação Universal de Newton

NOTAS DO PROFESSOR



### Objetivos

- Os alunos irão interpretar gráficos baseando-se na sua interação com uma simulação que os conduzirá a uma mais profunda compreensão da Lei do inverso dos quadrados.
- Os alunos serão confrontados com uma situação hipotética urgente para a qual terão de apresentar possíveis soluções.
- Os alunos irão explorar as interações entre as diferentes variáveis na Lei da Gravitação Universal de Newton.

### Vocabulário

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| • Colisão                      | • Tsunami                               |
| • Asteroide                    | • Impacto                               |
| • Escala de Turim              | • Objetos próximos da Terra (NEO)       |
| • Trajetória                   | • Velocidade                            |
| • Constante gravitacional      | • Força gravitacional                   |
| • Densidade                    | • Lei da Gravitação Universal de Newton |
| • Lei do inverso dos quadrados |   |

### Acerca da lição



- Esta lição introduz o conceito de Lei da Gravitação Universal de Newton usando um asteroide denominado 2013TX7, que se encontra em rota de colisão com a Terra.
- Tempo de aula: de 45 a 90 minutos.
- Como resultado os alunos deverão:
  - Interpretar gráficos e fazer previsões.
  - Usar simulações para compreender a lei do inverso dos quadrados e a sua relação com a Lei da Gravitação Universal de Newton.



TI-Nspire™ Navigator™

- Envie aos alunos o ficheiro *Impacto\_na\_Terra.tns*.
- Monitorize o progresso dos alunos usando a captura de turma.
- Use o “Live Presenter” para realçar respostas dos alunos.

### Materiais da atividade

- Tecnologia TI compatível:  unidade portátil TI-Nspire™ CX,  TI-Nspire™ Apps para iPad®,  Software TI-Nspire™



### Dicas Técnicas:

- Esta atividade inclui capturas de ecrã provenientes da unidade portátil TI-Nspire CX.
- É também apropriado para ser utilizada com outros produtos da família TI-Nspire, incluindo o software de computador e a aplicação para Ipad.

A utilização de outra tecnologia que não a unidade portátil pode levar a ligeiras variações nas instruções.

- Ao longo da atividade serão apresentadas dicas técnicas para cada tecnologia adotada.
- Aceda aos tutoriais gratuitos em: <http://education.ti.com/calculators/pd/US/Online-Learning/Tutorials> .

### Ficheiros associados:

Atividade do aluno

- Documento TI-Nspire Impacto\_na\_Terra\_aluno.pdf
- Impacto\_na\_Terra.tns



### Contextualização

**INTRODUÇÃO** – Esta actividade retrata um cenário no qual uma equipa de cientistas, engenheiros, matemáticos, programadores e outros especialistas se juntaram para encontrar soluções acerca de como defletir um asteroide que se encontra em rota de colisão com a Terra. O asteroide em causa é fictício, no entanto é importante que os alunos compreendam que a Terra tem um historial de colisões com objectos de dimensões ainda superiores a este no seu passado e que futuras colisões com Objectos Próximos da Terra (NEO) são uma certeza. Para efeitos dramáticos, o asteroide retratado na atividade possui uma dimensão e densidade exagerados.

**SIMULAÇÃO** – Esta atividade começa por incentivar os alunos (membros da equipa) a testar uma simulação criada por um membro fictício da equipa conhecido por ser um brilhante programador. Os alunos deverão testar cada uma das variáveis da simulação enquanto monitorizam o comportamento do asteroide. Dessa forma obterão uma sensação visual do cenário. Explique aos alunos que existem limitações na utilização de simulações que pretendem representar situações reais, e que essas devem ser entendidas com ferramentas para uma melhor compreensão de um fenómeno e não como réplicas exatas da natureza. Tal facto poderá tornar-se um excelente motor de discussão acerca das limitações de qualquer modelo usado para solucionar um problema.

**LEI DE NEWTON** – A atividade progride focando-se em cada componente da Lei da Gravitação Universal de Newton e culmina com os alunos a efetuar alguns cálculos inseridos em perguntas do tipo "inquérito". O objetivo de tais questões reside na compreensão por parte dos alunos de que quando a distância se reduz para metade, a força gravitacional entre a Terra e o asteroide aumenta 4 vezes. O quadrado da distância é por isso inversamente proporcional à força gravitacional. Finalmente, os alunos transitarão para uma simulação na qual o asteroide não atinge a Terra, poupando o nosso planeta à destruição.

### Transite para as páginas 1.2–1.6.

1. Os alunos irão ler o cenário no qual um asteroide entra em rota de colisão com a Terra. Eles irão examinar as ilustrações artísticas em cada página de forma a terem uma ideia do tipo de devastação que um asteroide poderia provocar se colidisse com a Terra.





## Impacto na Terra! –

# Salvando a Terra com a Lei da Gravitação Universal de Newton

NOTAS DO PROFESSOR



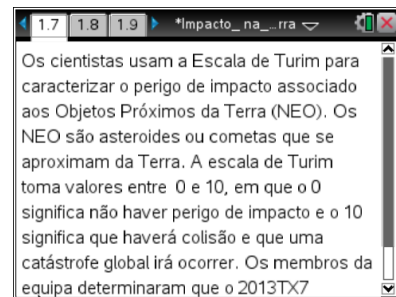
Após a visualização do cenário e imagens, questione-os:

*Tiveram conhecimento de algum asteroide que se dirigisse para a Terra? Respostas tipo: Pequenos objetos atingem a atmosfera terrestre a toda a hora. As estrelas cadentes são meteoróides que atingiram a atmosfera terrestre e geraram luz devido ao calor provocado pela fricção entre o meteoro e a atmosfera. Objetos maiores, como asteroides, atingem a Terra com menos frequência. Recentemente, o meteoro Chelyabinsk sobrevoou a Rússia a 15 de Fevereiro de 2013. Encontrava-se a cerca de 24 km de altitude quando explodiu em pequenos fragmentos. Em alguns locais, partes de edifícios colapsaram, vidros ficaram destruídos e houve um largo número de lesões provocadas por detritos em voo.*




Transite para as páginas 1.7–1.10.

2. A página 1.7 explica o funcionamento de uma ferramenta usada por astrónomos denominada Escala de Turim. Eles usam a escala para categorizar o perigo do impacto e a quantidade de estragos para um dado NEO.



**Dica Técnica:** Para ajustar a ampliação na página 1.10, a zona superior Da página deve estar activa (a negrito). Os alunos devem então usar as teclas **+/-** keys do teclado para ampliar a imagem. Para reiniciar a ampliação ou movimentação pelo ecrã, os alunos devem seleccionar **Menu ou Ferramentas > Parâmetros > Reset Zoom/Pan.**



**Dica Técnica:** Para ajustar o zoom os alunos irão seleccionar  **> Parâmetros > Zoom In/Out.** Podem também terminar o zoom ou a movimentação pela página nesse local.

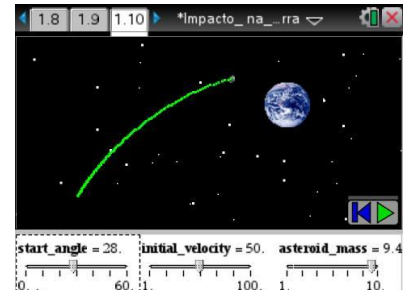


## Impacto na Terra! –

# Salvando a Terra com a Lei da Gravitação Universal de Newton

## NOTAS DO PROFESSOR

3. Na página 1.10, os alunos deverão usar os controladores começando com o ângulo (medido em graus), a velocidade inicial (medida em km/s) e a massa do asteroide (medida em kg). Para a massa, o controlador é multiplicado por  $10^8$ . Os alunos deverão explorar as variáveis e verificar o que acontece quando elas são alteradas. Há medida que eles exploram a simulação, os dados serão capturados e exibidos nos gráficos das páginas seguintes para future análise.



Em última análise, o objetivo é possibilitar aos alunos que verifiquem que ao alterarem a trajetória do asteroide irão salvar a Terra. Deverão também verificar que a alteração da massa não afeta significativamente o resultado.

Após a exploração da simulação, questione-os:


*Após experimentar a simulação, que ideias possuem para salvar a Terra?*

**Respostas tipo: A alteração do ângulo do asteroide irá alterar o seu curso. A alteração da velocidade do asteroide também altera o seu curso. A alteração da massa aparenta não produzir grandes efeitos, pois a massa da Terra é substancialmente superior à do asteroide.**



**Dica Técnica:** Os alunos podem necessitar de mover o fundo “espacial” do ecrã de forma a ajustarem a área visível. Para tal, devem manter premida a tecla do centro do touchpad até que o cursor transite para uma “mão a agarrar”. Podem também arrastar o fundo. Podem ainda ajustar o zoom com as teclas **+/-**.



**Dica Técnica:** Irão selecionar o botão  para terminar a simulação e voltar a reiniciá-la com diferentes parâmetros. O botão de reiniciar remove todos os dados dos gráficos. Nota: No entanto não modifica a ampliação aplicada.

**Transite para as páginas 1.11–1.18.** Responda às questões aqui ou no ficheiro .tns.

- Q1. Ajuste as variáveis de modo a que o asteroide colida com a Terra e corra novamente a simulação. Explore os gráficos das páginas seguintes. Qual a relação velocidade do 2013TX7 vs distância à Terra?

**Resposta: A velocidade aumenta à medida que a distância diminui.**



## Impacto na Terra! –

# Salvando a Terra com a Lei da Gravitação Universal de Newton

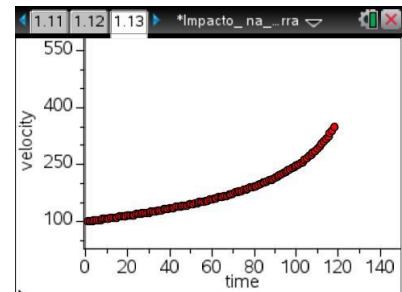
NOTAS DO PROFESSOR



- Q2. Observe os dados no gráfico de velocidade em função do tempo na página seguinte (se não existirem dados corra a simulação de novo mas não reinicie). Que ponto do gráfico é representativo do momento em que asteroide se encontra o mais afastado da Terra? Que ponto do gráfico é representativo do momento em que asteroide se encontra o mais próximo da Terra? **Resposta: Mais longínquo: A velocidade será a menor possível quanto mais afastado estiver o asteroide da Terra. Mais Próximo: A velocidade será a maior quando o asteroide está mais próximo da Terra. No gráfico, estes pontos são representados respetivamente pelo menor valor de tempo e correspondente menor velocidade e pelo maior valor de tempo e correspondente maior velocidade (imediatamente antes do impacto).**

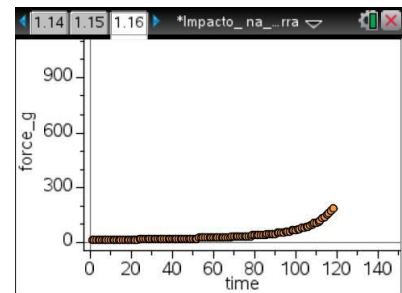
- Q3. Pela análise do gráfico, como podemos verificar que o asteróide aumenta a sua velocidade à medida que se aproxima da Terra?

**Resposta: O gráfico aumenta de uma forma não linear. A velocidade aumenta com o tempo pois a força gravitacional produzida pela Terra é maior à medida que o asteroide se aproxima da Terra, provocando a aceleração do mesmo.**



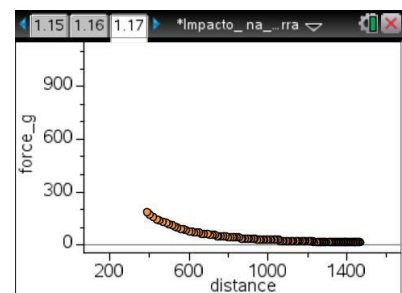
- Q4. Nos dois gráficos seguintes, “force\_g” representa a força gravitacional entre o 2013TX7 e a Terra. O que podes inferir acerca do comportamento da força gravitacional à medida que o asteroide se aproxima da Terra?

**Resposta: O gráfico aumenta de uma forma não linear. A força aumenta à medida que o asteróide se aproxima da Terra. Tal comportamento encontra-se refletido na relação distância tempo nos dois gráficos.**



- Q5. Com base nos dados representados nos gráficos “force\_g”, qual a relação entre a distância e a força gravitacional?

**Resposta: B. Inversa. À medida que o quadrado da distância diminui, a força gravitacional aumenta.**





## Impacto na Terra! –

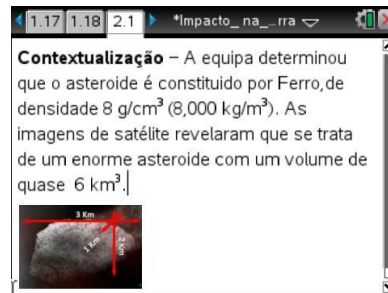
# Salvando a Terra com a Lei da Gravitação Universal de Newton

NOTAS DO PROFESSOR



Transite para as páginas 2.1–2.4.

4. Os alunos irão agora explorar algumas características físicas do asteroide, tais como o volume e a densidade. Irão também calcular a massa do mesmo. Posteriormente responderão às seguintes questões.



- Q6. Se o 2013TX7 tiver uma densidade de 8 g/cm<sup>3</sup> (8,000 kg/m<sup>3</sup>) e um volume de 6 km<sup>3</sup> ou seja 6 × 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>, calcula massa do asteroide.

**Resposta:**

**Os alunos deverão usar a equação: Densidade = massa/volume e determinar a**

**massa. Massa = Densidade × volume**

$$\text{Massa} = (8,000 \text{ kg/m}^3) \times (6 \times 10^9 \text{ m}^3) \\ = 4.8 \times 10^{13} \text{ kg}$$

- Q7. O asteroide viaja a uma velocidade média de 25 km/s. Com base numa distância à Terra de 3,5 biliões de km, quando irá o asteroide atingir a Terra? Apresente a sua resposta em dias.

**Resposta: Os alunos necessitarão de usar a equação velocidade = distância/tempo e resolver a equação em ordem ao tempo. tempo = distância/velocidade: (3500 milhões km) / (25 Km/s) = 1.4 × 10<sup>8</sup> segundos. (Nota: considerando deslocamento= distância)**

**Em dias, o resultado seria: (1.4 × 10<sup>8</sup> s) × (1 hora/3600 s) × (1 dia/24 horas).**

$$= 1,620.37 \text{ dias (4.44 anos)}$$

- Q8. Basendo-se na resposta à questão anterior, pode parecer precipitada a preocupação com algo que se encontra a anos de ocorrer. Na tua opinião, qual a razão da preocupação da equipa em relação a esta situação?

**Resposta: As respostas irão variar. O objetivo desta pergunta é levar os alunos a perceber que embora o evento só vá ocorrer dentro de alguns anos, para resolver problemas monumentais como este é necessário tempo, coordenação e urgência. De facto, a NASA, hoje, não seria capaz de lidar com tal ameaça se não fosse capaz de a detetar anos antes do possível impacto. Encontrar uma solução levaria alguns anos, daí a urgência na resolução do problema. Também pretendemos defletir ou destruir o asteroide o mais longe possível da Terra, pois quanto mais próximo estiver da Terra, mas depressa se moverá, o que poderá tornar a sua deflexão mais difícil.**





## Impacto na Terra! –

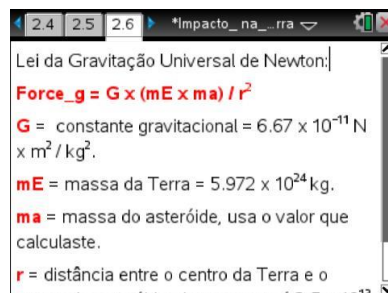
# Salvando a Terra com a Lei da Gravitação Universal de Newton

NOTAS DO PROFESSOR



Transite para as páginas 2.5–2.12.

5. As páginas 2.5 e 2.6 introduzem a Lei da Gravitação Universal de Newton. Até ao momento, os alunos contactaram com diferentes aspetos da equação na simulação e cálculos efetuados. Agora, deverão usar esses conhecimentos na equação em si e verificar que quanto mais próximo da Terra estiver o asteroide, mas difícil será a sua deflexão.



- Q9. Use a calculadora para calcular a “**Force\_g**”. Regista a tua resposta abaixo.

**Resposta:**

$$\text{Force}_g = (6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \times \text{m}^2/\text{kg}^2) \times (5.972 \times 10^{24} \text{ kg} \times 4.8 \times 10^{13} \text{ kg}) / (3.5 \times 10^{13} \text{ m})^2$$

$$= 1.56 \text{ N}$$

- Q10. Determine agora a força se a distância se reduzir para metade. Registe a sua resposta abaixo

**Resposta:**

$$\text{Force}_g = (6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \times \text{m}^2/\text{kg}^2) \times (5.972 \times 10^{24} \text{ kg} \times 4.8 \times 10^{13} \text{ kg}) / ((3.5 \times 10^{13})/2 \text{ m})^2$$

$$= 6.24 \text{ N}$$

- Q11. Divide a última força calculada (quando a distância passa a metade) pela primeira força calculada. Apresente o resultado com aproximação às unidades. Porque é esse número significativo?

**Resposta:**

$$\text{Force}_g = (6.24 \text{ N} / 1.56 \text{ N}) = 4$$

Este número é significativo pois mostra que quando a distância à Terra se reduz para metade, a força gravitacional da Terra é incrementada por quatro vezes! Isso significa que a energia libertada no impacto iria também aumentar proporcionalmente.



## Impacto na Terra! –

# Salvando a Terra com a Lei da Gravitação Universal de Newton

NOTAS DO PROFESSOR



Q12. As forças calculadas anteriormente eram muito reduzidas devido às elevadas distâncias consideradas. Verifique o que acontece se usarmos  $r = 3.5 \times 10^6$  m. (Dica: Podes copiar e colar os cálculos dos problemas anteriores)

$$\text{Resposta: } ((6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \times \text{m}^2/\text{kg}^2) \times (5.972 \times 10^{24} \text{ kg}) \times (4.8 \times 10^{13} \text{ kg})) / (3.5 \times 10^6 \text{ m})^2 \\ = 1.5608127 \times 10^{15} \text{ N}$$

Q13. O Laboratório de propulsão da NASA (JPL) monitoriza constantemente asteroides e outros NEO assim como as suas trajetórias. Eles trabalham num projeto que irá permitir-nos aprender como defletir esses objetos caso eles ameacem atingir a Terra. Quais seriam alguns dos métodos que na tua opinião poderiam ser usados pelo JPL para defletir um asteroide real que se dirigisse para a Terra?

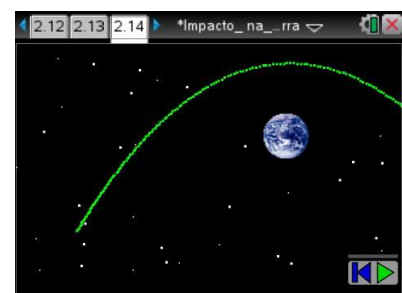
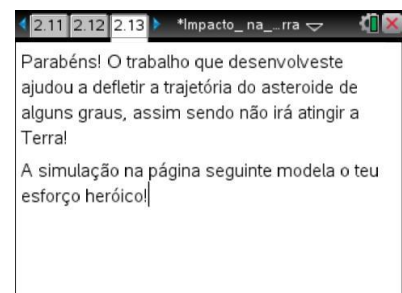
**Resposta: As respostas irão variar. Algumas respostas poderão passar pelo uso de mísseis, enviar uma equipa de astronautas para aterrar no asteroide e nele plantar explosivos ou ainda usar um outro asteroide para criar uma colisão.**

Q14. Quando a distância à Terra se reduz para metade, a sua força gravitacional aumenta quatro vezes (isto com base na Lei do inverso dos quadrados). Com base nessa informação, o que poderias dizer acerca da importância do momento adequado para a deflexão do asteroide?

**Resposta: Sabendo que à medida que o asteroide se aproxima, a força gravitacional aumenta a uma taxa mais elevada do que a do decréscimo da distância, os alunos deverão perceber que a velocidade do asteroide irá aumentar numa taxa proporcional à do aumento da força gravitacional. Assim sendo, defletir o asteroide com antecedência é o mais sensato, uma vez que a modificação da sua trajetória será mais difícil de conseguir à medida que a velocidade do asteroide for aumentando.**

Transite para as páginas 2.13–2.14.

6. Graças ao trabalho desenvolvido pela equipa, o asteroide foi defletido. A página 2.13 mostra-nos um modelo visual da nova trajetória tomada pelo asteroide em que, por pouco falha a Terra.







## Impacto na Terra! –

# Salvando a Terra com a Lei da Gravitação Universal de Newton

NOTAS DO PROFESSOR   

---



### Oportunidade TI-Nspire Navigator

Coloque um aluno no "Live Presenter" a demonstrar os seus gráficos da simulação.

---

#### Ponto de situação

Os alunos obterão vários resultados consoante o ângulo e/ou velocidade selecionados. Deverão por isso comparar os seus gráficos e discutir entre eles a razão das diferenças apresentadas pelos mesmos.

#### Avaliação

- Os alunos irão responder a questões durante a aula de forma a assegurar a sua compreensão dos conceitos de Lei da Gravitação Universal de Newton, densidade e distância vs. tempo.