Ensino Médio

 **A Torre de Pisa e seu ângulo de inclinação**

**Disciplina(s)/Área(s) do Conhecimento:**

Física

**Competência(s) / Objetivo(s) de Aprendizagem:**

* Realizar uma estimativa do ângulo máximo de inclinação que a Torre de Pisa suportaria;
* Utilizar os conceitos de equilíbrio estático e centro de gravidade de um corpo;
* Aplicar conceitos matemáticos da geometria e trigonometria para resolução de problemas de Física.

**Conteúdos:**

* Equilíbrio estático;
* Centro de gravidade;
* Semelhança de triângulos;
* Trigonometria.

**Palavras**-**Chave:**

Física. Torre de Pisa. Inclinação. Centro de gravidade. Equilíbrio.

**Previsão para aplicação:**

2 aulas (50 minutos/aula)

**Para Organizar o seu Trabalho e Saber Mais:**

* Para saber mais sobre a história e fatos curiosos sobre a Torre de Pisa:

”*Por que a Torre de Pisa é inclinada?**”.* Disponnível em: <https://mundoestranho.abril.com.br/historia/por-que-a-torre-de-pisa-e-inclinada/> . Acesso em 27 de Maio de 2018.

“*A salvação da Torre de Pisa”.* Disponível em: <https://super.abril.com.br/comportamento/a-salvacao-da-torre-de-pisa/> . Acesso em 27 de Maio de 2018.

“*Engenheiros desvendam mistério de 500 anos na Torre de Pisa”*. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2018/05/engenheiros-desvendam-misterio-de-500-anos-na-torre-de-pisa.html> . Acesso em 27 de Maio de 2018.

* Para saber mais aplicações sobre equilíbrio estático: *“O que a Torre de Pisa e o levantamento de peso têm em comum? O Equilíbrio Estático desvenda esse mistério!”.* Disponível em: <https://descomplica.com.br/blog/fisica/torre-de-pisa-e-levantamento-de-peso-tem-algo-em-comum-o-equilibrio-estatico-desvenda-esse-misterio/> . Acesso em 27 de Maio de 2018.

**Proposta de Trabalho**

**1ª Etapa:** Início de conversa

Talvez, uma das principais construções que, ao longo dos séculos, desperte a curiosidade da sociedade é a Torre de Pisa. Localizada na região da Toscana, na Itália, foi projetada para ser um campanário da Catedral de Pisa.

Essa Torre é muito famosa pois, desde o início de sua contrução, que começou no dia 9 de agosto de 1173, o monumento apresenta uma inclinação que, atualmente, possui em torno de 4°. É quase impossível não se questionar como a Torre não cai ou qual o ângulo máximo que suporta para manter-se em pé.

Sabendo disso, o(a) professor(a) poderá introduzir o tema apresentando imagens da Torre, sua localização e a história de sua construção, a fim de despertar nos alunos a curiosidade em saber qual o ângulo máximo que a Torre inclinada suporta.

Sugestão: Atividades como essa, podem proporcionar um trabalho interdisciplinar com o(a) professor(a) de História.

**2ª Etapa:** Cálculo do ângulo máximo

Como trata-se de uma estimativa, para efetuar esse tipo de cálculo é preciso deixar claras as condições para realizá-lo:

1. suponha que a Torre seja homogênea e, portanto, seu centro de gravidade está localizado na metade da altura.
2. para que a Torre esteja na iminência de tombar, é preciso que a linha imaginária vertical, que passa pelo centro de gravidade, esteja na borda da base circular da Torre.

Para efetuar o cálculo, observe as representações abaixo:





Por (i) e semelhança de triângulos, encontramos a proporção para encontrar o valor de y:

$\frac{a}{x}=\frac{a/2}{y}$ $\rightarrow \frac{55}{4,5}=\frac{27,5}{y}$ $\rightarrow y =2,25$ metros.

Por (ii), sabemos que a Torre alcançará o ângulo máximo quando **cg** (centro de gravidade) estiver a uma distância **r** (3,5 m) da linha vertical **a**.

 Como $y= \frac{x}{2}$, quando y = 3,5 m, então x = 7 m e, com isso, a Torre alcançará a inclinação máxima. Para encontrar o ângulo dessa inclinação, basta calcular a tangente:

$\tan(θ\_{máx})= \frac{cateto oposto}{cateto adjacente}$ = $\frac{x\_{máx}}{altura}$ = $\frac{7}{55}$ $≅0,127272$

 Com a ajuda de uma calculadora científica, obtemos:

$$tan^{-1}θ\_{máx}=0,127272 \rightarrow θ\_{máx}≅ 7,3°$$

 Dessa forma, pode-se concluir que o ângulo máximo para que a Torre esteja prestes a cair é de aproximadamente 7,3°.

 **3ª Etapa:** Finalizando a discussão

 O(A) professor(a) poderá finalizar a aula apresentando outras Torres inclinadas que existem ao redor do mundo e simular cálculos hipotéticos a partir de imagens reais.

Para encontrar diferentes torres inclinadas de outros países acesse:

*“Confira 10 construções inclinadas ao redor do mundo”.* Disponível em: <https://www.megacurioso.com.br/arquitetura/36550-confira-10-construcoes-inclinadas-ao-redor-do-mundo.htm> . Acesso em 27 de Maio de 2018.

Para prédios inclinados no Brasil, o(a) professor(a) poderá apresentar os famosos prédios da orla de Santos:

“*Desmistificando: Por que os prédios de Santos são tortos?”.* Disponível em: <http://engenheirocaicara.com/desmistificando-por-que-os-predios-de-santos-sao-tortos/> . Acesso em 27 de Maio de 2018.

Plano de aula elaborado por Professora Amanda Oliveira Calazans