



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

Matemática em Toda Parte II

Episódio: “Matemática na Música”

Resumo

Nesse episódio veremos como a Matemática está presente na Música, desde as ideias mais elementares envolvendo a métrica do ritmo e do compasso, até as formas mais atuais de elaboração, tratamento e armazenamento de sons pelos sinais digitais. Nesse passeio musical abordam-se temas como funções trigonométricas, escalas logarítmicas e séries de Fourier, mostrando que, independentemente de o estilo musical ser samba, MPB, rock, música eletrônica, clássica, ou qualquer outro, a Matemática ajuda a tecnologia dançar conforme a música, e faz a música dançar conforme a Matemática. Uma excelente oportunidade para ver e ouvir a trigonometria dos fenômenos ondulatórios com outros olhos e com outros ouvidos, respectivamente. Com a TV ESCOLA, você é convidado para mais uma viagem, em que pode ver “os sons” e ouvir “os gráficos”. Vamos viajar?

Palavras-chave

Música, funções trigonométricas, fenômenos ondulatórios, escalas logarítmicas, compactação de áudio.

Nível de ensino

Ensino Médio.

Componente curricular

Matemática.

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**
Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

Disciplinas relacionadas

Física e Artes (Educação Musical).

Aspectos relevantes do vídeo

- ❖ Abordar os conceitos mais elementares da música: ritmo e compasso. Como dito no vídeo, para manter o ritmo é preciso contar o tempo. As frações foram e são usadas há mais de 2.500 anos para fazer essa contagem.
- ❖ Explorar o mundo da música por meio da Matemática com foco nas propriedades periódicas das ondas sonoras, e os modelos criados pra representar esses padrões. Uma excelente oportunidade para se aprender como alguns conceitos matemáticos têm sido usados para modelar fenômenos ondulatórios.
- ❖ Trabalhar a questão musical desde a sua essência, quando explora as frações para representar compassos e ritmos, a base da música, até as questões mais modernas, em que a tecnologia transforma e é transformada pela arte musical.
- ❖ Abordar as escalas logarítmicas, as funções trigonométricas e as séries de Fourier no contexto da representação, tratamento, armazenagem e reprodução de vários tipos de sons e estilos musicais. A associação entre ondas sonoras e senoídes (gráficos das funções seno e cosseno) pode ser um grande motivador para o estudo da trigonometria no Ensino Médio.
- ❖ Ampliar a visão de que Arte e Matemática andam cada vez mais juntas na produção das músicas eletrônicas, por meio da combinação e rearranjo de blocos de ondas sonoras que podem representar variados estilos musicais.
- ❖ Mostrar que a atual produção de um CD ou DVD, em qualquer canto do planeta, sempre passa por uma edição sonora, a qual só é possível por meio da Matemática que modela os fenômenos ondulatórios.

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

- ❖ Introduzir as ideias matemáticas básicas presentes na compactação das músicas em formato digital. Os variados formatos de áudio existentes atualmente, criados a partir de modelos matemáticos, permitem o armazenamento de milhares de músicas em dispositivos fixos ou móveis, muitas vezes bem compactos, que permitem, ainda, o envio e compartilhamento desse material digital sonoro entre pessoas de diferentes pontos do planeta.
- ❖ Apresentar uma interligação entre música, vídeo, Arte e Matemática, de uma forma original e sensacional na atuação do músico e matemático Sérgio Krakowski. Imperdível!

Duração da atividade

Duas horas-aula (90min) para cada atividade.

O que o aluno poderá aprender com esta aula

Explorar as propriedades das funções trigonométricas e seus gráficos, e suas relações com propriedades das ondas sonoras e das composições musicais como amplitude e frequência. Entender a importância das escalas logarítmicas na música.

Conhecimentos prévios que devem ser trabalhados pelo professor com o aluno

Logaritmos.

Trigonometria básica.

Funções trigonométricas.

Estratégias e recursos da aula/descrição das atividades

Caro(a) professor(a), apresentaremos algumas sugestões de atividades para dar suporte à exibição do episódio “Matemática na Música”. Nossa proposta de atividades foi

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

organizada em duas aulas: “A trigonometria das músicas” e “Música e Logaritmos: nascidos um para o outro”. As duas aulas são indicadas para o Ensino Médio.

As atividades de cada uma das aulas foram postas em páginas individuais aqui denominadas Folha de Atividades. Imediatamente após cada Folha de Atividades são apresentados comentários e sugestões para auxiliarem a aplicação em sala de aula. O planejamento das aulas buscou articular o conteúdo apresentado no vídeo às atividades propostas. Para facilitar a adequação dessa proposta à realidade de cada professor, apresenta-se a duração de cada atividade.

Professor(a), este material foi elaborado com cuidado de modo que sua aplicação seja factível, mas lembre-se de que essas sugestões podem e devem ser adaptadas à sua realidade. Sugerimos a busca por articulações acadêmicas envolvendo professores de Física e Música com o objetivo de tornar essa abordagem deste tema mais ampla e interessante.

Aula 1: A trigonometria das músicas: Vendo os sons e ouvindo os gráficos

Nessa aula abordaremos uma parte da Trigonometria que está associada aos fenômenos ondulatórios: o estudo das funções trigonométricas. Nosso objetivo é usar tecnologia na construção das funções seno e cosseno para, em seguida, investigar propriedades dessas curvas, como amplitude, frequência, defasagem e translações, e a relação delas com os parâmetros da função $F(x) = A + B \cdot \text{sen}(Cx + D)$.

Antes de passarmos para a atividade de fato, gostaríamos de salientar três pontos importantes que se referem aos conceitos e à forma de se ensinar tais conceitos.

Ponto 1 – A dificuldade natural na compreensão das funções trigonométricas

Os alunos costumam ter dificuldades na compreensão das funções trigonométricas quando os conceitos de radiano e de ciclo trigonométrico não ficam muito claros. A aula do

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

portal do professor: *Manipulando e Construindo Conceitos do Seno e do Cosseno no Ciclo Trigonométrico* (TRAMONTANO, 2011) pode ser usada para reforçar tais assuntos, e está disponível em:

<<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=26172>>

Ponto 2 – A passagem da trigonometria do Ensino Fundamental para a ensinada no Ensino Médio

No Ensino Fundamental estuda-se, geralmente, o objeto inicial da Trigonometria, que é o tradicional problema da resolução de triângulos em que, a partir de três medidas (envolvendo lados ou ângulos), pode-se determinar as outras três medidas (envolvendo lados ou ângulos), usando inclusive senos, cossenos e tangentes de ângulos.

Já no Ensino Médio, além de se ampliar o que foi estudado no Fundamental, atribuem-se às noções de seno, cosseno e suas associadas, o *status* de função real de uma variável real. Assim, aparecem expressões como $\sin 2$, ou $\cos 0,5$, as quais geralmente não são facilmente entendidas pelos alunos. Ou seja, em vez de seno do ângulo \hat{A} , passamos a trabalhar com o seno do **número real t**. Com isso, o que era apenas o seno de um ângulo no Ensino Fundamental, se ampliará no Ensino Médio para a função $\sin: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$. As figuras a seguir ilustram essa transformação.

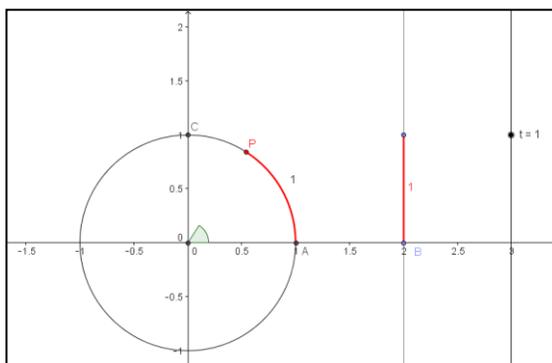


Figura 1 – Função que associa cada número real t a um ponto P da circunferência unitária.

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

Observe que para cada número real t na reta vertical, partiremos de A , e percorremos sobre a circunferência, no sentido anti-horário (se $t > 0$), uma distância igual a t . Assim, todos os números reais estarão representados pelos pontos de chegada de cada deslocamento. Com isso, todos os números reais passam a “morar” na circunferência, sendo os valores de seno e cosseno dados pelas coordenadas desse ponto. Essa ideia tende a simplificar o conceito e ajuda a entender seno e cosseno como funções reais. A figura a seguir completa a ideia, apresentando os senos e cossenos obtidos a partir do ponto P .

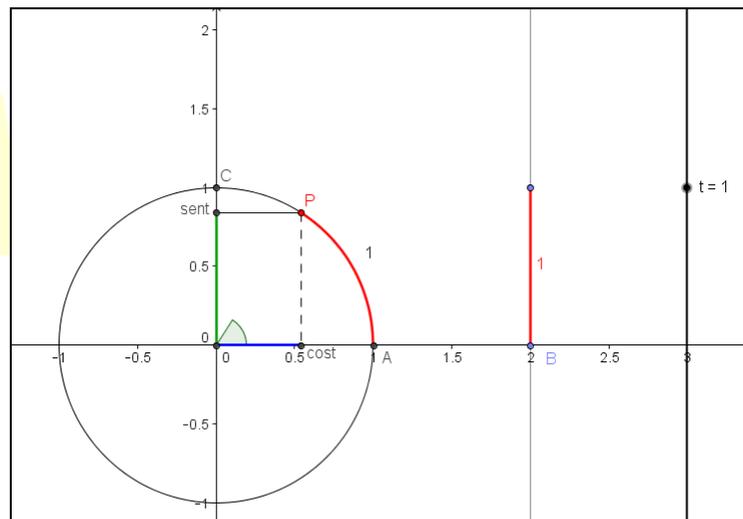


Figura 2 – Função de Euler: para cada número real associamos um ponto $P(x,y)$, do ciclo unitário, de modo que o arco AP tenha comprimento t e, daí, termos $x(t) = \cos t$ e $y(t) = \sin t$.

O aplicativo *função_de_euler* pode ajudar na visualização desses conceitos e está disponível em:

<<http://www.projetofundao.ufrj.br/matematica/tecnologias/tvescola/FuncaoEuler.ggb>>

<<http://www.uff.br/cdme/ftf/ftf-html/ftf-euler-br.html>>

Para ajudar nessa passagem, sugerimos uma aula do Prof. Eduardo Wagner, realizada em 2007, pelo Programa de Aperfeiçoamento para professores de Matemática do Ensino

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

Médio - IMPA, na qual ele apresenta uma maneira inteligente de se fazer essa passagem do ângulo para o número real, perfeitamente acessível aos alunos do Ensino Médio. A aula está disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=NiyX_hTl3tw>.

Ponto 3 – As funções trigonométricas e os fenômenos ondulatórios

As funções trigonométricas são a base dos modelos matemáticos que tratam dos fenômenos periódicos. Para se estudar tais funções é necessário compreender senos e cossenos de números reais. A ideia que mostramos no Ponto 2 é a base para o estudo dessas funções e, conseqüentemente, a compreensão de alguns fenômenos ondulatórios.

Essas funções trigonométricas foram concebidas pelo matemático suíço Leonard Euler, contribuindo para o desenvolvimento do Cálculo Infinitesimal e da Análise. Tais funções, desde então, vêm se mostrando extremamente úteis e poderosas na descrição de fenômenos de natureza periódica, oscilatória ou vibratória, tais como: **movimento dos planetas, som, corrente elétrica alternada, sinais de telecomunicações, circulação de sangue, batimentos cardíacos, movimento das marés, dentre outros.**

1º Momento: Preparação da apresentação do vídeo (10 minutos)

Inicialmente, divida a turma em grupos de dois a três alunos. Caso seja possível levá-los para o Laboratório de Informática, organize-os em duplas ou de acordo com a disponibilidade de máquinas.

Em seguida, inicie uma conversa rápida dizendo que nesta aula, eles verão algumas aplicações das funções trigonométricas na música.

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**
Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

2º Momento: Exibição completa do vídeo (20 minutos)

O vídeo tem aproximadamente 15 minutos, e sugerimos o uso de mais 5 minutos para considerações finais antes da aplicação da Folha de Atividades.

3º Momento (70 minutos)

Antes de passar para as atividades, reforce com os alunos que os sons são ondas, ou seja, podemos representar sons por meio de curvas periódicas e, conseqüentemente, por meio de funções periódicas, sendo as funções seno e cosseno as mais utilizadas. Como mencionado no vídeo, Joseph Fourier demonstrou que todas as funções periódicas podem ser aproximadas por meio de somas de senos e cossenos.

Reforce com os alunos que cada tipo de som tem um formato ondulatório próprio, que depende essencialmente da intensidade e da frequência. A primeira está associada à amplitude, ao volume; e a segunda está associada ao número de repetições em um intervalo de tempo. Quando dizemos que o lá padrão tem uma frequência de 440 Hz, dizemos que um ciclo completo dessa onda que o representa se repete 440 vezes em 1 segundo.

Para ajudar a enriquecer as informações e a compreensão do contexto que é analisado, seguem alguns conceitos básicos sobre a física do som e a fisiologia do ouvido humano.

O som é toda a variação de pressão que pode ser detectada pelo ouvido humano. O número de variações da pressão por segundo é a frequência do som e é expressa em Hertz (Hz). A percepção auditiva normal de uma pessoa nova e saudável varia aproximadamente entre os 20 Hz a 20.000 Hz, a chamada Gama Audível. Os sons com menos de 20 Hz são chamados de infrassons e os sons com mais de 20.000Hz são chamados de ultrassons, imperceptíveis para o ouvido humano. A figura a seguir ilustra, da esquerda para a direita, os infrassons, a gama audível e os ultrassons.

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.

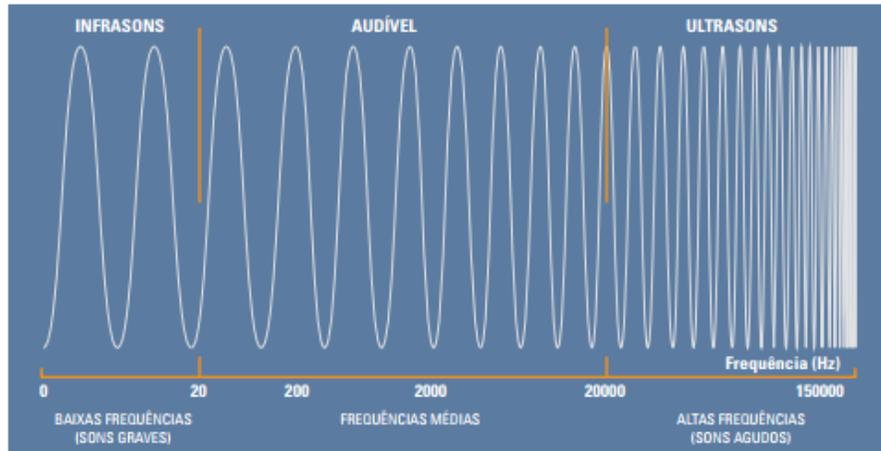


Figura 3 – Classificação dos sons por faixas de frequência.

Disponível em <http://www.apambiente.pt/zdata/DAR/Ruido/o_rudo_e_a_cidade.pdf>

Essa variação de pressão, com diferentes frequências e intensidades, é percebida pelo ouvido humano, que é uma máquina extremamente complexa dotada de três partes que se interagem para transformar as diferenças de pressão na sensação que entendemos por som, conforme ilustrado na Figura 4.

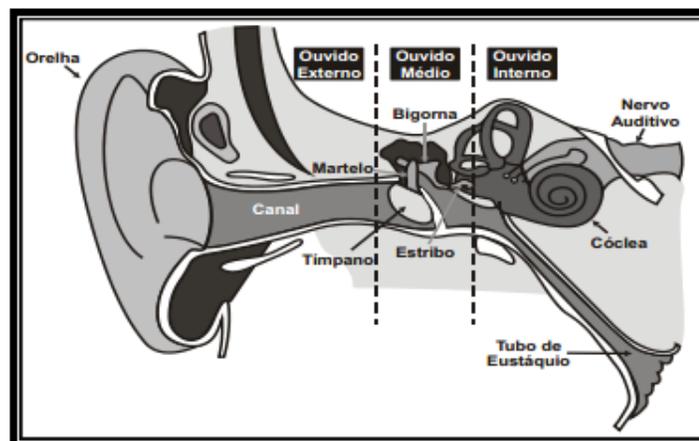


Figura 4 – Ouvido Humano

Disponível em <http://www.attack.com.br/artigos_tecnicos/ouvido_humano.pdf>

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**
Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

Conforme (GAYTON, 2002) cada parte tem uma função específica para interpretar os sons. Basicamente ocorre o seguinte: o ouvido externo serve para coletar o som e levá-lo pelo canal ao ouvido médio. No ouvido médio ocorre a transformação da energia de uma onda sonora em vibrações internas da estrutura óssea do ouvido médio; essas vibrações, por sua vez, formam uma onda de compressão no ouvido interno. O ouvido interno transforma a energia da onda de compressão dentro de um fluido em impulsos nervosos que podem ser transmitidos ao cérebro.

Divida a turma em duplas para realizar as atividades no Laboratório de Informática. Cada dupla deve receber uma numeração sequencial, que servirá para identificar o arquivo/registro de cada dupla.

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**
Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.

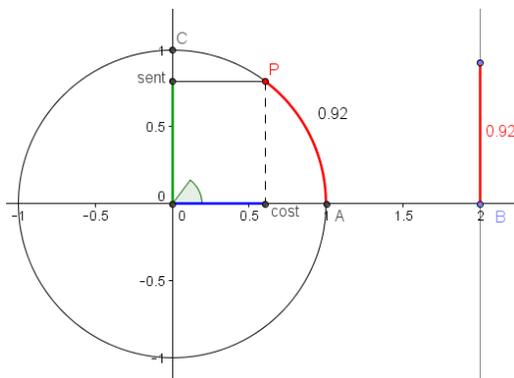


Folha de Atividades – Aula 1

Investigando propriedades das funções trigonométricas e seus gráficos

- 1) Cada dupla deve abrir um arquivo Word ou bloco de notas, e salvar com o nome TURMAX_GRUPOY. Nesse arquivo, cada dupla registrará suas descobertas e responderá às perguntas feitas pelo professor. Depois da aula, o professor terá um registro parcial da compreensão de cada dupla sobre a aula.
- 2) Acesse <<http://www.uff.br/cdme/fttr/fttr-html/fttr-seno-rad-br.html>> para iniciar o estudo da senoide.
- 3) Qual o valor do $\sin 1$? E de $\sin 2$?
- 4) Qual o valor do $\sin \pi$ e do $\sin \pi/2$?
- 5) Determine os valores máximo e mínimo da função.
- 6) Quantas vezes temos $\sin t = 0,8$, em uma volta completa?
- 7) Como marcar e calcular o valor $\sin t$ para $t = \frac{\pi}{6}$?
- 8) A função é periódica. O que isso significa? Qual o período da função seno?
- 9) $\sin t$ e $\sin (-t)$ são iguais? Qual a relação entre esses valores? Por que isso acontece?
- 10) Peça para os alunos posicionarem o ponto P em um ângulo t qualquer escolhido por eles. Peça para registrarem o valor de t e o $\sin t$. Depois disso, peça para posicionarem o ponto P, e dizer qual o valor do seno para os seguintes deslocamentos de t:

- a) $\pi + t$
- b) $\frac{\pi}{2} + t$
- c) $t + 2\pi$
- d) $2\pi - t$



A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

11) O texto abaixo foi escrito por duas alunas que interagiram com esse aplicativo. Identifiquem se a análise feita está correta, apontando erros, caso existam.

“No gráfico da função seno a imagem varia de (-1) a 1 (são as variações do seno de um número real), quando o ângulo é zero o seno também é zero. Ao olharmos para o ciclo trigonométrico, à medida que o deslocamento se aproxima a $\pi/2$ (cujo seno é 1) o seno vai aumentando. Por isso, no gráfico, essa medida é crescente e positiva até alcançar $\pi/2$ (um dos pontos mais altos do gráfico).

Ao passar pelo $\pi/2$, o seno começa a diminuir até adquirir o valor zero quando alcança π . Depois de π , o seno passa a ser negativo e atinge seu valor mínimo quando o deslocamento é $3\pi/2$ (cujo seno é -1). A partir daí, o seno aumenta novamente alcançando zero em 2π .

O seno é o que está em laranja, tanto no gráfico quanto no ciclo trigonométrico. Ele é bem fácil de ser visualizado no gráfico, justamente por estar na mesma posição (vertical) que no ciclo.

Nessa parte, podemos encontrar no canto inferior da tela uma espécie de calculadora em que t é a medida do ângulo em radianos e abaixo mostra o seno de t . Por exemplo, quando queremos encontrar a medida de $\pi/2$ radianos, isso significa que encontraremos o seno desse deslocamento que seria 3,14 dividido por dois. O resultado desse deslocamento é aproximadamente 1,57. O ângulo é trabalhado somente com duas casas decimais, nesse caso.

O seno sempre atinge valores infinitos porque esta calculadora não reconhece valores racionais para o seno, somente irracionais (um número infinito e não periódico). Por essa razão, o seno de valor 0 exato nunca será calculado.”

Texto produzido por alunos da primeira série do Ensino Médio, em agosto de 2010, no Colégio Pedro II – Unidade Centro, sob a orientação do Prof. Ivail Muniz.

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

Em seguida, acesse <<http://www.uff.br/cdme/ptr/ptr-html/ptr-tr-rad-br.html>> para iniciar o estudo das transformações da senoide.

Observe que nesse aplicativo há quatro parâmetros por função (localizados na parte inferior da tela – região amarela) e seis opções para a função trigonométrica a ser estudada (localizadas na parte superior da tela). Vamos estudar separadamente cada parâmetro da **função seno**. Para isso, marque apenas a opção função seno.

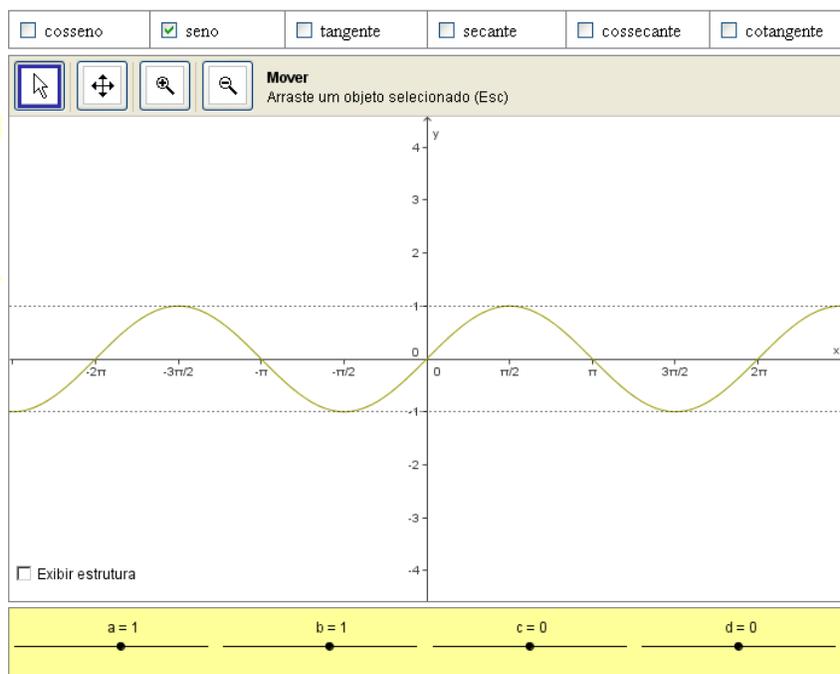


Figura 5 – Tela do aplicativo: Investigando as funções trigonométricas do portal: Conteúdos digitais para o Ensino Médio da Universidade Federal Fluminense.

Disponível em <<http://www.uff.br/cdme/ptr/ptr-html/ptr-tr-rad-br.html>>

- 12) Varia cada um dos parâmetros separadamente, registrando em seu arquivo as transformações observadas pela dupla para cada um dos parâmetros analisados.

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

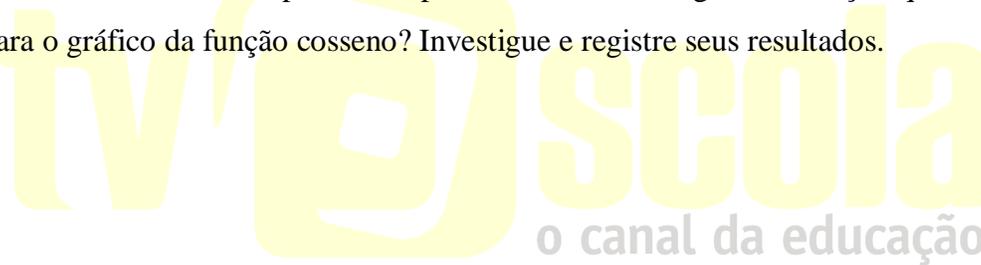
Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

- 13) Quais desses parâmetros produzem translações?
- 14) Quais desses parâmetros produzem dilatações?
- 15) A frequência está associada a que parâmetro? Qual a relação entre os termos agudos, graves e a frequência?
- 16) Qual dos parâmetros está relacionado à amplitude? O que isso representa em relação à música?
- 17) Qual dos parâmetros está relacionado à defasagem da onda em relação à onda da função $\sin t$?
- 18) As conclusões obtidas para esses parâmetros sofrem alguma alteração quando se olha para o gráfico da função cosseno? Investigue e registre seus resultados.



A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**
Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

Comentários e soluções

- 1) e 2) Basta seguir os comandos.
- 3) $\text{sen } 1 = 0,84$ e $\text{sen } 2 = 0,91$.
- 4) $\text{sen } \pi = 0$ e $\text{sen } \pi/2 = 1$.
- 5) 1 e -1.
- 6) Duas vezes, uma no primeiro e outra no segundo quadrante.
- 7) Para marcar um caminho é achar o ângulo central subtendido ao arco de $\pi/6$, que é 30° , e daí é fácil calcular o valor de $\text{sen } 30^\circ = \text{sen } \pi/6 = 0,5$.
- 8) Sim, e o período é igual a 2π . 2π é o menor valor positivo para o qual $f(x + 2\pi) = f(x)$, para todo x real. Ou seja, de 2π em 2π , todas as imagens voltam a se repetir no mesmo padrão.
- 9) Não, são simétricos. Basta posicionar no ciclo trigonométrico.
- 10) Essa resposta precisa ser verificada pelo professor, pois a posição dos pontos em cada item dependerá do ponto inicialmente escolhido. Uma excelente oportunidade para utilizar as simetrias para responder às questões teóricas e consideradas enfadonhas como essa.
- 11) A análise das alunas é adequada e possui algo grau de precisão, com algumas pequenas imprecisões (essencialmente no final do texto). Mas o importante é reforçar a ideia de número real associado ao deslocamento sobre a circunferência. Isso sugere que, provavelmente, a habilidade de entender o seno de um número real foi desenvolvida.
- 12) Resposta pessoal do aluno.
- 13) Considerando $f(x) = a + b \cdot \text{sen}(cx - d)$, temos que os parâmetros a e d produzem, respectivamente, translações vertical e horizontal.
- 14) Do mesmo modo, b e c produzem dilatação vertical e horizontal, respectivamente.
- 15) Graves estão associados a baixas frequências e agudos a altas frequências. O parâmetro associado é o que produz dilatação horizontal, ou seja, o parâmetro que multiplica a variável x nesse caso.
- 16) O parâmetro que produz dilatação vertical.
- 17) O parâmetro que produz translação horizontal.

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**
Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

18) Não há alterações, pois o gráfico da função cosseno também é uma senoide. O que muda é apenas o ponto em que passamos o eixo y.

Aula 2: Música e logaritmos: nascidos um para o outro

Caro(a) professor(a), gostaríamos de reforçar algumas ideias sobre as escalas logarítmicas antes de passarmos para a atividade. A primeira ideia é sobre o ensino de logaritmos nos momentos iniciais. O que é logaritmo? A resposta no primeiro encontro precisa ser simples e direta: é um expoente. Sabemos que logaritmo de um número real a , na base b (número real, positivo e diferente de zero), é o expoente de b que resulta em a . Isso pode e precisa ficar muito claro. A segunda ideia é que vivemos em um século em que celulares, calculadoras, *tablets* e outros tantos dispositivos móveis podem calcular qualquer logaritmo rapidamente, com uma precisão maior do que provavelmente precisaremos. Se esses dispositivos são cada vez mais acessíveis, para que logaritmos? Os logaritmos, além de fornecerem expoentes, que estão associados aos fenômenos exponenciais, abundantes em diversas áreas do conhecimento, têm a capacidade de compactar escalas; permitir a análise da variável tempo em fenômenos exponenciais, ou, ainda de um modo geral, permitir a análise da variável que era inicialmente independente, além de compor relações entre grandezas nas mais variadas situações da Engenharia, Física, Química, Biologia, Economia, dentre outras.

Um exemplo disso está presente em algumas falas do Professor Leo Akio, que ocorrem no intervalo de 06'19" a 07'31" desse episódio:

“Quando a gente diz no jargão popular que o som está alto, na verdade estamos nos referindo à intensidade do som. A intensidade está relacionada com o volume do som, ou seja, ao nível de pressão sonora que é medida em decibéis.”

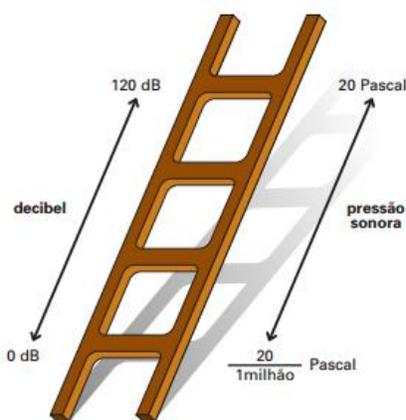
“Decibel é uma unidade logarítmica. Escalas logarítmicas são aquelas que usam o logaritmo de uma grandeza em vez da grandeza propriamente dita. Esse tipo de escala é

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.

muito utilizada em números extremamente grandes ou pequenos, porque facilita a manipulação desses números. Um exemplo disso está nas telecomunicações.”

Essas falas ilustram a propriedade dos logaritmos em “compactar escalas”. Essa propriedade não é usada apenas na Música, mas também na Química, com o pH na quantificação da acidez de uma substância; na Geografia/Geologia com a escala Richter (Charles Richter, 1900-1985) que mede a magnitude dos terremotos; na Biologia, no estudo da extinção de espécies em função da redução de área de habitat natural; na Astronomia, com a estimativa da distância de uma estrela; na Economia, no estudo do comportamento do dinheiro no tempo, dentre muitas outras.



$$L_p = 10 \times \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \times \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

em que,
 L_p é o nível de pressão sonora expresso em dB
 p é a pressão sonora expressa em Pa
 p_0 é a pressão sonora de referência ($p_0 = 20 \times 10^{-6}$ Pa) e que corresponde ao limiar mínimo da audição humana

Figura 6 – Ilustração da escala logarítmica de nível de pressão sonora.

Disponível em <http://www.apambiente.pt/zdata/DAR/Ruido/o_rudo_e_a_cidade.pdf>

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

Algumas informações importantes sobre sons que estão associados aos logaritmos:

- ❖ O ouvido humano médio é capaz de distinguir cerca de 1.400 frequências discretas, variando de 20 Hz a 20.000 Hz. Como a escala é enorme, podemos dividir a escala em blocos (chamadas oitavas) utilizando logaritmos.
- ❖ O ouvido humano também é capaz de perceber sons cuja intensidade sonora, em (W/m^2), possui um enorme campo de variação. Por exemplo, um murmúrio irradia uma potência de 0.000.000.001 watt; já um grito humano comum gera uma potência sonora em torno de 0.001 watt; uma orquestra sinfônica chega a produzir 10 watts e um avião a jato irradia 100.000 watts de potência ao decolar.
- ❖ Dessas duas características percebe-se claramente a necessidade de se usar escalas logarítmicas para representar melhor os valores dessas grandezas físicas.
- ❖ É muito comum ocorrer uma confusão entre tantos termos: som, pressão, intensidade, energia etc. Assim, vamos diferenciar cada um deles.
- ❖ O som é uma oscilação na pressão do ar (ou de outro meio elástico) capaz de ser percebida pelo ouvido humano. O número de oscilações da pressão do ar, por unidade de tempo, define sua frequência; a magnitude da pressão média define a potência e a intensidade sonora. A frequência é expressa em hertz (Hz), ou (ciclos/s), e a pressão em pascal (Pa) ou ($\text{newtons}/\text{m}^2$).
- ❖ A potência é a energia emitida pela fonte sonora por unidade de tempo, expressa em joules/s (J/s) ou watt (W), quando usamos o Sistema Internacional de Unidades.

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**
Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

- ❖ A intensidade sonora pode ser definida como potência por unidade de área, expressa em watt/m². A escala que mede ruídos, em decibéis, fornece um número associado a quantas vezes a intensidade sonora de um ruído a ser analisado é maior que a de um ruído de referência (cuja intensidade representa o início da percepção do ouvido humano). Matematicamente, temos

$$R = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right),$$

em que R é medida do ruído e I é a intensidade sonora, e $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

- ❖ Em quase todos os livros didáticos há alguma questão envolvendo essa escala logarítmica dos decibéis. Entretanto, a percepção do ser humano em relação a esse nível medido e fornecido por essa fórmula, varia em função da frequência e da distância até a fonte. Se você está a 1 km do aeroporto, o nível em dB do som produzido pela turbina é bem diferente de quem está trabalhando na pista de decolagem desse avião. Isso raramente é discutido nos livros didáticos, pelo menos nos de Matemática.
- ❖ Segundo a Lei de Weber-Fechner: “A sensação sonora varia aproximadamente com o logaritmo da pressão sonora”. Isso significa que o ouvido humano “usa logaritmos” para se proteger. Isso é intuitivo: se passamos de duas para três pessoas cantando, temos uma percepção maior do aumento do som, do que de 10 para 11. Mas, como vimos acima, essa percepção é sensível à frequência. Na faixa de audição normal (20 Hz a 15.000 Hz), o nosso ouvido não reage igualmente bem. Sua sensibilidade varia, e muito, com a frequência do som: dois sons de mesma intensidade física, mas frequências diferentes podem parecer, para o nosso ouvido, ter intensidades muito diferentes. Ou seja: a percepção sonora é influenciada pela distância do ouvinte à

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

fonte e pela frequência. Muito importante saber que isso ocorre e que, na maioria dos casos, é ignorado, por total desconhecimento, ou realizado de forma consciente para simplificar o problema para alunos do Ensino Médio. Nosso objetivo é oferecer informações que lhe permitam fazer perfeitamente essas simplificações, pois os modelos na vida real sempre são simplificações da realidade, consciente das limitações do modelo.

Vamos às atividades. Procuramos fornecer algumas aplicações em que os logaritmos são usados em contextos envolvendo questões musicais.

1º Momento: Exibição completa do vídeo

O vídeo tem aproximadamente 15 minutos, e sugerimos o uso de mais 5 minutos para considerações finais antes da aplicação da Folha de Atividades.

2º Momento: Aplicação da atividade (80 minutos)

Após a exibição, distribua a Folha de atividades – Aula 2 e, iniciando a investigação, procure acompanhar o desenvolvimento de cada grupo, tentando intervir, quando for necessário, mas sem retirar o prazer da descoberta, se possível.

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

Folha de Atividades – Aula 2

Música e logaritmos: nascidos um para o outro

- 1) A intensidade sonora pode ser definida como potência por unidade de área, expressa em watt/m^2 . O que a escala que mede ruídos, em decibéis, faz é calcular um número relacionado a quantas vezes a intensidade sonora de um ruído a ser analisado é maior que a de um ruído de referência (cuja intensidade representa o início da percepção do ouvido humano). Matematicamente, temos: $R = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$, em que R é medida do ruído e I é a intensidade sonora, e $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$. Considere também uma tabela com algumas fontes de som e suas respectivas intensidades sonoras, aferidas a distâncias idênticas das fontes.

fonte de som	I (W/m^2)
turbina	$1,0 \times 10^2$
amplificador de som	1,0
tritador de lixo	$1,0 \times 10^{-4}$
TV	$3,2 \times 10^{-5}$

A partir dessas informações responda:

- Qual é a intensidade de um ruído de 0 decibel?
- Considere a afirmação: “A cada vez que a intensidade de uma fonte fica 10 vezes maior, o nível do ruído aumenta em 10 unidades”. A partir da fórmula acima, diga se julgue se a afirmação é verdadeira.
- Se a intensidade de uma fonte for 1.000 vezes a intensidade da outra, em quantas unidades aumenta o nível de ruído?
- Se o nível de ruído de uma fonte A é 50 dB maior que o da fonte B, quantas vezes maior é a intensidade de A em relação a B?

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

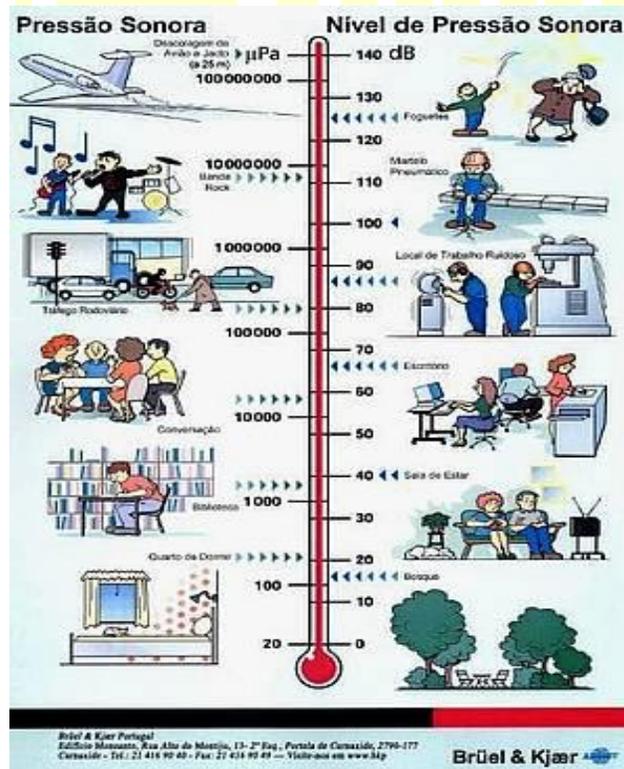
Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

- e) Determine a razão entre a intensidade sonora de um motor de avião (cerca de 160 dB) e a de um tráfego em um esquina movimentada em uma grande cidade (cerca de 80 dB).
- f) Sabendo que há risco para o ouvido humano acima de 80 dB, determine o número de fontes da tabela cuja intensidade sonora representa risco ao ouvido humano, na mesma distância de aferição.
- g) Em alguns livros, aparece a relação $R = 120 + 10 \cdot \log I$, sendo I também a intensidade sonora. Mostre que as duas fórmulas se equivalem.
- h) Analise e interprete as informações contidas na figura a seguir, comparando as duas escalas apresentadas.



Disponível em <<http://lisboaverde.cm-lisboa.pt/index.php?id=4227>>

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua antena parabólica: **analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**. Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

- i) Considere a tabela abaixo que apresenta duas escalas logarítmicas, uma para a pressão sonora e a outra para a intensidade sonora.

medida relativa		medida absoluta	valor de referência (umbral)
nome	fórmula		
nível de pressão sonora	$dB_{SPL} = 20 \log P / P_0$	$P =$ pressão acústica	$P_0 = 0.000\ 02$ Newton/m ²
nível de intensidade sonora	$dB_{IL} = 10 \log I / I_0$	$I =$ intensidade acústica	$I_0 = 10^{-12}$ watt/m ²

Significado das abreviações acima:

SPL = sound pressure level

IL = (sound) intensity level

A partir dessas informações analise cada uma das situações abaixo.

Situação 1: Considere que, no ar, a intensidade de um som é diretamente proporcional ao quadrado de sua pressão sonora. Prove a seguinte afirmação:

“Considerando que um som se propaga no ar, dizer que esse som tem N dB de intensidade sonora é o mesmo que dizer que ele tem N dB de pressão sonora.”

Sugestão: Prove que **dBIL = dB SPL**.

Situação 2: Frentes de ondas esféricas de uma fonte sonora pontual são emitidas uniformemente em todas as direções do espaço, cuja potência irradiada é $0,1W$. Determine o nível sonoro da onda para quem está na frente da fonte; a intensidade da onda sonora, (dada em w/m^2) a uma distância de $10m$ da fonte e o respectivo nível sonoro em dB. Compare os dois níveis.

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

Comentários e soluções

- 1) a) $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$
- b) Sim, pois a cada vez que se multiplica por 10, se aumenta uma unidade no expoente da potência de base 10; com isso, o log aumenta de 1 unidade, que multiplicada por 10 aumenta em 10 unidades.
- c) Em 30 unidades.
- d) 10^5 vezes maior, ou seja, 100 mil vezes maior.
- e) 10^8
- f) As duas primeiras fontes estão acima de 80 dB.
- g) As equações são equivalentes. Demonstração:

$$\begin{aligned} R &= 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) \\ &= 10(\log I - \log(10^{-12})) \end{aligned}$$

$$120 + 10 \cdot \log I$$

- h) Elementos importantes: duas escalas, uma com logarítmica e outra não. Esse quadro mostra a compactação feita pelos logaritmos. Perceber que multiplicações iguais nos valores da esquerda produzem crescimentos constantes nos valores da direita. Ou seja, uma escala logarítmica transforma uma PG em um PA, o inverso do realizado pela função exponencial. Interessante identificar o que é prejudicial e o que não é prejudicial ao ouvido humano, quando exposto. Cuidado: a unidade não está em w/m^2 .
- i) Nesse caso temos duas situações a serem analisadas.

Situação 1

Da tabela temos que:

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

$$dB SPL = 20 \cdot \log \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

$$dB IL = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Assim, temos que $10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right) = 10 \cdot \log \left(\frac{k \cdot P}{k \cdot P_0} \right)^2 = 20 \cdot \log \left(\frac{P}{P_0} \right)$. Daí fica fácil ver que são iguais.

Situação 2

A) 120 dB

B) $7,96 \times 10^{-5} \text{ w/m}^2$ e daí o nível = 79,6 dBIL. Basta dividir a potência de 0,1 w pela área da superfície esférica (vide enunciado) dada por $4\pi \cdot R^2$

Questões para discussão

- 1) Redução dos formatos x Ampliação da capacidade de armazenamento: como a Matemática atua nas duas pontas?
- 2) A relação do homem com a Música no mundo digital. Ouve-se mais e escuta-se menos?
- 3) Pesquisar aplicações das séries de Fourier na Música e em outras áreas.
- 4) Quais os danos provocados ao ouvido humano para quem faz uso contínuo e diário de fones de ouvido escutando músicas em celulares, mp's, reprodutores, *tablets* etc.?

Professor(a), esperamos que essa proposta tenha ampliado suas ideias. Tenha em mente que é totalmente possível mudar o que foi proposto, alterar a ordem, excluir ou incluir perguntas, abordagens, assuntos etc. O mais importante é adequar a proposta à realidade de sua turma. Os nossos *e-mails* são ivailmuniz@gmail.com e fernandovillar@ufrj.br. Por favor, entre em contato para informar o que achou desta dica pedagógica e se a utilizou em suas aulas. O seu retorno é muito importante para a Rede da TV ESCOLA.

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**

Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.



Vídeos da TV Escola

DICAS PEDAGÓGICAS

Referências

GAYTON, Arthur C., M. D., HALL, John E., PH. D. *Tratado de Fisiologia Médica*. 10ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 2002.

INSTITUTO DO AMBIENTE DE PORTUGAL. *O Ruído e a Cidade*. Tradução e adaptação da publicação francesa intitulada “Le bruit et la ville” – Ministère de l’Équipement et de L’Aménagement du Territoire, Janvier 1978, 2004.

LIMA, E.L. Logaritmos. *Coleção Fundamentos da Matemática Elementar*. Rio de Janeiro: SBM, IMPA, 1980.

MORGADO, A.C.O, WAGNER, E. , ZANI, S.C. *Progressões e Matemática Financeira*. Coleção do Professor de Matemática. Rio de Janeiro: SBM, IMPA, 2001.

SILVEIRA. J. F. P. *O Decibel e os sons*. Site do Departamento de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <<http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/passa1f.html>>. Acesso em 10/04/2013.

SPADA, Adriano Luiz. *O Ouvido Humano*. Artigo disponível em <http://www.attack.com.br/artigos_tecnicos/ouvido_humano.pdf>. Acesso em 10/04/2013.

TRAMONTANO, A. F. et al. *Manipulando e Construindo Conceitos do Seno e do Cosseno no Ciclo Trigonométrico*. Portal do Professor, 2011. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=26172>>.

Consultores: Ivail Muniz Junior e Fernando Celso Villar Marinho

A TV Escola leva até a sua sala de aula os melhores documentários e séries de conteúdo educativo. Acompanhe nossa programação no **Canal 123 da Embratel**, no **Canal 112 da SKY**, no **Canal 694 da Telefônica TV Digital** ou gratuitamente sintonizando sua **antena parabólica: analógica - Hor /Freq. 3770 e digital banda C Vert /Freq. 3965**
Na internet acesse <http://tvescola.mec.gov.br> e assista ao vivo, 24 horas.