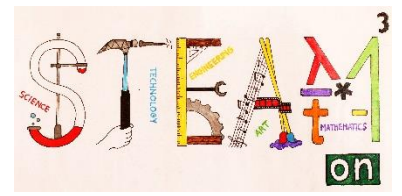




De Henrique, o Navegador, passando pelos Lusíadas, até uma Europa em Mudança

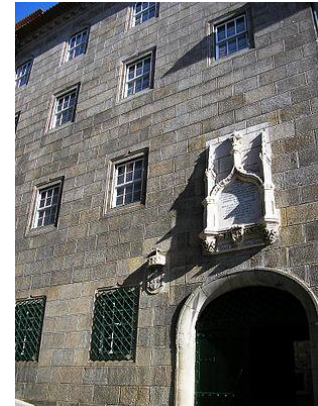


INTRODUÇÃO

Quem foi o infante D. Henrique?

O quinto filho de D. João I e de sua mulher, D. Filipa de Lencastre, denominado “O navegador”, nasceu no Porto a 4 de março de 1394, no local hoje denominado, “Casa do Infante”. Nesse local, podemos visitar o Centro Interpretativo, “O Infante D. Henrique e os novos mundos”.

Morreu em Sagres a 13 de novembro de 1460, os seus restos mortais encontram-se no Mosteiro da Batalha, mandado construir pelo seu pai.



Dedicou-se ao estudo da Matemática e em particular à Cosmografia. Foi o comandante da frota que deixou o Porto para a conquista de Ceuta em 1415. A localização desta cidade, no norte de África, próximo do Estreito de Gibraltar, forneceu aos portugueses um importante ponto estratégico para o comércio no Mediterrâneo bem como, mais tarde, para o comércio entre a Europa, a África e a Ásia.

Em 1416 ou 1419, fundou uma escola de cosmografia e navegação no promontório de Sagres. Também mandou construir, neste local, um estaleiro naval e o primeiro observatório astronómico português. Estavam, assim, criadas as condições para o início da era dos Descobrimentos portugueses.

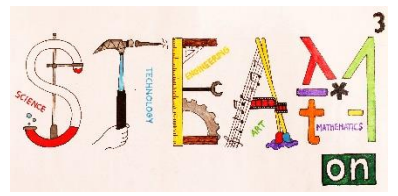


O que são os Lusíadas?

Os Lusíadas são um livro escrito pelo príncipe dos poetas portugueses, Luís de Camões. Nascido em Lisboa(?) em 1524(?) e falecido na mesma cidade a 10 de junho de 1580. Os seus restos mortais repousam no Mosteiro dos Jerónimos.



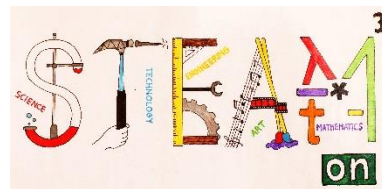
Os Lusíadas são a grande obra épica portuguesa que relata a saga deste povo em dez partes, denominadas “cantos”. Foi terminada em 1556 e publicada em 1572, três anos após o regresso de Luís de Camões da Ásia.



O grande tema desta obra são as Descobertas portuguesas, em especial a descoberta do Caminho Marítimo para a Índia. Descreve ainda outros episódios da história de Portugal em que o protagonista é o povo português.

Contexto

Este é o tema proposto pela escola portuguesa, o Conservatório de Música do Porto. O Infante D. Henrique é conhecido pelo apoio aos descobridores durante a Era dos Descobrimentos. Por essa razão, este grupo de aulas, vão levar-nos numa jornada através da Europa seguindo o som de um monocórdio, inspirados por um poema, uma canção, uma peça de teatro. Deixemos a criatividade fluir.



PARTE 1

Tópicos	O que é o som? Quais as grandezas físicas envolvidas?
Assuntos	Ciência e Tecnologia
Nível	★ ★
Objetivos	Os alunos vão compreender a forma de propagação do som e as grandezas envolvidas.
Competências	Ciência: compreender o que é o comprimento de onda, a velocidade do som, frequência e influência da temperatura na propagação do som. Tecnologia: usar uma app para diferentes experiências com as grandezas físicas relacionadas com o som.
Duração	100 min
Recursos	Computador ou telemóvel + app

SOM

O que é o som e a que velocidade se propaga?

Observa o vídeo:

<http://seilias.gr/images/stories/myvideos/senaria/senario-5-ixos/soundFiles/sound1.mp4>



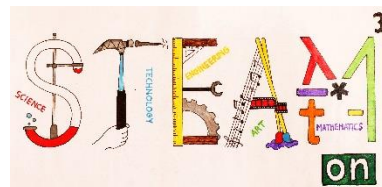
Que tipo de movimento provocas quando tocas um instrumento?

O som não é mais do que a vibração do ar. A simulação que se segue, mostra como se movimentam as partículas numa área fechada hermeticamente a uma determinada temperatura.

<http://seilias.gr/erasmus/html5/gas.html>



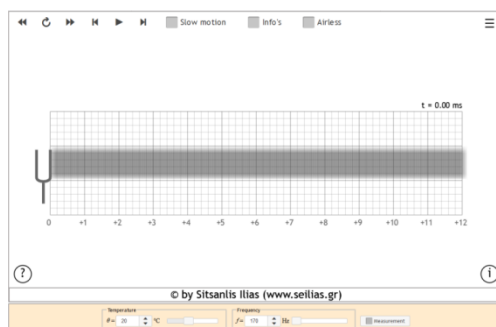
Aumenta ou diminui o volume disponível e descreve o que acontece.



O som é uma sequência de aumento e decréscimo da pressão do ar. Se quisermos ser um pouco mais rigorosos em termos científicos: o som resulta da alteração na densidade de um meio elástico, dentro do limite do audível para um determinado ser vivo.

Clica no botão “info” do simulador que se segue e observa as alterações na pressão do ar. Clica no botão “airless” e verifica o que acontece no vácuo.

<http://seilias.gr/erasmus/html5/soundSpeed.html>



Atividade 1

Vamos realizar algumas atividades experimentais, usando um simulador.

Escolhe a temperatura de 20°C e a frequência de 300Hz.

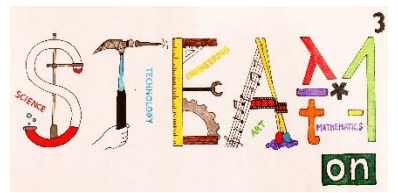
Quanto demora o som para percorrer uma distância de 12m?

Qual a velocidade do som , a uma temperatura de 20°C?

Qual a velocidade do som, a uma temperatura de -40°C e de 100°C?

Temperatura (°C)	Velocidade do som (m/s)
20	
100	
-40	

O que podemos concluir?



Uma formula simplificada que representa a relação entre a velocidade do som e a temperatura em °C é: $v = 20 \times \sqrt{273 + T}$, sendo v a velocidade do som medido em m/s e T a temperatura em °C.

Utiliza a máquina de calcular para confirmar a tua conclusão.

Escolhe agora a temperatura de 20°C e muda a frequência de 100Hz para 500Hz. Selecciona o botão "measurement". No ecrã verifica o momento em que a onda passa do primeiro para o segundo microfone.

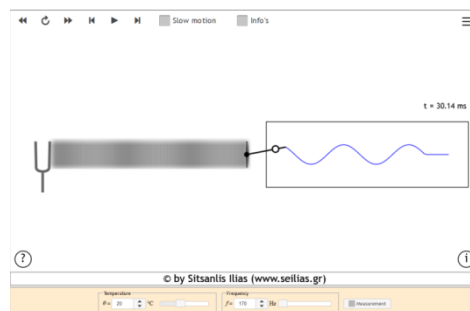
O que podemos concluir?

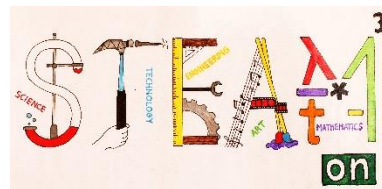
A importância da frequência do som

O som propaga-se devido às alterações de densidade do meio de propagação e move-se como uma onda longitudinal. Aqui vemos uma onda que se propaga na mesma direção em que se propaga a energia.

Podes observar essa onda na simulação que se segue:

<http://seilias.gr/erasmus/html5/waveForm.html>





Atividade 2

Vamos verificar a influência da frequência no som.

Volta a escolher a temperatura de 20°C e a frequência de 170Hz. Calcula a velocidade do som como na Atividade 1.

O que é a velocidade?

A onda surge no momento em que o som chega à posição final.

Para a simulação e anota o instante (t_1). Reinicia a simulação até que a onda atinja a elongação máxima seguinte.

Congela novamente a simulação e anota o instante (t_2). Reinicia o processo até que a onda chegue à seguinte elongação máxima. Congela novamente a simulação e anota o instante (t_3). Procede da mesma forma para a frequência de 200Hz e 300Hz.

Frequência(Hz)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	$t_3 - t_2$ (s)
170				
200				
300				

A frequência não tem influência sobre...

A frequência exerce influência sobre...

Para a frequência de 170 Hz, temos uma alta e uma baixa frequência para a pressão.... vezes por segundo.

Para a frequência de 200 Hz, temos um valor máximo e um mínimo de pressão vezes por segundo.

Para a frequência de 300 Hz, temos um valor máximo e um mínimo de pressão vezes por segundo.

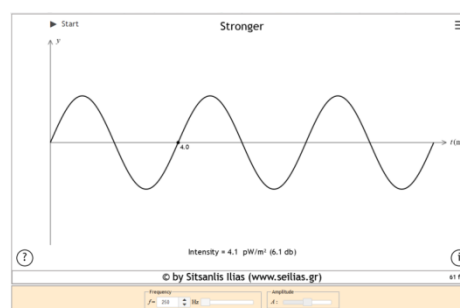
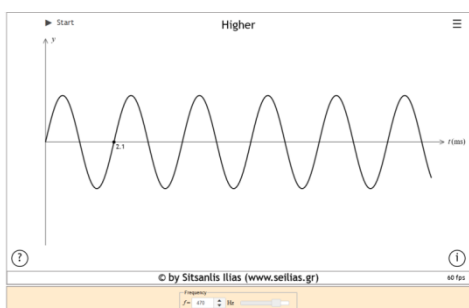
A fórmula: $v = \lambda \times f$, permite-nos calcular o comprimento de onda (λ em m).

Velocidade do som: v (m/s)	Frequência: f (Hz)	Comprimento de onda: λ (m)
	170	
	200	
	300	

Na primeira simulação podes ouvir, claramente, a influência da frequência sobre o comprimento de uma onda. Na segunda simulação, podes ouvir o que acontece quando alteras a “altura” da onda sonora. A “altura” de uma onda sonora é chamada de amplitude.

<http://seilias.gr/erasmus/html5/sound-1.html>

<http://seilias.gr/erasmus/html5/sound-2.html>



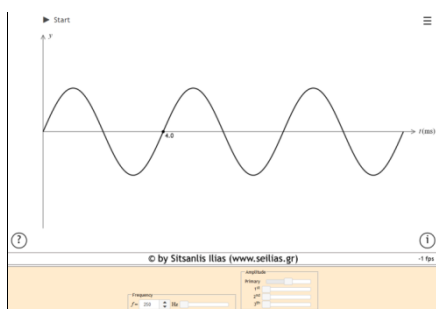
Conclusão:

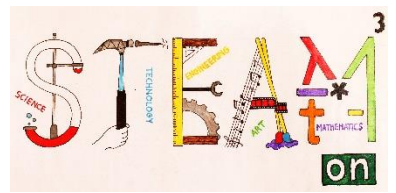
Quanto maior a frequência, _____ o tom do som.

Quanto maior a amplitude, _____ o som.

O volume de um som é denominado de intensidade do som. O nível de intensidade sonora é medido em decibéis (dB). A frequência de um som é chamada de *pitch* e é medida em Hz.

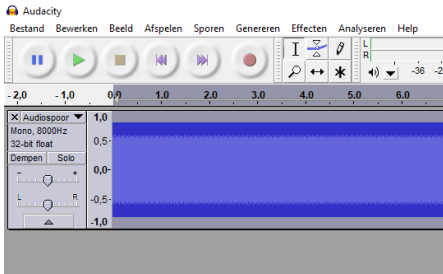
<http://seilias.gr/erasmus/html5/sound-3.html>





Atividade 3

Faz o download do programa **Audacity**.



Se não souberes a resposta, procura-a na internet.

Abre o programa Audacity e clica em 'generate'. A seguir escolhe 'tone'.

Qual é a menor frequência que consegues ouvir?

E qual é a maior?

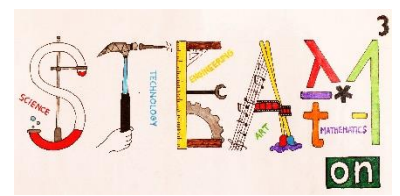
Que frequências sonoras são, normalmente, perceptíveis pelo ouvido humano?

A que intensidade sonora pode começar o teu ouvido a doer?

Ouves o trovão 10 segundos depois de veres o relâmpago. A que distância se encontra essa tempestade?

A nota mais grave de um piano tem o comprimento de onda de 12,5 m e a nota mais aguda tem o comprimento de onda de 8.2 cm.

Qual é a gama de frequências das notas musicais deste piano?



PARTE 2

Tópico	Construção de um monocórdio
Assuntos	Tecnologia, Engenharia, Ciência, Arte e Matemática
Nível	★ ★
Objetivos	Os alunos aprendem algumas das escalas usadas ao longo dos tempos com o objetivo de compreender as notas musicais e a sua relação.
Competências	<p>Tecnologia: usar apps para ver e ouvir as diferenças entre notas musicais</p> <p>Engenharia: construir um monocórdio</p> <p>Arte: estudar o conteúdo musical (notas musicais, escalas, intervalos acústicos)</p> <p>Matemática: usar frações para descobrir e descrever intervalos acústicos</p>
Duração	200 min
Recursos	3 placas de madeira de 65 cm x 10 cm x 1.8 cm, uma vara de 0.5cmx0.5cmx85 cm, uma corda de guitarra, alguns pregos, cola e um parafuso ou algo semelhante.

INTRODUÇÃO

Agora que ficamos a saber quais as grandezas físicas envolvidas na produção de um som, vamos construir o nosso próprio instrumento musical, o monocórdio.



Fig.1

Na *figura 1* está representado um cordofone com uma corda e uma caixa de ressonância, o monocórdio. O comprimento útil vibrante da corda é limitado por 2 cavaletes fixos à distância de um metro. Sobre a corda pode-se deslizar, ao longo de uma escala métrica, um cavalete móvel.

O que acontece quando se dedilha uma corda?

Na aplicação Piano .apk pode ouvir-se o som de diferentes notas quando é dedilhada a corda do monocórdio, fazendo variar o seu comprimento.

O MONOCÓRDIO, ONDAS E ESCALAS

O Monocórdio foi usado na Grécia antiga para medir e controlar uma escala musical. Pitágoras inventou o instrumento na procura de proporções entre os intervalos de dois sons.

Se fizesse vibrar a corda a todo o seu comprimento, *Fig.2A*, obteria como resultado o som fundamental (o som mais grave). Se deslocasse o cavalete móvel de forma a que a corda ficasse dividida em duas partes iguais, fazendo vibrar apenas metade da corda, obteria como resultado a oitava alta seguinte – *Fig.2B*, sendo a relação da frequência dos sons de 2:1.

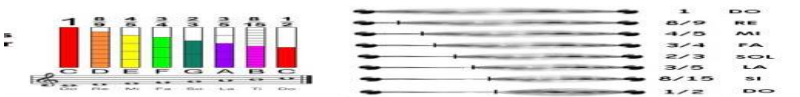


Fig.2A

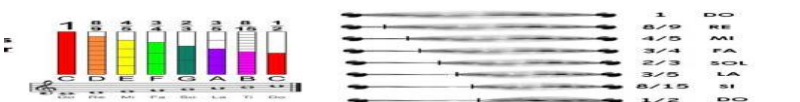


Fig.2B

Chamamos **oitava** a este intervalo. É o intervalo entre o som fundamental e a próxima oitava nota da escala, com o mesmo nome.

Pitágoras experimentou também deslocar o cavalete móvel de forma a que a corda ficasse dividida em três partes, fazendo vibrar apenas 2/3 da corda, *Fig.3B*. Assim obteve a quinta perfeita (a relação da frequência dos sons é agora de 3:2)

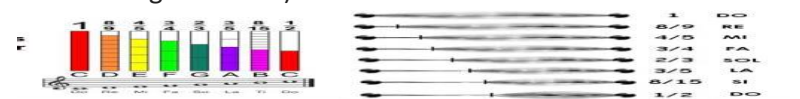


Fig.3A

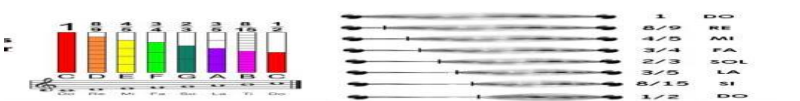


Fig.3B



Designamos este intervalo de *quinta perfeita* porque representa o intervalo entre o som fundamental e a seguinte quinta nota.

Vamos aprender um pouco sobre os intervalos acústicos.

Intervalo acústico entre dois sons

Os intervalos podem representar-se por frações.

Por exemplo o intervalo entre os sons de frequências $f = 600$ Hz e $f' = 400$ Hz é representado pela fração $\frac{3}{2}$, pois $\frac{f}{f'} = \frac{600}{400} = \frac{3}{2}$ ou seja entre o som de frequência 600 Hz e o som de frequência 400 Hz há uma relação de 3:2. Trata-se do intervalo entre o dó e o sol, uma quinta perfeita.

É usual designar um intervalo acústico como o quociente entre o som de frequência mais elevado e o som de menor frequência.

Ampliação de intervalos acústicos

As frequências de dois sons que formam um intervalo de oitava, estão na relação de 2:1 ou $\frac{2}{1}$.

Para ampliar um intervalo ou aumentamos a frequência do som mais agudo ou diminuimos a frequência do som mais grave.

Exemplo: Considere o intervalo $\frac{25}{24}$. Indique o intervalo que resulta do seu aumento em uma oitava.

Para aumentar de uma oitava, podemos diminuir para metade a frequência do som mais grave, ou seja teríamos $\frac{25}{24} = \frac{25}{12}$. Poderíamos também aumentar a frequência do som mais agudo para o dobro e teríamos $\frac{2 \times 25}{24} = \frac{25}{12}$.

Conclusão: Aumentar o intervalo de uma oitava corresponde a aumentar a relação de frequência para o dobro.

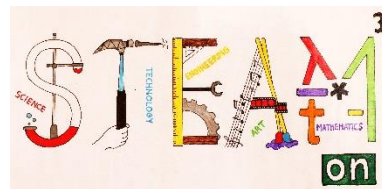
Redução de intervalos acústicos

A redução de intervalos tem um raciocínio semelhante ao da ampliação de intervalos, mas no sentido inverso.

Exemplo: Considere o intervalo $\frac{32}{15}$. Indique o intervalo que resulta da diminuição desse intervalo em uma oitava.

Para reduzir o intervalo de uma oitava, podemos aumentar para o dobro a frequência do som mais grave, ou seja, teríamos $\frac{32}{15 \times 2} = \frac{32}{30} = \frac{16}{15}$. Poderíamos também diminuir a frequência do som mais agudo para metade e teríamos $\frac{\frac{32}{2}}{15} = \frac{32}{30} = \frac{16}{15}$.

Conclusão: Diminuir o intervalo de uma oitava corresponde a passar a relação de frequência para metade.



Cálculo de outros intervalos acústicos

Pretende-se determinar o intervalo de DO a SI, sabendo que :

$$\text{Intervalo DO-LA} = \frac{5}{3} \quad \text{e} \quad \text{intervalo LA - SI} = \frac{9}{8}$$

$$\text{DO - SI} = (\text{DO-LA}) + (\text{LA-SI})$$

$$\frac{f(\text{SI})}{f(\text{DO})} = \frac{f(\text{LA})}{f(\text{DO})} \times \frac{f(\text{SI})}{f(\text{LA})} = \frac{5}{3} \times \frac{9}{8} = \frac{45}{24} = \frac{15}{8}$$

Conclusão: A adição de intervalos corresponde à multiplicação das relações de frequência dos vários intervalos somados.

Pretende-se determinar o intervalo de FA a SOL, sabendo que :

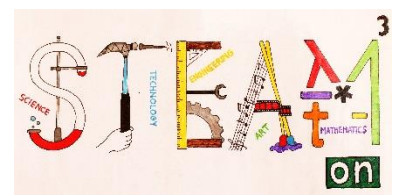
$$\text{Intervalo DO-FA} = \frac{4}{3} \quad \text{e} \quad \text{intervalo DO - SOL} = \frac{3}{2}$$

$$\text{FA - SOL} = (\text{DO-SOL}) - (\text{DO - FA})$$

$$\frac{f(\text{SOL})}{f(\text{FA})} = \frac{\frac{f(\text{SOL})}{f(\text{DO})}}{\frac{f(\text{FA})}{f(\text{DO})}} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}} = \frac{9}{8}$$

Conclusão: A subtração de intervalos corresponde à divisão das relações de frequência dos intervalos.

Após compreendermos a ampliação, redução, adição e subtração de intervalos podemos compreender como surge a escala pitagórica.



ESCALA PITAGÓRICA

Para construir a sua escala Pitágoras utilizou os sons obtidos através de tamanhos de corda vibrante sucessivamente mais curtos (com menos $\frac{1}{3}$ do comprimento da corda anterior), *Figura 4*. O som obtido por cada um dos novos comprimentos de corda obtidos através da redução sucessiva de $\frac{1}{3}$ do comprimento, está a um intervalo de quinta perfeita relativamente ao tamanho da corda vibrante anterior.

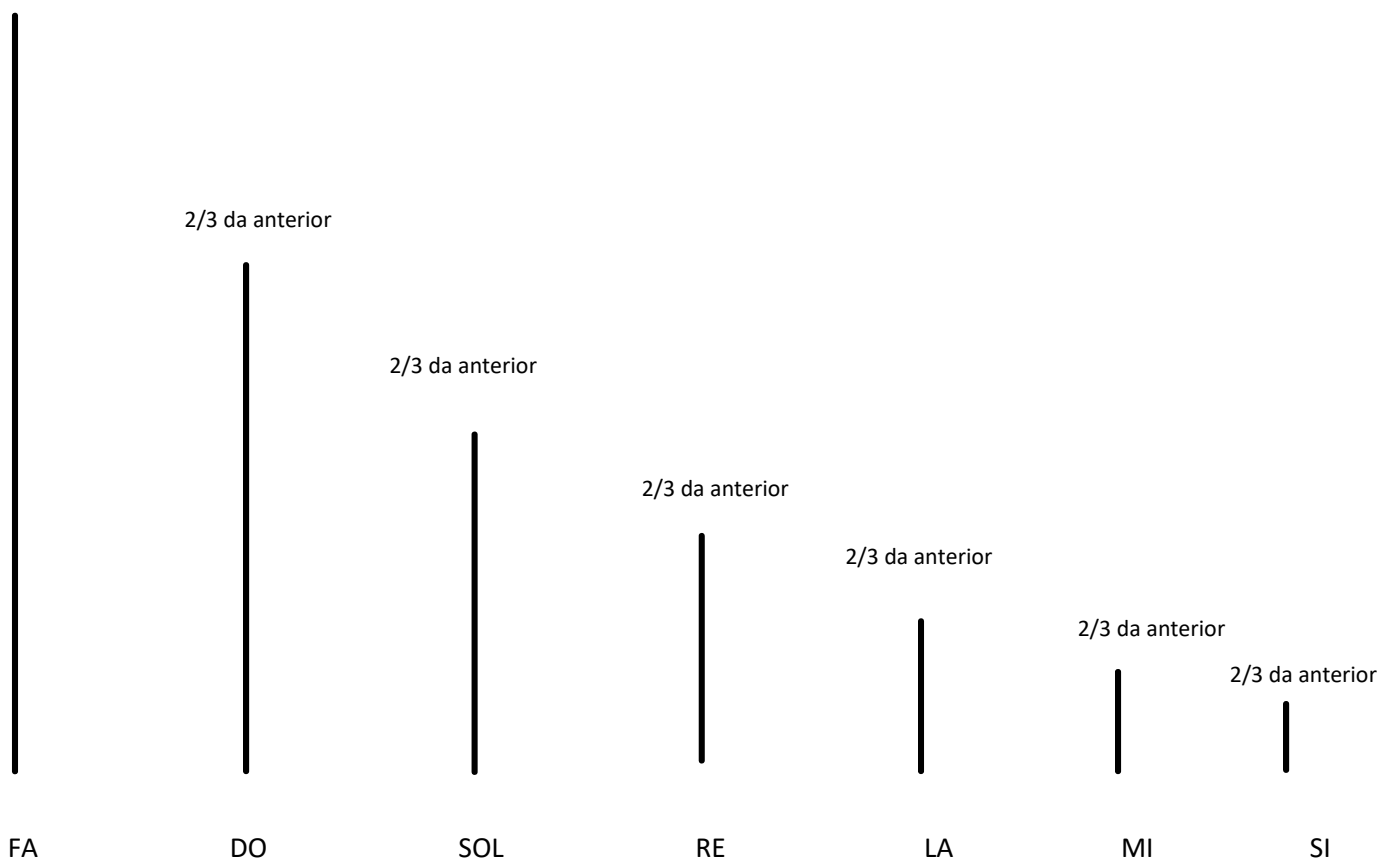


Fig.4

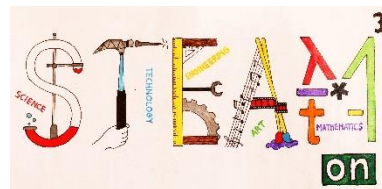
- **Intervalo acústico de DO-RE**

Por exemplo o intervalo entre DO e RE representa duas quintas perfeitas e por isso será:

$$\frac{3}{2} \times \frac{3}{2} = \frac{9}{4} \text{ (somar intervalos corresponde à operação de multiplicação)}$$

Como o intervalo entre DO e RE ultrapassa a oitava é preciso baixar o RE uma oitava e por isso:

$$\frac{9}{4} \text{ a dividir por } 2 = \frac{9}{8} \text{ que é o valor do tom Pitagórico.}$$



DO-RE corresponde a 9/8

- **Intervalo acústico de DO-MI**

Para o intervalo de terceira maior DO a MI (2 tons pitagóricos):

FA **DO** SOL RE LA **MI** SI

$$3/2 \times 3/2 \times 3/2 \times 3/2 = 81/16$$

Como o MI está duas oitavas acima é preciso reduzir uma oitava para sabermos o intervalo de terceira.

Para isso é preciso dividir 81/16 por 4 = **81/64**

DO-MI corresponde a 81/64

- **Intervalo de MI - FA**

O meio tom aparece, por exemplo entre o MI e o FA.

FA DO SOL RE LA **MI** SI

$$3/2 \times 3/2 \times 3/2 \times 3/2 \times 3/2 = 243/32$$

Para obtermos o MI três oitavas abaixo teremos 243/32 a dividir por 8 e obteremos 243/256.

Para o meio-tom pitagórico ascendente MI-FA teremos a relação inversa, logo **256/243**.

MI-FA corresponde a 256/243

O meio-tom pitagórico (exemplo MI a FA) é 256/243 e um tom pitagórico (exemplo DO a RE) é 9/8.

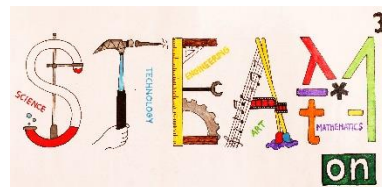
Podemos verificar que na escala de Pitágoras dois meios tons não equivalem a um tom.

Verifiquemos então :

$$2 \text{ meios tons pitagóricos} = 256/243 \times 256/243 = 1,1099 \quad \text{e} \quad 1 \text{ tom pitagórico} = 9/8 = 1,125$$

O intervalo que falta a dois meios tons pitagóricos para ser um tom pitagórico designa-se por coma pitagórico.

Coma pitagórico = 1 tom pitagórico – 2 meios tons pitagóricos.



Atividade 4

No *Quadro 1* são referidos os intervalos acústicos entre duas notas consecutivas na Escala Pitagórica. Completa a tabela.

Quadro 1 - ESCALA PITAGÓRICA - Intervalos acústicos entre duas notas consecutivas						
DO-RE	RE-MI	MI-FA	FA-SOL	SOL-LA	LA-SI	SI-DO
9/8	9/8	256/243				

No *Quadro 2* é apresentada a relação das diferentes notas com a nota fundamental(DO).

Recorrendo à informação dada no Quadro 1, completa a relação de frequências entre LA-DO e SI-DO.

Sob uma tensão constante, o comprimento da corda é inversamente proporcional à altura do som. Completa, no Quadro 2, a linha relativa ao comprimento da corda.

Mostra, recorrendo à informação do *Quadro 1*, como se obtêm os valores registados no Quadro 2 na linha “Relação com a nota fundamental DO”.

Quadro 2 - ESCALA PITAGÓRICA								
Notas musicais	DO	RE	MI	FA	SOL	LA	SI	DO
Relação de frequências com a nota fundamental - DO	1/1	9/8	81/64	4/3	3/2			2/1
Comprimento da corda								

ESCALA DE ZARLINO (AFINAÇÃO NATURAL)

O sistema de Pitágoras é perfeito para a Música que se fazia na Antiguidade e Idade Média, mas para a Música polifônica esse sistema não é adequado, não sendo utilizável para acordes. Surge então a **Escala de Zarlino (Afinação Natural)**.

Esta Escala utiliza relações de frequências de sons com frações mais simples. Representa-se na *figura 5* os comprimentos de corda vibrantes, a relação de frequências e as respectivas notas.

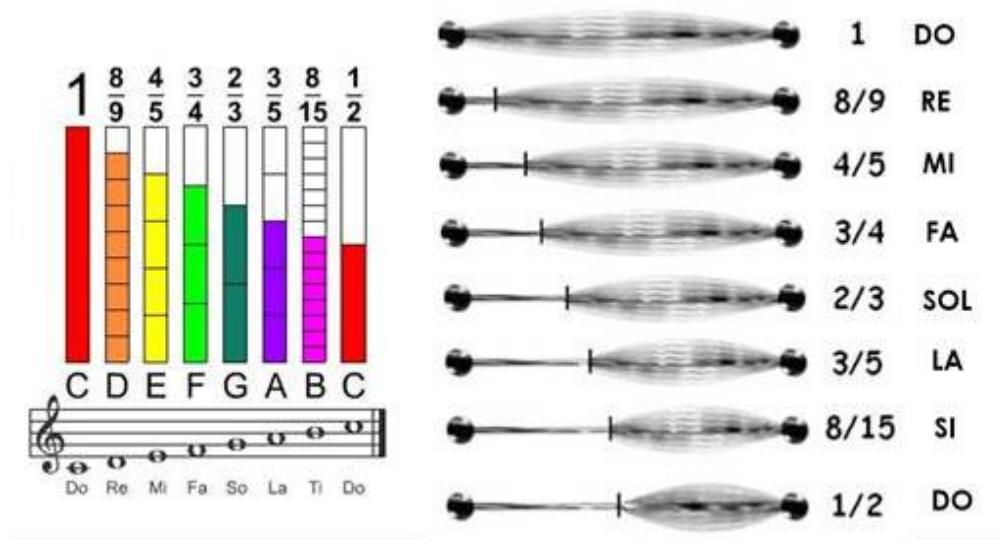
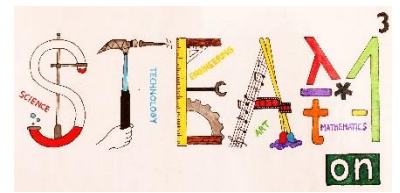


Fig.5



Atividade 5

No *Quadro 3* são referidos os intervalos entre duas notas consecutivas na escala de Zarlino (afinação natural).

Quadro 3 - ESCALA DE ZARLINO (afinação natural)

Intervalos acústicos entre duas notas consecutivas						
DO-RE	RE-MI	MI-FA	FA-SOL	SOL-LA	LA-SI	SI- <u>DO</u>
9/8	10/9	16/15	9/8	10/9	9/8	16/15

Verificamos que na Escala de Zarlino há três diferentes intervalos (9/8, 10/9 and 16/15).

Quantos intervalos acústicos diferentes há na Escala Pitagórica?

No *Quadro 4* é apresentada a relação das diferentes notas musicais com a nota fundamental, DO.

Recorrendo à informação do Quadro 3, calcula a relação de frequências entre o MI-DO e FA-DO.

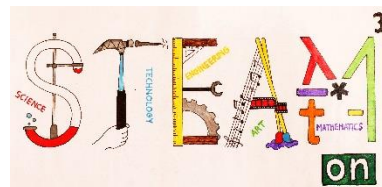
Quadro 4 - ESCALA DE ZARLINO (afinação natural)

Notas musicais	DO	RE	MI	FA	SOL	LA	SI	DO
Relação de frequências com a nota fundamental - DO	1	9/8			3/2	5/3	15/8	2

AFINAÇÃO TEMPERADA

A escala pitagórica e a escala de Zarlino (afinação natural) apresentam algumas dificuldades de ordem prática devido a conterem relações de frequência desiguais.

Para resolver o problema foi criada a afinação temperada que foi construída de modo a conter 12 notas separadas de iguais intervalos, o intervalo entre duas notas consecutivas é sempre de $\sqrt[12]{2}$.



As 12 notas são: DO, DO#, RE, RE#, MI, FA , FA#, SOL, SOL #, LA, LA#, SI (Fig.6)

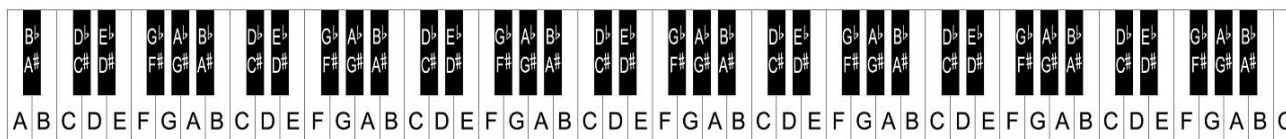


Fig.6

Para determinar a frequência de uma nota f_n , a partir da frequência da nota imediatamente anterior, f_{n-1} , usa-se a seguinte expressão:

$$f_n = f_{n-1} \sqrt[12]{2} = 1.0595 \times f_{n-1}$$

No Quadro 5 são referidos os intervalos acústicos entre duas notas consecutivas na afinação temperada.

Quadro 5 . AFINAÇÃO TEMPERADA						
Intervalos acústicos entre duas notas consecutivas						
DO-RE	RE-MI	MI-FA	FA-SOL	SOL-LA	LA-SI	SI-DO
$(\sqrt[12]{2})^2$	$(\sqrt[12]{2})^2$	$(\sqrt[12]{2})^1$	$(\sqrt[12]{2})^2$	$(\sqrt[12]{2})^2$	$(\sqrt[12]{2})^2$	$(\sqrt[12]{2})^1$

No Quadro 6 é apresentada a relação das diferentes notas musicais com a nota fundamental, DO, no caso da afinação temperada.

Quadro 6 – AFINAÇÃO TEMPERADA								
Notas musicais	DO	RE	MI	FA	SOL	LA	SI	DO
Relação com a nota fundamental - DO	1	$(\sqrt[12]{2})^2$	$(\sqrt[12]{2})^4$	$(\sqrt[12]{2})^5$	$(\sqrt[12]{2})^7$	$(\sqrt[12]{2})^9$	$(\sqrt[12]{2})^1$	2

Atividade 6

Mas qual a utilidade da Matemática utilizada anteriormente?

A Matemática vai possibilitar-te completar a frequência das diferentes notas em cada uma das escalas.

Usando as frações e a partir do conhecimento da frequência de uma das notas (por exemplo LA = 440 Hz) obteremos a frequência de todas as outras notas musicais em todas as escalas.

Experimental!

Quadro 7

Notas musicais	ESCALA DE PITÁGORAS	ESCALA DE ZARLINO	AFINAÇÃO TEMPERADA
Do			
RE			
MI			
FA			
SOL			
LA	440	440	440
SI			
DO	522	528	523.3

Tomemos como exemplo a quarta oitava.

As simulações abaixo referidas permitem ouvir o diferente som da nota musical FA nas diferentes escalas.

Tenta distinguir os diferentes sons.

<http://seilias.gr/erasmus/html5/notesPythagora.html>

<http://seilias.gr/erasmus/html5/notesReine.html>

<http://seilias.gr/erasmus/html5/notesAccuracy.html>

Atividade 7



Com tensão constante, o comprimento da corda é inversamente proporcional à altura do tom. Portanto, se a vibração de toda a corda corresponde a um dó de frequência 264 Hz, se deslizar o cavalete móvel e permitir que vibre apenas metade da corda o som produzido será um dó de frequência 528 Hz.

Completa , nos quadros 8, 9 e 10 a linha relativa ao comprimento da corda.

Quadro 8

Escola Pitagórica	C DO	D RE	E MI	F FA	G SOL	A LA	B SI	C DO
Relação com a nota fundamental - DO	1	9/8	81/64	4/3	3/2	27/16	243/128	2
Comprimento da corda (m)	1							1/2

Quadro 9

Escola Zarlino (afinação natural)	DO	RE	MI	FA	SOL	LA	SI	DO
Relação com a nota fundamental - DO	1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2
Comprimento da corda (m)	1							1/2

Quadro 10

Afinação temperada	DO	RE	MI	FA	SOL	LA	SI	DO
Relação com a nota fundamental - DO	1	$(\sqrt[12]{2})^2$	$(\sqrt[12]{2})^4$	$(\sqrt[12]{2})^5$	$(\sqrt[12]{2})^7$	$(\sqrt[12]{2})^9$	$(\sqrt[12]{2})^{11}$	2
Comprimento da corda (m)	1							1/2

Atividade 8

Vamos construir o monocórdio.

Material: 3 placas de madeira de 65 cm x 10 cm x 1.8 cm, uma vara de 0.5 cm x 0.5 cm x 85 cm, uma corda de guitarra, alguns pregos, cola e um parafuso.



Quadro 11

Escala	DO	RE	MI	FA	SOL	LA	SI	DO
Fração do comprimento da corda	1	8/9	4/5	3/4	2/3	3/5	8/15	1/2
Marcas na corda de 60 cm para produzir as diferentes notas								

Corte dois bocados da vara com 10 cm de comprimento e um com 60 cm.

Faça a marcação, em centímetros, da vara de 60 cm de comprimento.

Assinale as medidas (ver Quadro 11) que irá utilizar, para tocar as diferentes notas.

Quando colocar o cavalete móvel nos pontos assinalados na régua de modo a alterar o comprimento da corda que vibra, ir-se-á ouvir as diferentes notas: DO, RE MI, ...

Junte as peças de madeira, conforme a figura. Prenda a corda de guitarra numa das extremidades e na outra enrole-a num parafuso.



Faça tensão na corda, enrolando a cavilha, com cuidado para não partir a corda.

Use um cavalete móvel para encurtar a corda, nos pontos assinalados.



O resultado pode não ser perfeito!

Veja a simulação: <http://seilias.gr/erasmus/html5/notesReine.html>

Qual a frequência da nota DO, nas diferentes oitavas?

Oitavas	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
Frequência dó (Hz)	33	66	132	264	528	1056	2112

Uma corda ideal produz vibrações que correspondem à frequência, f em hertz

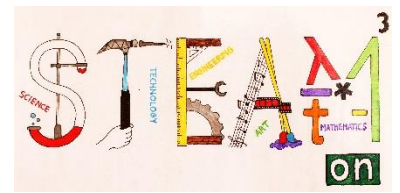
$f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, sendo $n = 1, 2, 3, 4, \dots$, L o comprimento da corda em metros, T a tensão da corda em newton e μ a massa da corda por metro em kg/m.

Da análise da fórmula conclui-se que a frequência do som depende não só do comprimento da corda como também a sua tensão e da sua massa linear.


Atividade 9

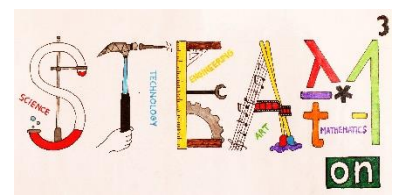
Para quem conseguir ler a partitura, pode tentar cantar a canção.





PARTE 3

Tópicos	Viajando com as notas do nosso monocórdio e contando a história da nossa viagem.
Assuntos	Ciência – Tecnologia - Arte
Nível	
Objetivos	Os alunos vão descobrir a Europa de um modo lúdico, aprendendo mais sobre a sua história, as suas tradições, as suas qualidades, ... vão criar a sua própria viagem com as notas de um monocórdio.
Competências	<p>Ciência: realizar uma jornada geográfica através dos países e cidades europeus.</p> <p>Tecnologia: utilizar o Google Earth para criar a viagem.</p> <p>Arte: compor uma música, escrever um poema ou uma peça de teatroque descreva esta viagem.</p>
Duração	150 min
Recursos	Google Earth - Internet



VIAJAR PELA EUROPA COM AS NOTAS DE UMA OITAVA

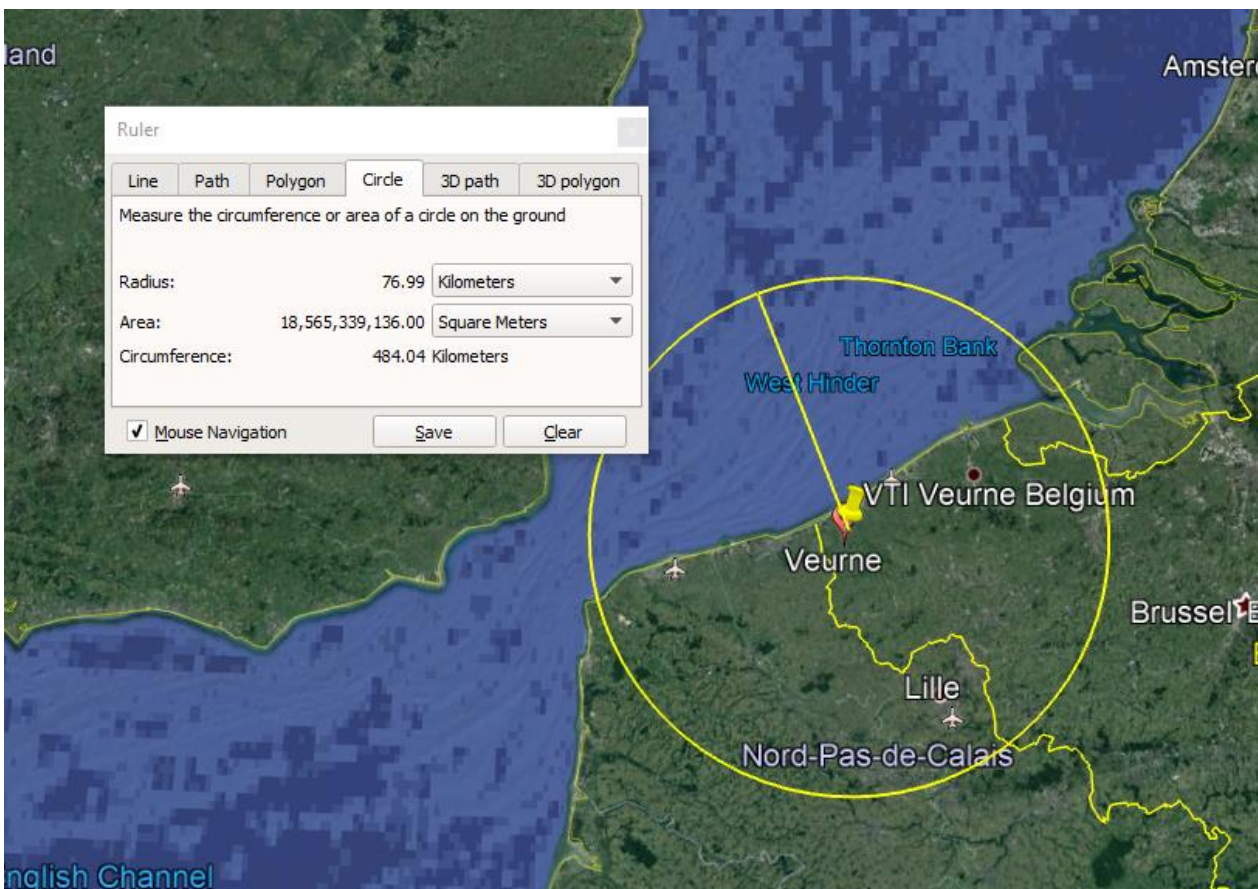
Atividade 10

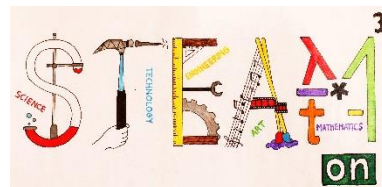
Transforma as frações da página 21 em frações equivalentes com o denominador 1000.

DO	1000/1000
RE	
MI	
FA	
SOL	
LA	
SI	
DO	

Nesta atividade vamos usar o Google Earth.

Localiza o local onde habitas no Google Earth. Na ferramenta **Ruler** escolhe o **Circle**. Desenha um círculo em torno da tua cidade.





Faz **Zoom** para conseguir visualizar a Europa. Aumenta a circunferência até que o raio seja igual, em km, ao denominador da nota "RE". Escolha um país situado no interior deste círculo. Aumenta o zoom nesse país e escolhe uma cidade que conheças e esteja situada dentro da área desse círculo.

Recorrendo à internet, faz uma viagem virtual nessa cidade. Talvez encontres alguém famoso que aí nasceu, ou encontres uma refeição deliciosa típica dessa cidade, ou inventores famosos que aí tenham trabalhado, ou qualquer outra curiosidade desse local...

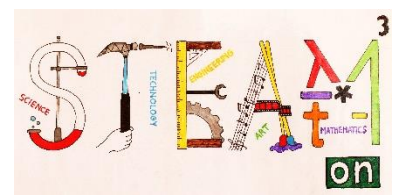
Pesquisa na internet e preencha a tabela abaixo.

Deste lugar podes continuar a tua viagem, desenhando um círculo, em km, com um raio agora igual ao denominador da nota musical MI.

Nesta viagem tens de cumprir a regra "Não sair da Europa".

Completa a tabela:

	País	Cidade	Ponto de interesse
DO			
RE			
MI			
FA			
SOL			
LA			
SI			
DO			



CONTA A TUA HISTÓRIA

Atividade 11

Escreve um poema, uma canção, uma peça de teatro ou faz um desenho ou uma pintura que descreva a tua viagem. Por fim, apresenta-a à turma.

No caso de te faltar inspiração, podes tentar escrever um pequeno poema *haiku*.

O *haiku* é uma forma tradicional de poesia japonesa. Uma forma de olhar o mundo físico e observar algo mais profundo, tal como a própria natureza da existência. Deve deixar o leitor com um sentimento forte ou uma impressão profunda.

O *haiku* utiliza apenas algumas palavras para capturar o momento. Um *haiku* é escrito em três versos, com cinco sílabas no primeiro verso, sete sílabas no segundo verso e cinco sílabas no terceiro verso. Os versos raramente rimam.

Talvez possas dar uma olhadela em alguns *haikus* na internet antes de fazer o teu.

Agora, procura palavras relacionadas com o teu tópico e escreve um poema com três versos no padrão 5-7-5.