

Gulbenkian Descobrir.



FUNDAÇÃO
CALOUSTE GULBENKIAN

**Arte e
matemática**

Simetria

Arte e matemática

Simetria

CONCEÇÃO

Cecília Costa, Raquel Feliciano, Simão Palmeirim

REVISÃO PEDAGÓGICA

Andreia Dias, Susana Gomes da Silva

REVISÃO CIENTÍFICA

Jessica Hallett, Professor Pedro Freitas (Departamento de História e Filosofia das Ciências—FCUL)

PÚBLICO-ALVO E TEMÁTICAS CURRICULARES

Professores do 1º ciclo do Ensino Básico (reflexão) e professores de Matemática e Educação Visual do 2º e 3º ciclos do Ensino Básico (isometrias, reflexão, rotação e translação)

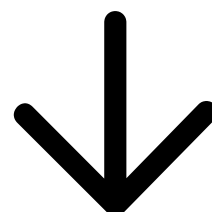
Como começar

A matemática e a arte são formas de pensar e interpretar o mundo que nos envolvem e se traduzem em muito mais relações à nossa volta do que aquelas que habitualmente presenciamos. O objetivo destas propostas é incentivar um olhar questionador, atento e curioso, capaz de relacionar matemática e arte a partir de um conjunto de obras selecionadas e de pistas para a sua exploração. Estas propostas incidem sobre o conceito de simetria presente nos vários ciclos do ensino básico. Ao longo dos exercícios e desafios, serão ainda evocados outros conceitos matemáticos que podem ser desenvolvidos a partir dos temas apresentados, nomeadamente números racionais e irracionais, número de ouro, geometria sagrada, duas e três dimensões.

O professor poderá selecionar as obras e/ou os temas e adaptar os desafios propostos ao contexto específico de cada ciclo, cada turma e cada aluno. Apresenta-se adicionalmente um conjunto de links úteis como complemento a este recurso.

São apresentadas oito obras do Museu Gulbenkian e do Centro de Arte Moderna que serão o ponto de partida para duas tipologias de atividades exploratórias:

- **Observar** — ideias ou conteúdos matemáticos que podem ser explorados a partir de um mapa de perguntas.
- **Fazer** — desafios ou exercícios práticos que podem ser desenvolvidos na sala de aula.



O conceito de simetria

Simetria vem do grego *συμμετρικός* (*symmetrikós*) que significa «em harmonia com». Em matemática, uma simetria de um objeto é uma transformação do plano, ou do espaço, que não altera esse objeto. A simetria mais conhecida é a de reflexão, no entanto o termo abrange também a rotação, a translação ou a reflexão deslizante.

Materiais necessários

- Papel cavalinho ou cartolina
- Lápis, canetas
- Tesoura
- Tinta gouache ou acrílica e pincéis (Proposta A)
- Espelho, máquina fotográfica e impressora (Proposta C)
- Pionés (Proposta D)
- Papel vegetal ou acetato (Proposta E)

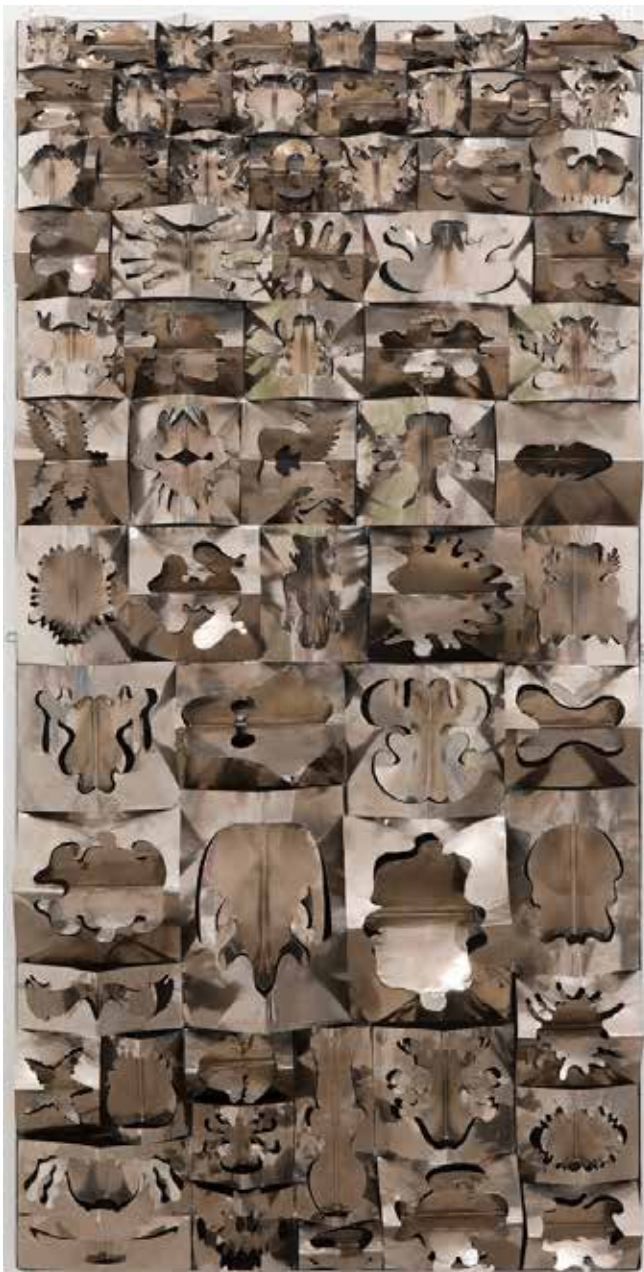
PROPOSTA A

Explorar a noção de simetria de reflexão



1

José Escada (1934-1980) foi um artista português que trabalhou muito a simetria de reflexão na sua obra. Tanto na pintura—*Sem Título*, 1965—como no relevo espacial—*Sem Título (Relevo Espacial)*, 1974—apresentados, podemos observar um jogo de contrastes positivo/negativo e forma/fundo.



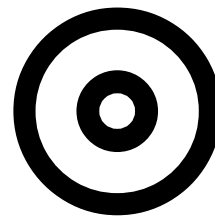
2

1. José Escada
Sem título, 1965
Tinta-da-china, aguarela e guache sobre papel
28 x 19,2 cm
Centro de Arte Moderna, Inv. DP1066

2. José Escada
Sem título (Relevo Espacial), 1974
Chapa de ferro recortada
200 x 100 x 14 cm
Centro de Arte Moderna, Inv. 95P347

PROPOSTA A

Observar



CURIOSIDADE

ESTAS FORMAS EVOCAM ANIMAIS, ALGAS OU PLANTAS. A SIMETRIA DE REFLEXÃO, OU SEJA, A BILATERALIDADE, É UMA LEI PRESENTE NO MUNDO ANIMAL, VEGETAL E MINERAL. NA NATUREZA EXISTEM OUTRAS LEIS MATEMÁTICAS COMO A SIMETRIA RADIAL, ESPIRAIS, FRACTAIS, A SUCESSÃO DE FIBONACCI OU ATÉ A PROPORÇÃO ÁUREA (NÚMERO Φ).

Mapa de perguntas

O que vemos aqui?

Que formas identificamos? Figuras?
Partes de corpos?

Como distinguir figuração de abstração?

Este é um dos temas mais importantes para José Escada, que explorou intensamente a fronteira entre figurativo e abstrato. Mesmo em formas abstratas, temos tendência a ler signos, figuras, animais...
Sobretudo se forem simétricas.
Porque será?

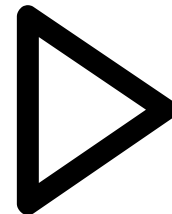
Podemos procurar simetrias perfeitas e pequenas assimetrias nestas composições?

Identificamos facilmente o assimétrico por oposição ao simétrico?

Pode haver elementos simétricos dentro de uma obra assimétrica?

PROPOSTA A

Fazer



1

Manchas simétricas

Sobre uma folha de papel branco, vamos criar manchas com uma ou várias cores, pintando com as mãos ou aplicando tintas com um pincel. Em seguida, sem deixar a tinta secar, dobrar o papel a meio pelo lado com tinta. Ao abrir serão criadas manchas simétricas! No final, pode-se expor todos os desenhos e conversar sobre o que evocam as formas e onde reside a sua simetria.



CURIOSIDADE

ESTE EXERCÍCIO ESTÁ ASSOCIADO A UM FAMOSO TESTE DE PSICOLOGIA, O TESTE DE RORSCHACH.

2

Formas recortadas

Utilizando uma folha de cartolina ou cartão vamos dobrar a folha ao meio e recortar uma forma que comece e acabe na dobra do papel (desenhando previamente, ou não). Em seguida, voltamos a abrir o papel e invertemos, de forma a encaixar a forma recortada no fundo. No final, pode-se reunir os vários resultados e construir uma colagem em 3D inspirada na colagem de José Escada, que poderá ser ponto de partida para explorar a sua relação com o tema.

3

Simetrias imperfeitas

Vamos dobrar uma folha de papel ao meio; no lado direito, desenhamos uma linha livremente. Num segundo momento, vamos procurar espelhá-la manualmente no lado esquerdo, usando a dobra que divide o papel como eixo de simetria. O resultado será uma simetria «imperfeita», porque manual, como aquela que observamos em várias obras de José Escada.

PROPOSTA B

Explorar a simetria espacial (eixo e plano de simetria)

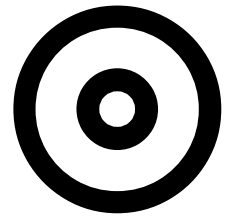


Antony Gormley
Close II, 1993
Ar, chumbo, fibra de vidro e gesso
37 x 174 x 201 cm
Centro de Arte Moderna, Inv. 95EE46

Antony Gormley (1950) é um artista britânico. A sua obra inclui várias esculturas de tamanho real, feitas a partir do molde do seu próprio corpo, em posições diversas de fechamento e abertura e em diferentes materiais. A obra apresentada é feita em chumbo e cita o famoso «Homem de Vitruvius» de Leonardo da Vinci. As linhas de soldadura acentuam a aparente simetria do corpo humano. O título sugere-nos o duplo sentido de *close* — «fechado» e «perto» —, e a leitura detalhada dos materiais de que é feita a obra oferece-nos outras pistas interessantes para reflexão.

PROPOSTA B

Observar

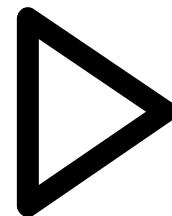


CURIOSIDADE

ANTONY GORMLEY LISTOU O AR COMO UM DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DESTA ESCULTURA. SERÁ OCA? TEM AR LÁ DENTRO? O ESPAÇO OCO FOI ANTERIORMENTE OCUPADO PELO CORPO DO ARTISTA, A PARTIR DO QUAL A ESCULTURA FOI MOLDADA, E ESTÁ HERMETICAMENTE FECHADO DESDE 1993!

Mapa de perguntas

- O que vemos aqui?
- Como podemos descrever esta obra?
- De que materiais é feita?
- Como terá sido feita?
- De que nos fala?
- O que nos faz pensar?
- Com o que a conseguimos relacionar?
- Que elementos nos permitem fazer essa relação?
- Porque terá sido escolhida para falarmos de simetria? De que simetria estamos a falar?
- Qual é a diferença entre um eixo e um plano de simetria?



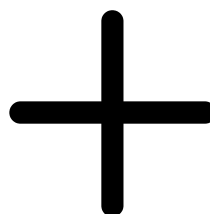
1

Eixo de simetria e o corpo humano

Vamos desenhar o contorno da figura humana na posição desta escultura, traçando o seu eixo de simetria.

Em seguida, procuremos identificar outros elementos cujo contorno seja simétrico, como vegetais (ex.: folha do plátano), animais (ex.: estrela-do-mar) ou objetos (ex.: tesoura).

A partir desta exploração pode iniciar-se um debate em torno do eixo e plano de simetria. O corpo humano é tridimensional. E, porque tem volume, é um plano de simetria que o divide ao meio e não um eixo.



Esta figura é simétrica por fora e por dentro... Mas o corpo humano não é simétrico por dentro—esta ideia pode ser desenvolvida em Ciências da Natureza, explorando a simetria ou assimetria dos órgãos.

**SERÁ QUE CADA PARTE DO CORPO
PODE TAMBÉM ELA SER DIVIDIDA
EM DUAS METADES IGUAIS?**

2

Alfabeto simétrico

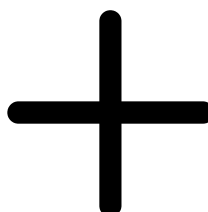
Vamos percorrer o alfabeto e ver que letras têm eixos de simetria horizontal, vertical, ou ambos. E, em seguida, escrever palavras que tenham:

→ Um eixo de simetria horizontal:

~~ECO~~ ~~OCO~~
~~DOIDO~~ ~~DOCE~~

→ Um eixo de simetria vertical:

T U M
U V O
A V A T
A



Num cruzamento entre Matemática, Língua Portuguesa e Educação Visual, podem desafiar-se os alunos a criar pequenas composições de poesia visual, recorrendo apenas a palavras simétricas com o mesmo eixo de simetria, e brincando na página com o(s) eixo(s)!

PROPOSTA C

Explorar a noção de simetria imperfeita



1



2

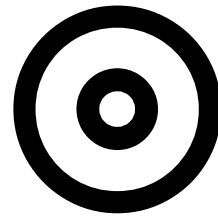
José de Almada Negreiros (1893-1970) é um dos incontornáveis modernistas portugueses, como o é Fernando Pessoa, aqui retratado. Almada, além de pintor, também escreveu poesia, manifestos e peças de teatro. É um artista plural que ao longo de toda a sua obra plástica desenvolveu uma progressiva abstração das formas, dando particular importância à geometria. Nestas duas pinturas, realizadas com dez anos de diferença, a importância do quadrado é notória. As duas versões parecem feitas em espelho, numa complementaridade bilateral esquerda-direita.

1. José de Almada Negreiros
Retrato de Fernando Pessoa, 1954
Museu de Lisboa / Casa Fernando Pessoa / EGEAC,
Inv. MC.PIN.0410

2. José de Almada Negreiros
Retrato de Fernando Pessoa, 1964
Tela, óleo
Centro de Arte Moderna, Inv. 65P66

PROPOSTA C

Observar



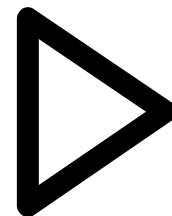
CURIOSIDADE

O NOSSO CÉREBRO É SIMÉTRICO, MAS AS FUNÇÕES DOS DOIS HEMISFÉRIOS SÃO DIFERENTES, O QUE CONTRIBUI PARA AS NOSSAS LIGEIRAS ASSIMETRIAS ESQUERDA/ DIREITA, TANTO NA FORMA DO CORPO COMO NAS FUNÇÕES. ESQUERDA E DIREITA SÃO, NO CORPO HUMANO, QUASE SIMÉTRICAS MAS DIFERENTES: OPOSTAS E COMPLEMENTARES.

Mapa de perguntas

- O que estamos a ver?
- Que elementos podemos identificar nestas obras?
- Como descrevê-las?
- Que semelhanças e que diferenças encontramos em ambas as composições?
- Estas obras serão exatamente simétricas?
- Com que mão escreveria Fernando Pessoa? Seria ambidestro?
- Qual destes dois será o «verdadeiro» Pessoa? O canhoto ou o destro?

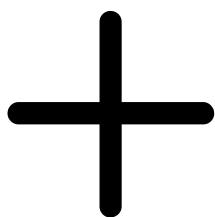
Fazer



1

Descobre as diferenças

Vamos encontrar semelhanças e diferenças nestas duas pinturas de Almada Negreiros e identificar o que está simétrico e o que não está (por exemplo, o número 2 na capa do livro), listando ou desenhando, livremente, todos os elementos identificados (por exemplo, numa coluna listar as semelhanças, noutra as diferenças; ou numa coluna registar o que é simétrico, noutra o assimétrico).



Os alunos podem também desenhar, livremente ou com a ajuda de papel vegetal, todos os elementos identificados.

2

Mão dominante, mão de apoio

No nosso corpo, uma mão tem movimentos mais precisos e minuciosos, enquanto a outra quase só lhe serve de apoio. Vamos imobilizar a mão com que não escrevemos atrás das costas e tentar desenhar ou escrever usando só a mão dominante. Sentimos falta da mão de apoio? Repetir com a outra mão.

3

Duas mãos— Desenho simultâneo

Com uma folha de papel presa a uma mesa ou outra superfície, vamos tentar escrever o nosso nome simultaneamente com a mão direita e com a esquerda, em espelho. Em seguida, vamos experimentar a mesma coisa mas agora com desenhos mais complexos ou até com frases inteiras.

4

Assimetrias subtis

A assimetria do corpo humano é subtil. As linhas das mãos esquerda e direita são parecidas (em espelho), mas há pequenas diferenças. Vamos comparar e descobrir as diferenças! Para isso, começamos por fotografar ambas as palmas das mãos e imprimir as fotografias. Em seguida, vamos desenhar sobre as linhas das nossas mãos com papel vegetal, e comparar as diferenças.

5

Quem sou eu?

Rostos simétricos/assimétricos: vamos encostar um espelho ao nariz dividindo o rosto ao meio (eixo de simetria). Com o espelho virado para o lado direito, fechamos o olho esquerdo para ver o rosto feito de duas metades direitas. Em seguida, repetimos o mesmo processo para a metade esquerda. O reconhecimento é difícil, porque, na verdade, o nosso rosto não é completamente simétrico!

PROPOSTA D

Trabalhar os conceitos de rotação, translação e reflexão

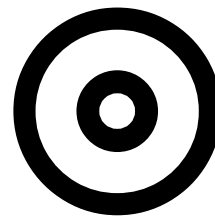


Turquia Oriental, Cutaia, século XVIII
Faiança pintada sob o vidrado
Ø 16 cm
Museu Calouste Gulbenkian, Inv. 927

A peça aqui apresentada é uma faiança de Cutaia, do século XVIII. As cerâmicas de Cutaia apresentam uma paleta cromática variada em que predominam os amarelos e verdes. Embora na técnica e decoração se inspirem na célebre cerâmica otomana de Iznik, a sua originalidade reside, por um lado, na utilização da tonalidade amarela e, por outro, na produção abundante de peças com motivos da iconografia cristã. No fundo desta taça, estão representados peixes, símbolo do cristianismo primitivo, dispostos em círculo em redor de uma rosácea em forma de estrela.

PROPOSTA D

Observar



Mapa de perguntas

O que estamos a ver?

Que elementos/símbolos identificamos nesta peça?

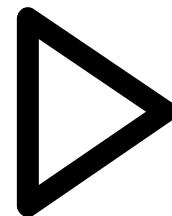
Para que serviria?

Existem outros objetos do mesmo tipo? Com o mesmo tipo de decoração?

Como está decorada?

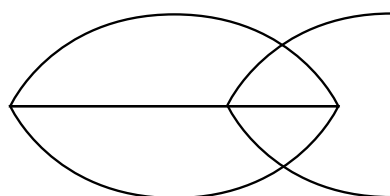
Há elementos que se repetem?

Há elementos únicos?

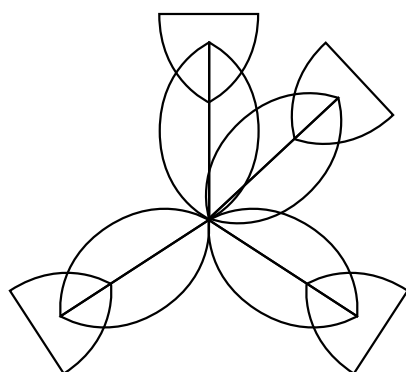


1

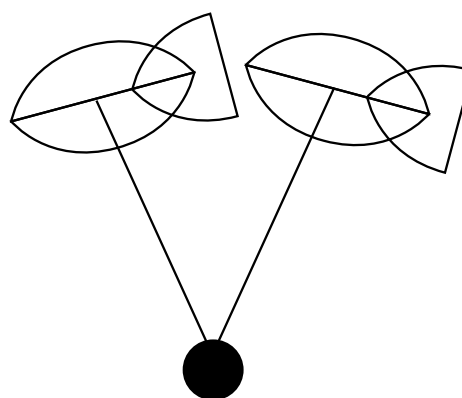
Peixes em movimento



1.1. Utilizando uma cartolina, vamos construir um peixe como os que estão representados na taça e recortá-lo. Este molde irá servir para realizar várias composições por rotação.



1.2. Escolhermos um ponto do peixe e fixamo-lo a um papel com um piónés. Em seguida, vamos rodar o peixe em vários ângulos, desenhando as formas resultantes em cada passo. Pode-se experimentar prender «boca» do peixe ou a cauda.



1.3. Por último, escolhemos um ponto do peixe e prendemos uma ponta de um fio nesse ponto e a outra ponta a um pedaço de cartão. Repetir o processo de rodar e desenhar.

**QUAL TERÁ SIDO O PONTO
USADO PARA RODAR O PEIXE
COMO NA TAÇA?**

PROPOSTA E

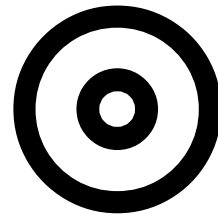
Explorar a ideia de translação



Egito, Império Antigo, IV dinastia (c. 2500 a. C.)
Calcário policromo
23 x 31cm
Museu Calouste Gulbenkian, Inv. 159

Este fragmento de baixo-relevo em calcário foi retirado do túmulo da princesa Meritités e do seu marido, Akhtihotep, em Guiza. Nele observamos duas figuras femininas. Verificam-se algumas regras convencionais da representação: o tronco é visto de frente e simultaneamente de perfil, a cabeça está de perfil enquanto o olho é visto de frente.

PROPOSTA E **Observar**



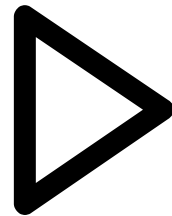
CURIOSIDADE

SOBRE O BLOCO DE CALCÁRIO VÊM-SE AINDA RESTOS DE COR VERDE, A ÚNICA QUE SUBSISTIU DA VARIEDADE CROMÁTICA QUE A PEÇA TINHA, UMA VEZ QUE TODOS OS RELEVOS ERAM, EM GERAL, PINTADOS.

Mapa de perguntas

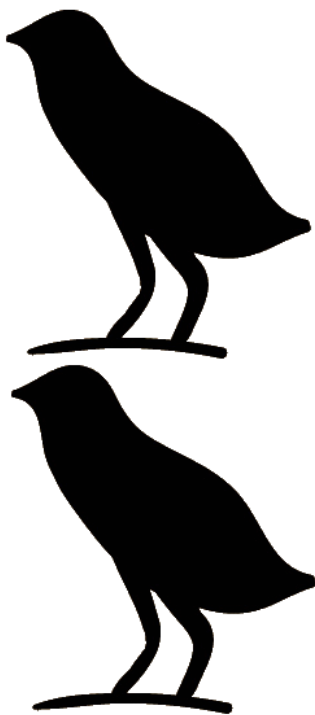
- O que estamos a ver?
- Que elementos/símbolos identificas nesta obra?
- Como a descreverias? Para que serviria?
- Conheces outros objetos do mesmo tipo?
- Como estão representadas as figuras humanas?
- Há elementos que se repetem?

PROPOSTA E **Fazer**



Duplos

Com a imagem reproduzida em tamanho grande, vamos identificar as figuras representadas e procurar as que se repetem (hieróglifo de pintainho, figura humana). Usando papel vegetal ou acetato, vamos contorná-las e operar a translação de acordo com o vetor horizontal num dos casos, e de acordo com o vetor vertical no outro.



CURIOSIDADE

A NOÇÃO DE «DUPLO» E O SEU SIMBOLISMO RELIGIOSO NO ANTIGO EGITO PODE SER EVOCADA A PROPÓSITO DESTE RELEVO. O DUPLO, TAMBÉM CHAMADO «KA», QUE SOBREVIVIA À MORTE FÍSICA, ERA «INVERTIDO», EVOLUINDO NUM MUNDO INVISÍVEL ONDE TUDO ESTAVA AO CONTRÁRIO DO MUNDO FÍSICO... AQUI NÃO PODEMOS FALAR EM TRANSLAÇÃO NEM NUMA SIMPLES SIMETRIA ÓTICA.

PROPOSTA F

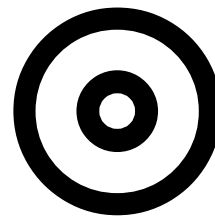
Trabalhar o conceito de plano de simetria



Cecília Costa
Sem Título (da série Pli), 2005
Fotografia
60x75cm
Centro de Arte Moderna, Inv. 16FP586

Cecília Costa (1971) explora as relações entre arte e matemática, nomeadamente com várias séries de trabalhos dedicados à simetria. A série *Pli*, que inclui diversas obras de escultura, fotografia, desenho e vídeo, brinca com variações em torno dos temas da simetria, dobra e sobreposição. «Pli» significa «dobra» em francês, que pode ser interpretado como charneira ou sobreposição. A estranheza desta imagem advém de, numa primeira impressão, parecer uma imagem ao espelho, quando, na verdade, foi criada pela sobreposição de duas fotografias, uma tirada de frente e outra de costas.

PROPOSTA F
Observar



Mapa de perguntas

Nesta fotografia, serão duas gémeas ou a mesma pessoa?

Porque não estão as duas figuras simétricas? Não podemos falar de simetria de reflexão...

Em que pormenores o vemos?
Que operação terá feito aqui a artista? Como o terá feito?

Que diferenças fundamentais existem entre uma pessoa e o seu reflexo?

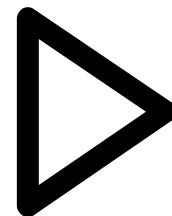
Será que a imagem continua a viver no espelho depois de nos afastarmos?

Terão os espelhos memória?

Será que o mundo/espaco do reflexo continua infinitamente para lá do que vemos?

PROPOSTA F

Fazer



Jogo do espelho

Agrupados em pares, vamos simular a existência de um espelho, plano imaginário de reflexão. Um dos alunos irá mover-se e dizer uma frase simples, o outro irá mimetizar os movimentos como um espelho e repetir a frase como um eco.

Num segundo momento, o primeiro aluno continuará a movimentar-se e a enunciar palavras ou frases mas o segundo, em vez de mimetizar irá fazer o contrário.

Se o primeiro usa a mão direita, o segundo usará a mão esquerda; se o primeiro diz «agora para cima», o segundo dirá «cima para agora» (ou «agora para baixo»).

Os alunos devem procurar espelhar os movimentos um do outro em simultâneo, de forma complementar, pelo que a atenção deve ser total, para serem o espelho fiel um do outro. No final, em silêncio, poderá ser criada uma coreografia espontânea, em que não está definido, à partida, quem deverá iniciar os movimentos.

ESTA ATIVIDADE PERMITE O
CRUZAMENTO DAS DISCIPLINAS
DE EDUCAÇÃO VISUAL E EXPRESSÃO
DRAMÁTICA.

PROPOSTA G

Trabalhar os conceitos de simetria imperfeita e tira de Moebius

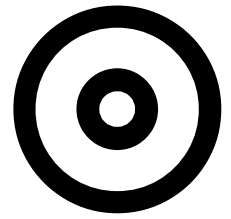


René Lalique
Espelho Serpentes, c. 1899-1900
Moldura em bronze
169cm
Museu Calouste Gulbenkian, Inv. 1263

René Lalique (1860-1945) foi um joalheiro francês que, no final do século XIX e início do século XX, transformou a joalheria em arte, utilizando materiais diversos como pedras preciosas e semipreciosas, osso, esmalte, vidro, marfim, aliados aos tradicionais metais nobres. As suas peças destacam-se pela criatividade das formas e cores, inspiradas numa observação da natureza, na arte japonesa e na mitologia antiga.

PROPOSTA G

Observar



CURIOSIDADE

ESTE FASCINANTE OBJETO ESCULTÓRICO É QUASE SIMÉTRICO, COMO TANTAS OUTRAS PEÇAS DE LALIQUE. MAS HÁ UM DETALHE ASSIMÉTRICO... AS CAUDAS DAS SERPENTES QUE SUPTAM O ESPELHO ESTÃO ENTRELAÇADAS!



Mapa de perguntas

Como descrever este objeto?
Para que serve?

Que elementos identificamos na sua composição?

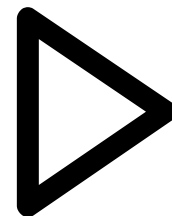
Poderíamos dizer que é simétrico?

Há simetria entre o mundo real e o seu reflexo no espelho?

E as serpentes estão simétricas?
Onde passa o seu plano de simetria?

PROPOSTA G

Fazer



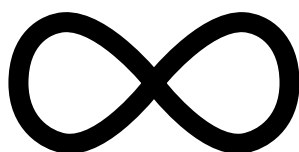
Tira de Moebius

Na zona inferior do espelho, o entrelaçar ondulado das caudas das serpentes evoca um objeto matemático fascinante e as experiências que resultam do seu corte: a tira ou fita de Moebius. Vamos construir uma tira de Moebius e explorar as noções de face do papel e de continuidade dentro/fora.

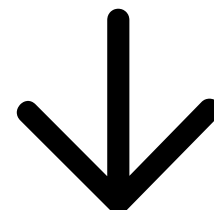


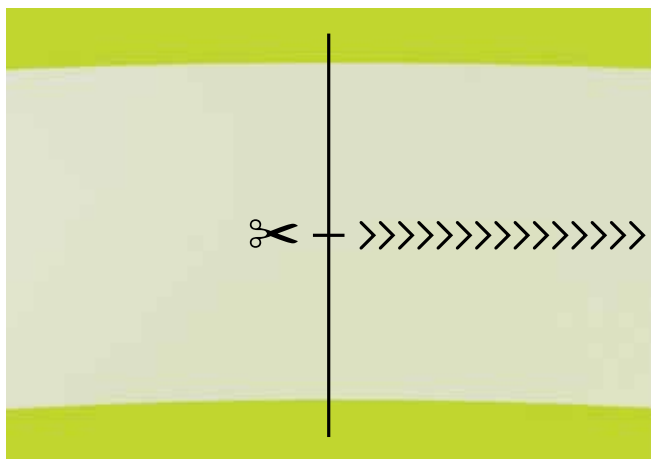
1.1. Para construir uma tira de Moebius, é necessário recortar uma tira a partir de uma folha de papel A4 ou A5 e unir as pontas após operar uma torção.

1.2. A tira de Moebius é uma fita que não tem frente e verso, mas uma face única. Vamos experimentar percorrê-la com uma caneta, traçando, por exemplo, o percurso hipotético de um ser minúsculo ao longo da sua superfície. Passamos sem descontinuidade do interior para o exterior, num caminho sem fim...



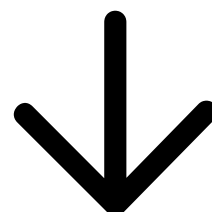
CURIOSAMENTE, O SÍMBOLO DO
INFINITO É MUITO PARECIDO COM
ESTE OBJETO MATEMÁTICO.

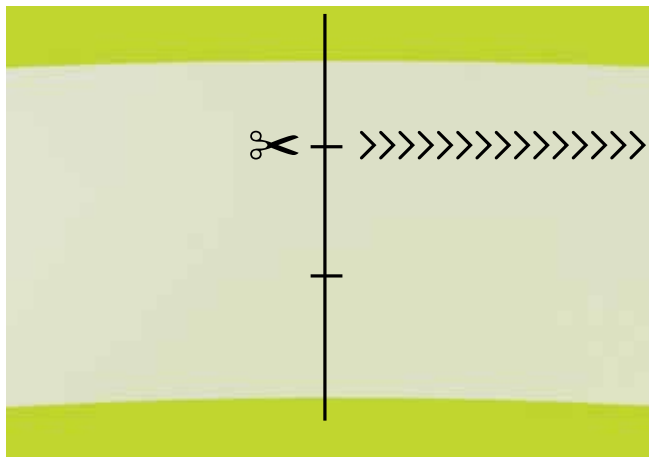




1.3. Vamos agora recortar a tira de Moebius a meio, como indicado na imagem, e brincar com o objeto final e as suas diversas posições possíveis.

**QUE PROPRIEDADES TEM ESTE
NOVO OBJETO? QUANTAS FACES?**

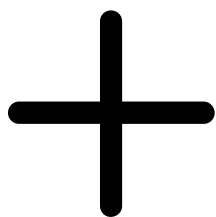




1.4. Vamos construir outra tira e cortá-la a um terço da sua largura. Esta operação vai dar origem a um novo objeto, composto por duas tiras entrelaçadas, uma pequena e uma grande. Para verificar o número de faces das fitas, podemos experimentar percorrê-las com canetas de várias cores.

SE EXPERIMENTARMOS MOVER
A TIRA PEQUENA AO LONGO
DA MAIOR, O QUE ACONTECE?
QUE QUALIDADES MATEMÁTICAS
TÊM AS FITAS QUE RESULTAM
DESTE CORTE?

Ir mais longe



Algumas questões para desenvolver

A simetria é um conceito da matemática que está presente na arte, mas também na natureza.

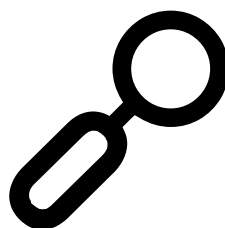
Será a simetria apenas visual?

Se, na origem, a palavra significa «em harmonia com», será a simetria uma materialização da harmonia?

O que é a harmonia? Como se expressa? Na matemática está eminentemente ligada à noção de proporção. E na música?

Porque associamos tantas vezes a ideia de harmonia à de equilíbrio, ou mesmo de perfeição?

A harmonia que vemos, ouvimos ou sentimos — na arte ou na natureza — está nos próprios objetos ou na nossa perceção deles?



Bibliografia

PARA EXPLORAR

A noção de simetria de reflexão

- Fundação Calouste Gulbenkian: Restrospectiva de José Escada — *Eu não evoluo, viajo.*
- TED-Ed: Damion Searls — *How does the Rorschach inkblot test work?*
- Wikipedia: *Symmetry in biology*
- New World Encyclopedia: *Symmetry (biology)*

A simetria espacial (eixo e plano de simetria)

- Site do artista Antony Gormley
- Portal Atractor: *Simetria*

A noção de simetria imperfeita

- RTP: Leilão no restaurante “Irmãos Unidos”
- TED-Ed: Colm Kelleher — *The science of symmetry*

Alguns exercícios:

- Great schools: *Symmetry 1*
- Great schools: *Symmetry 2*

PARA TRABALHAR

A rotação, translação e reflexão

- Math is fun: *Symmetry Artist*

A simetria imperfeita e tira de Moebius

- Think Twice: *Cutting a Möbius strip in half (and more) | Animated Topology*
- sigma32eb: *Isto é Matemática T06E07 A Fita de Moebius*

GULBENKIAN.PT
