http://computacaografica.ic.uff.br/conteudocap4.html

REPRESENTAÇÃO DE DADOS EM CG

MODELAGEM E ESTRUTURA DE DADOS

Aula 4 – UFF – 2019/1

No livro texto do curso, 2ª edição: esse material está nas seções 1.4 e 1.5.

FORMAS DE REPRESENTAÇÃO

- **Representação Aramada (Wire Frame):**

-representação ambígua com margem para várias interpretações;

-dificuldade de realizar certas operações como a determinação de massa ou volume. e

-não tem como garantir que o objeto desenhado seja um sólido válido,

Representação por Faces (ou Superfícies Limitantes)

- Essas superfícies são supostas fechadas e orientáveis.
- Orientáveis = significa que é possível distinguir entre dois lados da superfície, de modo que um esteja no interior e o outro no exterior do sólido.

que é um sólido.

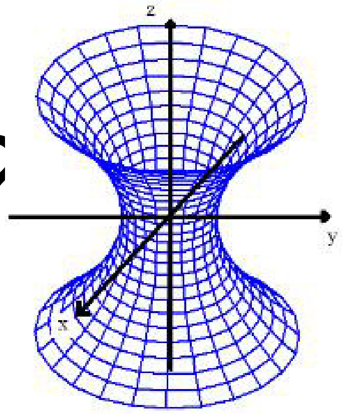
- é considerado um sólido se tem uma **forma própria.**
- A modelagem de líquidos, gazes, materiais flexíveis ou de coisas que não tenham forma própria (roupas, tecidos, plásticos, gel e outros) é também necessária e representável em computação gráfica.
- Mas não é assunto da **Modelagem de Sólidos**

sólido é algo essencialmente **tridimensional (3D)**.

- **Definição:** Um **sólido** é um subconjunto *fechado* e *limitado* do espaço Euclidiano tridimensional: $\boldsymbol{E^3}$

- **sólido** é um elemento da geometria **Euclidiana,** geometria formulada pelo matemático grego Euclides, que viveu na Alexandria no século III A.C.,

Há outras geometrias?



- Sim, por exemplo
- A geometria não-euclidianas desenvolvidas por **Lobatchevski** (Nicolai Ivanovitch Lobachevski, matemático russo: 1793-1856) e
- **Riemann**

(Georg Friedrich Bernhard Riemann, matemático alemão: 1826-1866).

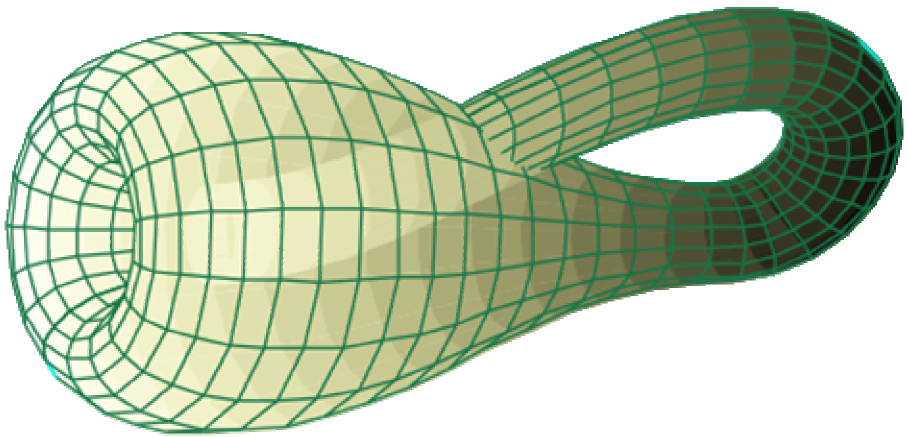
Fechado? Limitado ?

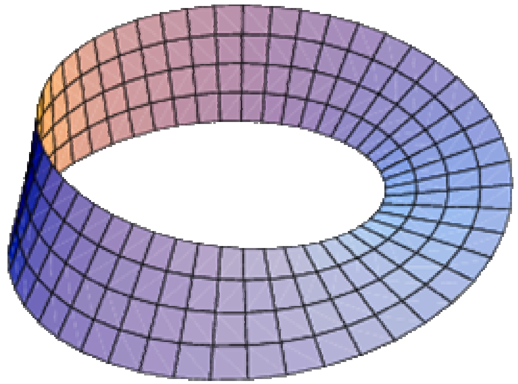
- um sólido é **fechado** **=>** tem todos os seus pontos de contorno, tem um interior e exterior.
- **Limitado** está associado à idéia de
- não ser Infinito no sentido de realmente não ter fim, e não apenas de ser muito grande.

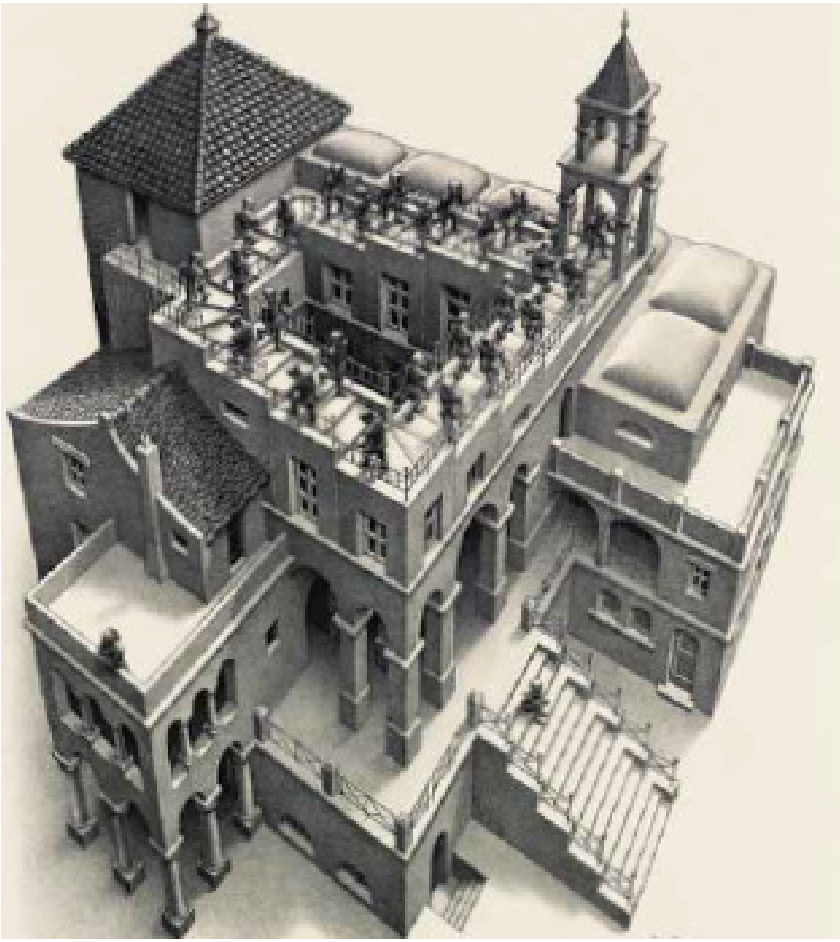
- **SÓLIDOS**

Modelos realizáveis e não realizáveis

- A **garrafa de Klein** é um exemplo de uma as estruturas não orientáveis como a **faixa de Möbius**.
- São exemplos de sólidos não realizável.
- **Operadores de Euler** = grupo pequeno de **operações** (e suas **inversas**) que permitam a modificação dos modelos B-Rep, seguras o bastante **para não produzirem modelos não orientáveis** ou **não realizáveis**.

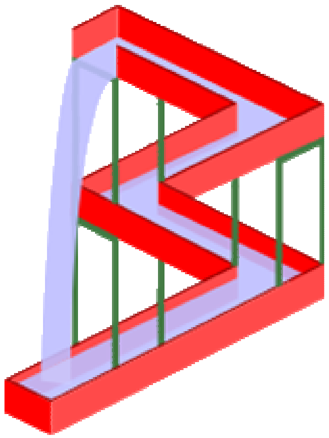




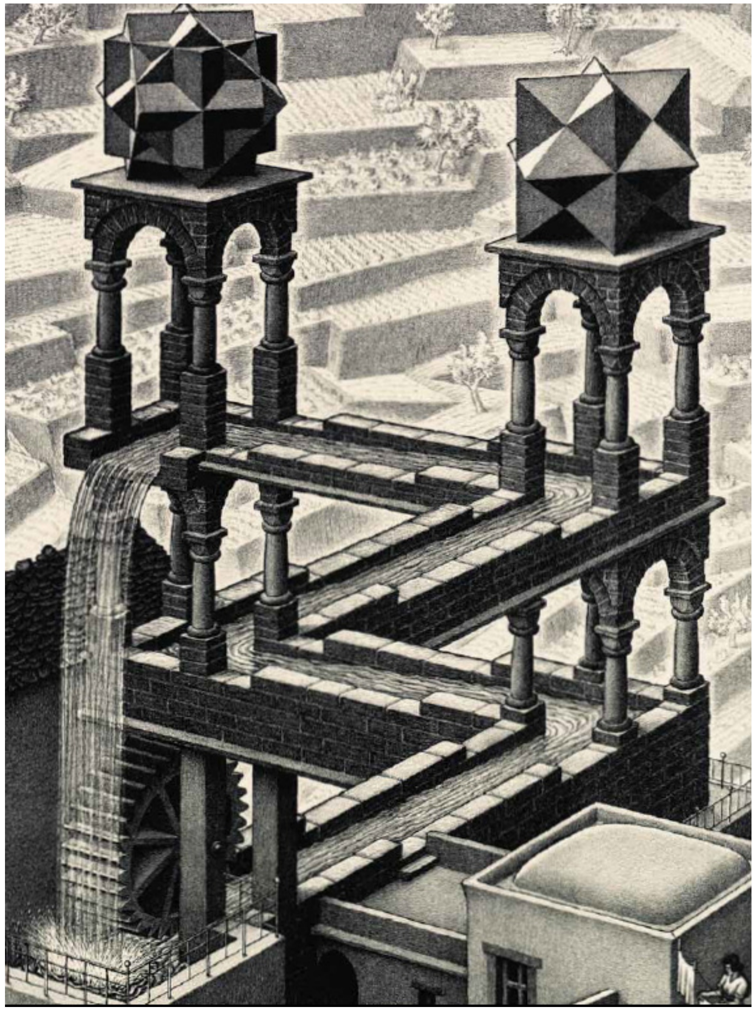


http://www.mcescher.com/

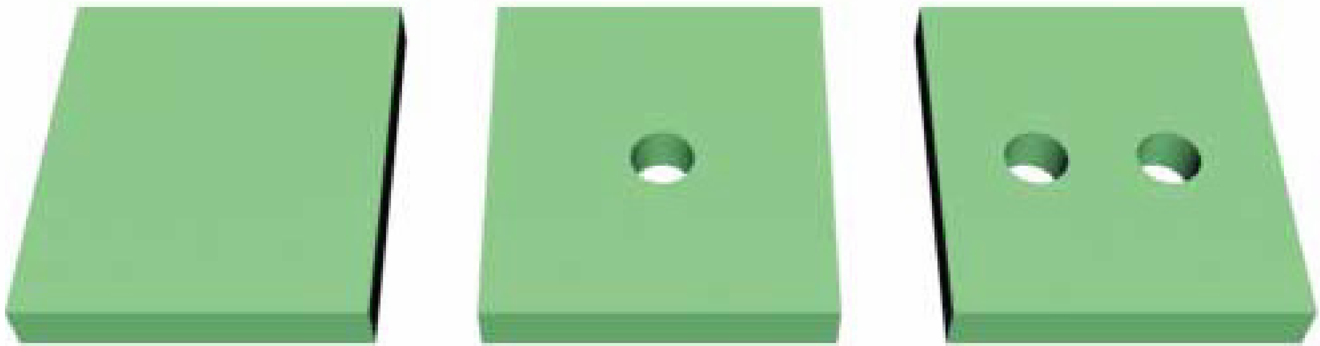
- **Maurits Cornelis Escher** (1898 - 1972) artsta grc conhecido por desenhos que tendem a representar construções impossíveis



queda d'água de Escher

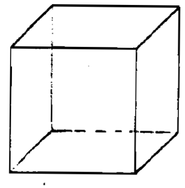


- o número dos furos que trespassam o sólido é
- denominado de *genus*, G.

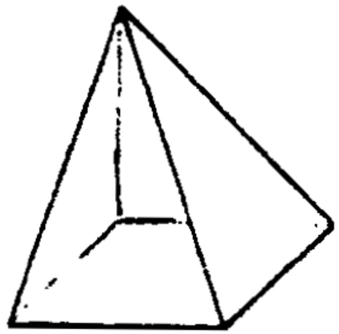


Formula ou lei de Euler:

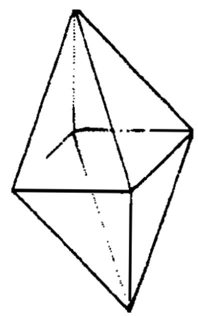
(pronuncia-se "Óiler")



- O grande matemático Leonhard Euler foi, para todos os efeitos, quem inaugurou um ramo da matemática chamado **topologia**.

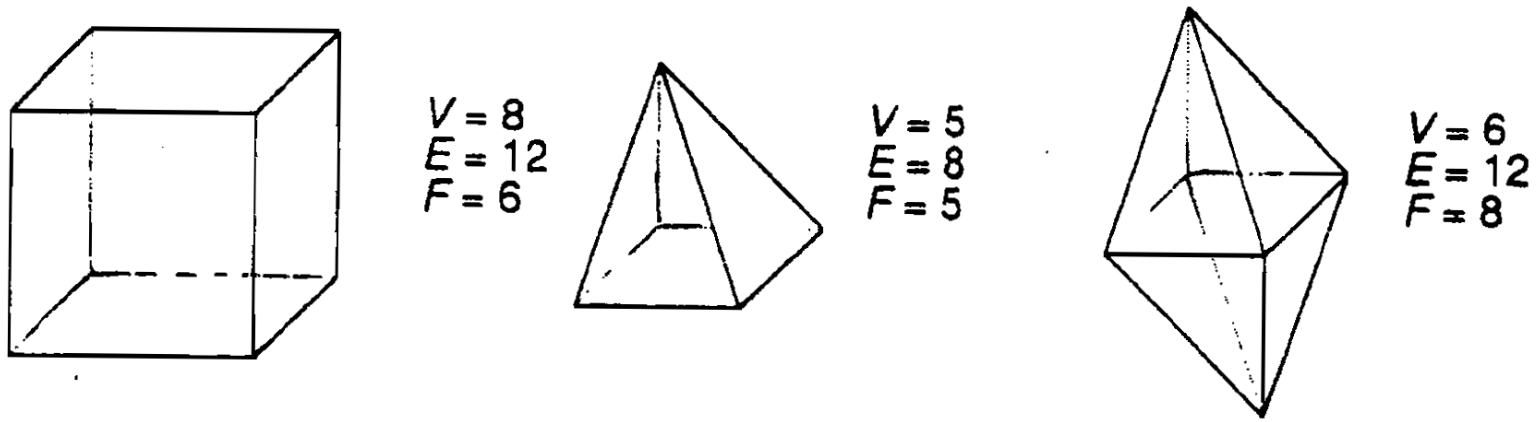


- **Nasceu na suíça em abril de 1707,** produziu suas maiores obras quando já estava idoso e **cego.**
- Em um objeto tridimensional vamos chamar o número de **faces de F**, o número de **arestas de E** e o número de **vértices de V**.
- Euler provou que por mais que o objeto se transforme é sempre constante o que hoje chamamos de **número de Euler** definido assim:
- **$2 = F - E + V$**
- **Para a maioria dos sólidos**.



$$V - E + F = 2$$

- E = (*edges*) arestas



faces não planas

- A fórmula de Euler é aplicável mesmo a objetos que não tenham faces planas como o cilindro mostrado . Neste caso, o conceito de faces deve ser
- estendido para considerar toda as superfícies; as arestas devem ser entendidas como os limites entre as faces e os vértices definidos pelos limites das arestas.
- Assim, um cilindro pode ser considerado formado por: dois vértices, três arestas e três faces .
- Uma esfera pode ser entendida a partir de um caso limite do cilindro, quando as faces planas e as arestas que as limitavam desaparecem e a aresta antes reta, vai se deformando até formar uma semi circunferência limitada pelos dois vértices, de modo que a figura passa a ser formada por uma única face, só uma aresta e dois vértices.

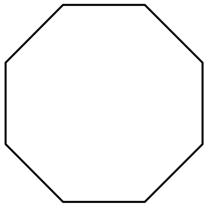
Leonhard Euler

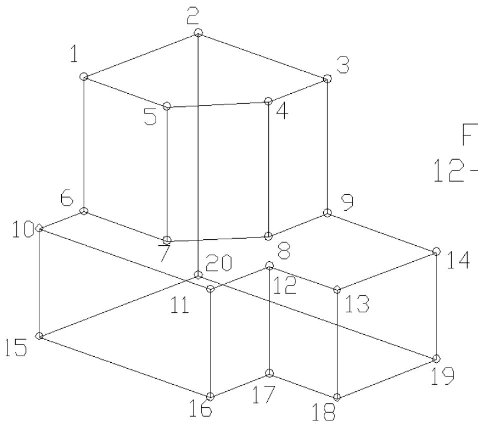
Fórmula ou lei de Euler:
V-E+F=2

(1707-1783)

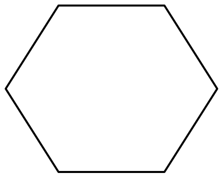
V=E=4 F=2

V=E=8 F=2





V=20
E=30
F=12
F-E+V=2
12-30+20=2



V=E=6 F=2

Euler's Law

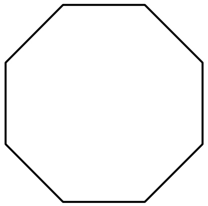
Leonhard Euler

Fórmula ou lei de Euler:
V-E+F=2

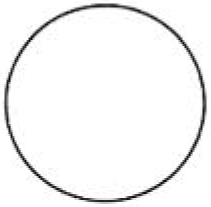
V=E=4 F=2

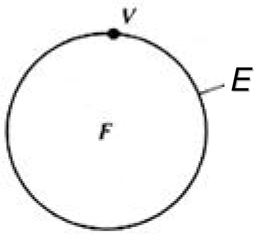
(1707-1783)

V=E=8 F=2

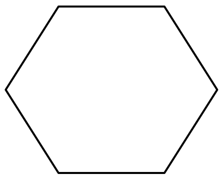


V=E=1 F=2

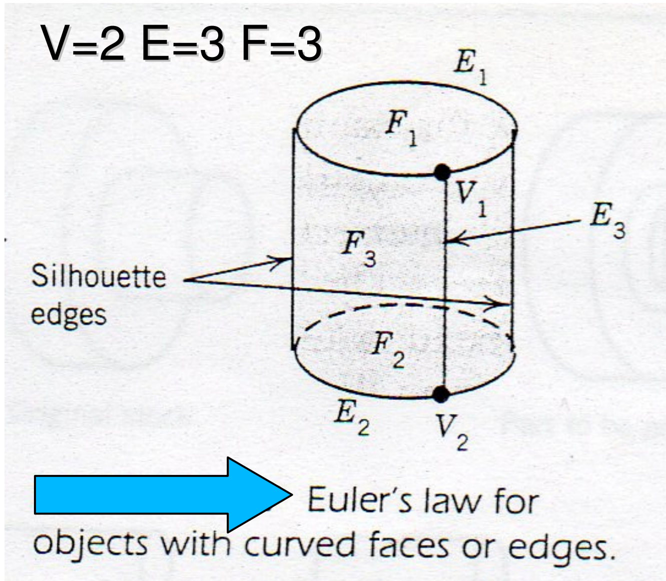




Euler's Law



V=E=6 F=2

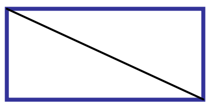


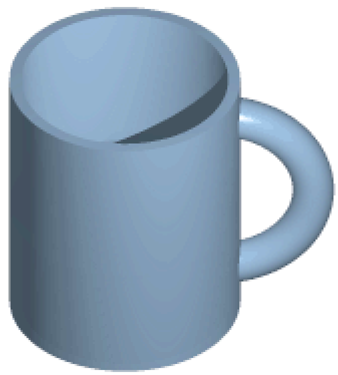
Topologia

As propriedades topológicas de um modelo não são alteradas por **dividir** uma face em duas adicionando um lado , ou por **colar** duas faces em um lado comum.
Se vértices ou **lados** forem subdivididos ou unidos.

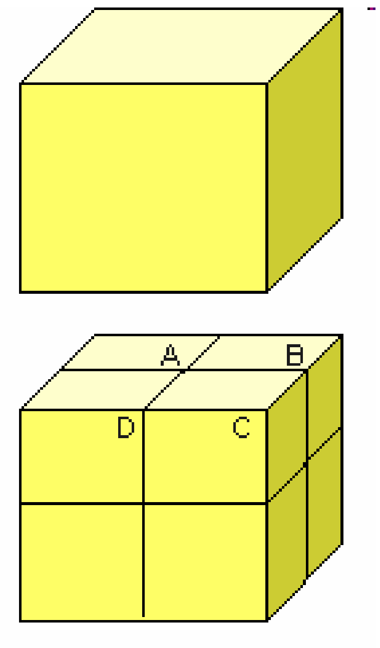
V=E=4 F=2

V=4 E=6 F=4





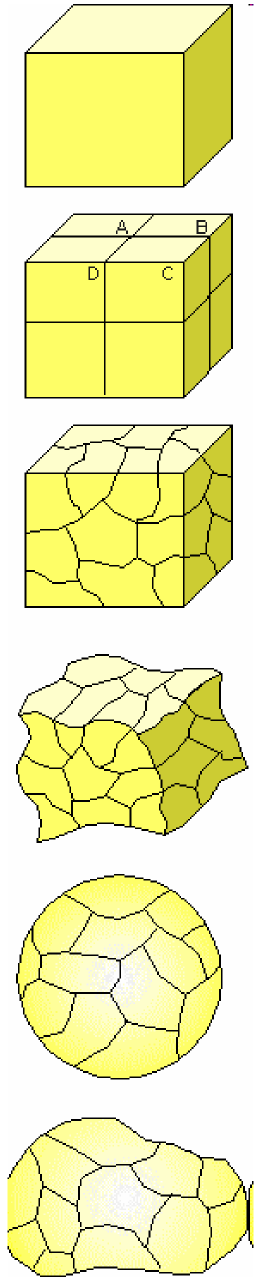
O teorema de Euler diz que:
o número de Euler é **constante**
para uma superfície qualquer.



- Isso quer dizer o seguinte: suponha que você **divide cada face do cubo em 4 partes**, traçando 2 segmentos de reta perpendiculares entre si
- Agora, pontos como (A) ou (B) serão considerados **novos vértices**, linhas como (AB) serão **novas arestas** e áreas como (ABCD), **novas faces**.
- Pois conte os novos números de faces, arestas e vértice.
- Você obterá: F´ = 24, E´ = 48 e V´ = 26.
- E, terá:
- **$N_E{}´ = F´ - E´ + V´ = 24 - 48 + 26 = 2$!!! Inalterado**

O resultado é o mesmo de antes.

- Pois acredite: mesmo se você **desenhar linhas malucas sobre o cubo**, criando uma porção de novas arestas, vértices e faces, obterá sempre o mesmo número de Euler: 2.
- Você pode constatar que o número de Euler continuará o mesmo até quando o cubo for **deformado** como mostra a figura.
- E a deformação pode ser tal que o cubo acabe virando uma **esfera** ou mesmo uma **batata** toda cheia de "calombos", ou até um "pão árabe".
- Tecnicamente, diz-se que o cubo, a esfera e a batata são todas **superfícies topologicamente idênticas**.
- Todas têm o mesmo número de Euler: 2.



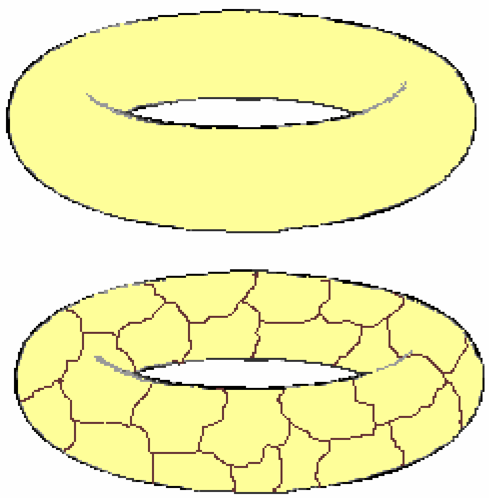
NÚMERO DE EULER

$$N_E = V - E + F$$

- Imagine que o cubo é feito de massa de moldar.
- Com jeito, é possível transformá-lo em uma esfera, uma pirâmide ou uma batata doida sem rasgar nem cortar nada.
- Isso só é possível com objetos **topologicamente iguais**.
- O cubo tem 6 faces, 12 arestas e 8 vértices.
- Portanto, o número de Euler do cubo é: $N_E(\text{cubo}) = 6 - 12 + 8 = 2$.

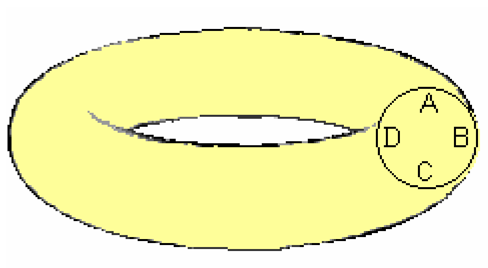
Imagine que o cubo é feito de massa de moldar, que as crianças brincam.
Com jeito, é possível transformá-lo em uma esfera, uma pirâmide ou uma batata sem rasgar nem cortar nada. Isso só é possível com objetos topologicamente iguais.

- A coisa muda se o objeto tiver um furo.
- O objeto furado mais "amado" pelos matemáticos é o **toro**, uma coisa com forma de "rosquinha" ou de "biscoito globo".
- Se a gente fizer sobre a superfície do toro o mesmo que fizemos sobre a superfície do cubo (traçando linhas que formam faces, arestas e vértices) e depois fizermos as contas, acharemos um **número de Euler nulo**!



- **N_E (toro) =0**

O toro, e qualquer superfície com um furo, é **topologicamente diferente do cubo e da esfera.**

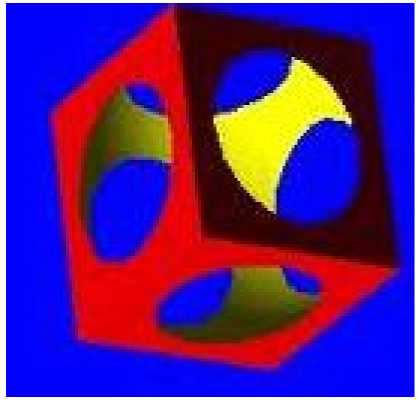
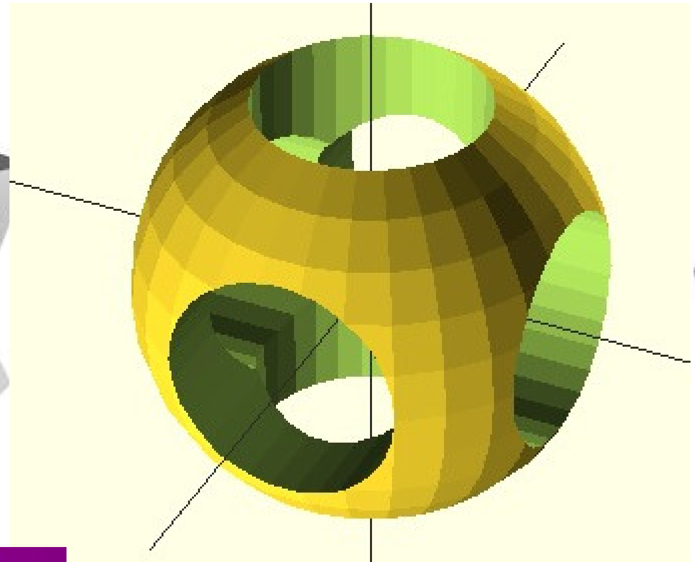
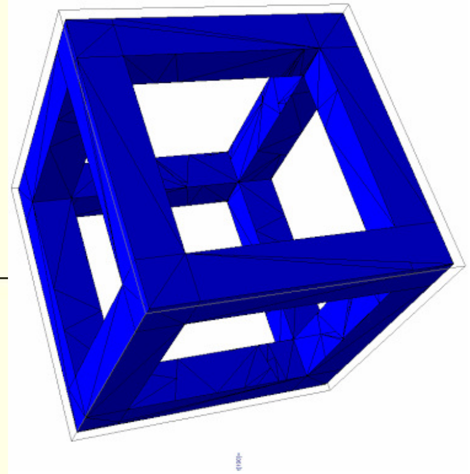
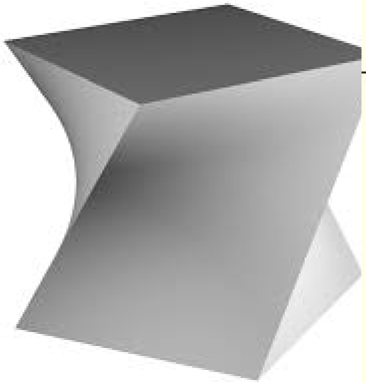
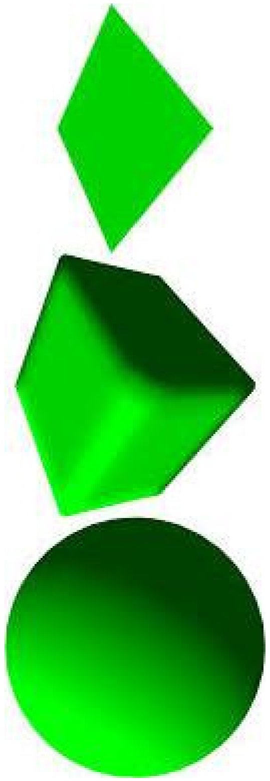
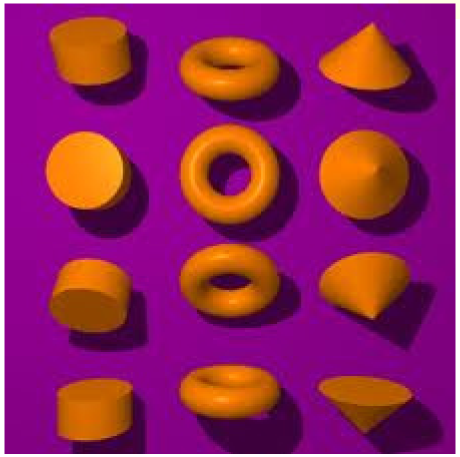
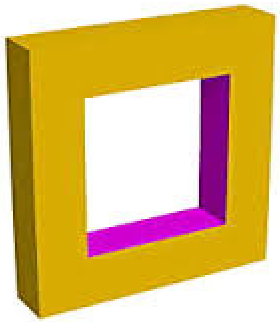


Isto é: Não dá para transformar uma esfera de massa em um toro **sem cortar ou rasgar** alguma coisa.

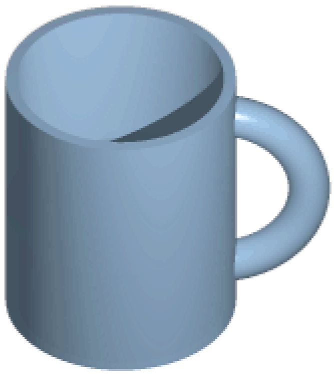
Topologicamente equivalentes:

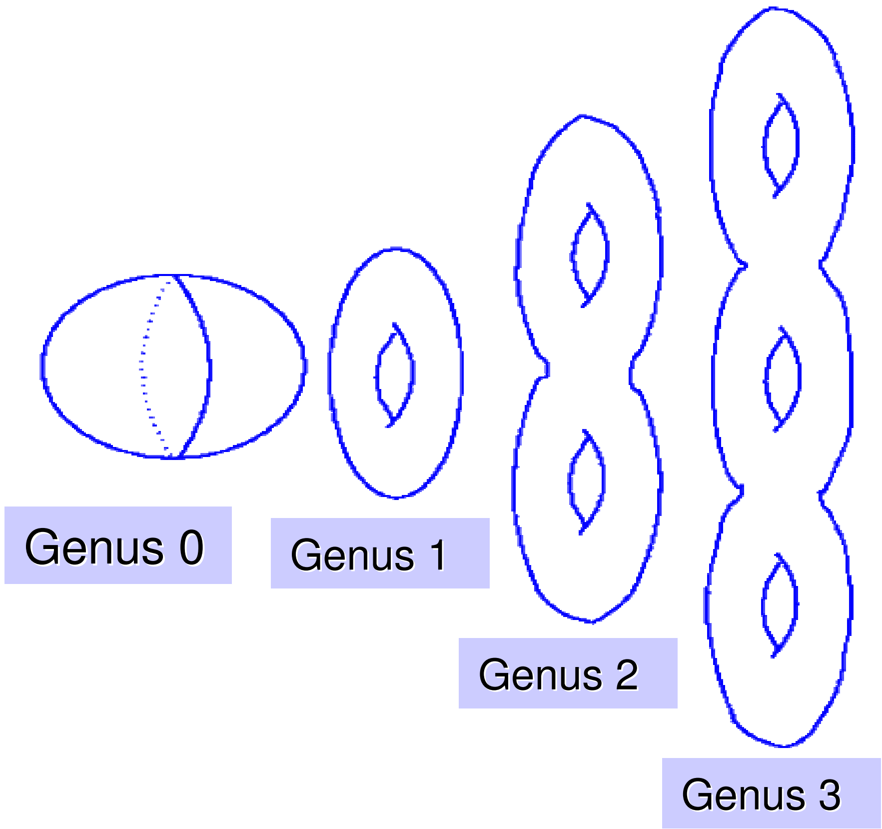
Rubber sheet deformation

Massinha de modelar

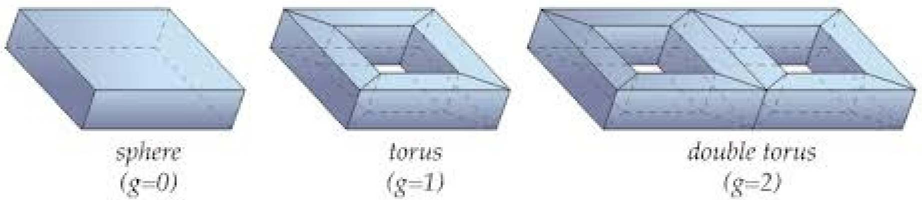

Topologicamente equivalentes:
Rubber sheet deformation
Massinha de modelar





Op. Topológicas Locais

Op. Topologicas Globais = mudam o genus . Como a soma de dois torus

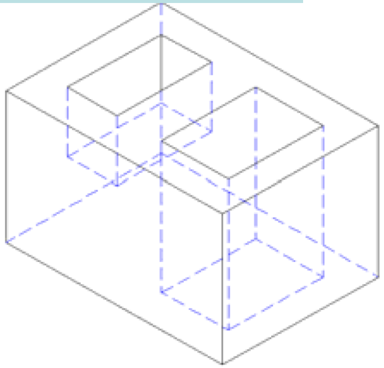


Se o objeto tem componentes múltiplos S ou C ≠ 1 , G (genus) é a soma dos Gs de cada objeto

Euler-Poincare Law:

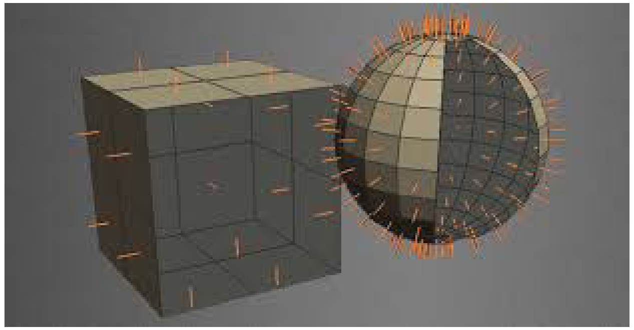
$V - E + F - L = 2(S - G)$

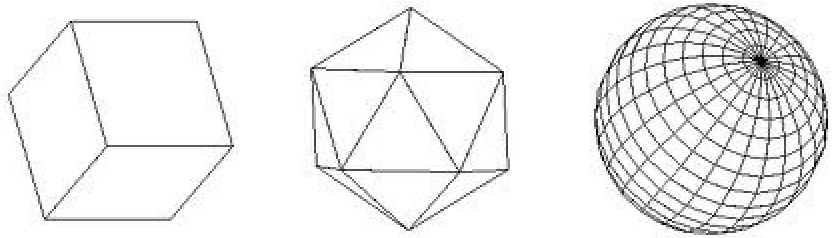
- L = # of inner face loops (a loop contained entirely within another face loop)
- S = # of shell bodies (sometimes "C")
- G = # thru holes, A.K.A genus (# of passage features)



V	-	E	+	F	-	L	= 2 (	S	–	G)
24	-	36	+	15	-	3	= 2 (	1	-	1)

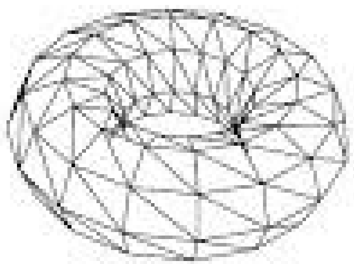
Jules Henri Poincaré (1854–1912).
considered to be one of the founders of the field of Topologia

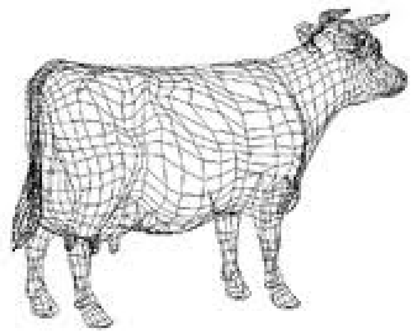




Estrutura de Dados Baseada em Arestas ou Lados

Na estrutura de dados baseada em arestas além das listas de coordenadas de vértices e definição das faces, tem-se uma lista que identifica cada aresta e seus vértices limitantes.





Quando a superfície tem buracos a expressão para o número de Euler fica sendo:

N_E = F - E + V – H = 2 (C – G),

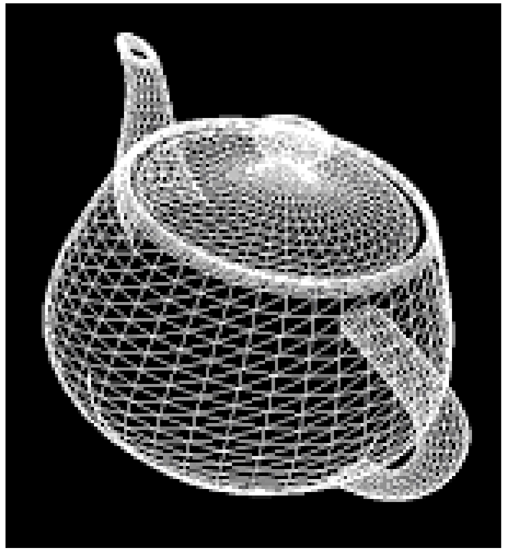
sendo **H** - o número de buracos superfície ou faces

C- o número de partes separadas

G - o número de furos trespassantes

- ·E é chamado de Euler/Poincaré
- Para esfera ou um cubo, G = 0, logo, N_E = 2.
- Para o toro, G = 1, logo, N_E = 0.
- Com mais de um buraco, o número de Euler fica negativo.

$$V - E + F - H = 2\,(C - G)$$



where V is the number of vertices,

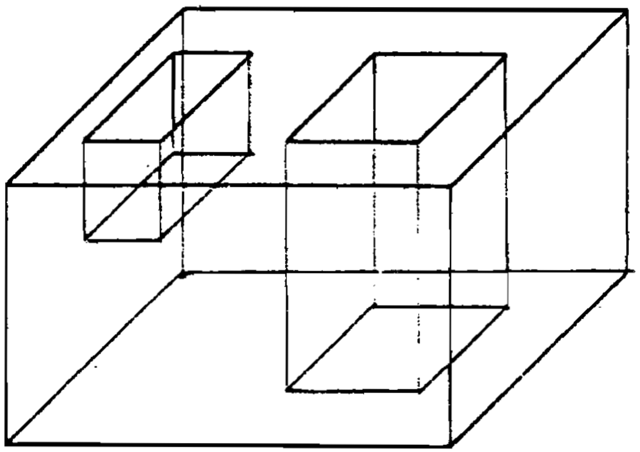
E is the number of edges,

F is the number of faces,

H is the number of holes in the faces,

C is the number of separate components (parts),

G is the *genus* (for a torus $G = 1$).



$$V - E + F - H = 2(C - G)$$

V	E	F	H	C	G
24	36	15	3	1	1

Representação dos limites do sólido

- Boundary Representation – Brep
- É a forma mais usada
- **Nela toda a topologia é considerada para garantir que o objeto seja realizável e continue realizável após as operações que serão realizadas nele**.
- A topologia deve ser validada não só a geometria gerada (Equação de Euler)

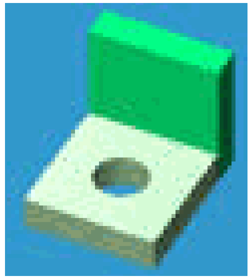
Formula ou lei de Euler-Poincaré:

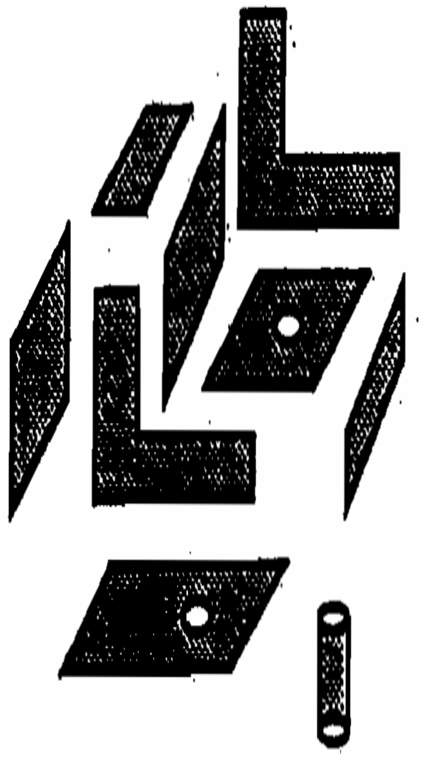
$V-A+F-H=2(C-G)$

H= loops de faces fechadas;

C= numero de partes separadas do objeto

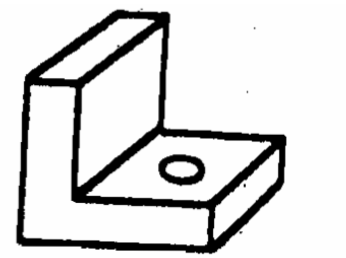
G= numero de buracos (genus)

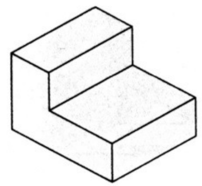




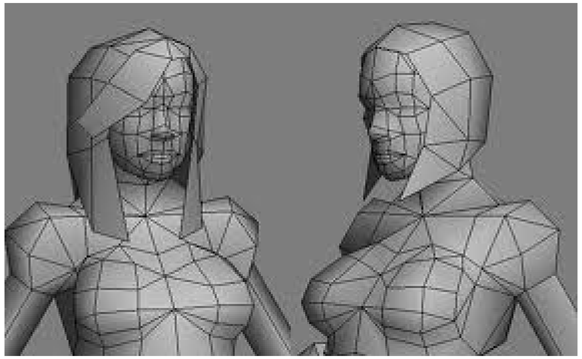
Boundary representation

B-rep



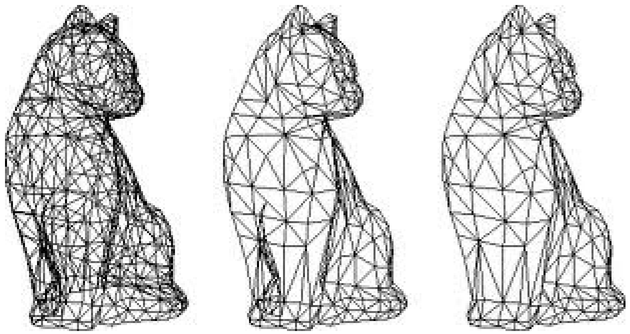


estrutura de dados do objeto.



Data structure

- **Polygon-based (Face list)**
- **Vertex-based**
- **Edge-based**



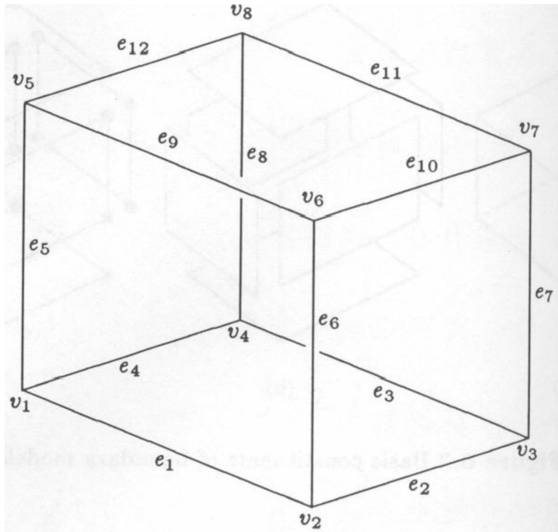
Descrição da:

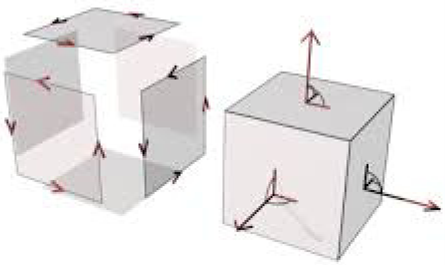
- **topologia** e a **geometria** das faces;
- relações entre os elementos;
- posições dos elementos no espaço, e sua forma geométrica (semi-reta, arco de círculo, etc.)

Estrutura de dados baseada Faces e Vértice

vertex	coordinates
v_1	$x_1\ y_1\ z_1$
v_2	$x_2\ y_2\ z_2$
v_3	$x_3\ y_3\ z_3$
v_4	$x_4\ y_4\ z_4$
v_5	$x_5\ y_5\ z_5$
v_6	$x_6\ y_6\ z_6$
v_7	$x_7\ y_7\ z_7$
v_8	$x_8\ y_8\ z_8$

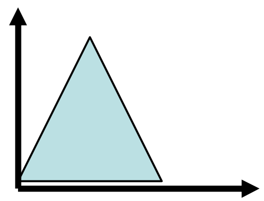
face	vertices
f_1	$v_1\ v_2\ v_3\ v_4$
f_2	$v_6\ v_2\ v_1\ v_5$
f_3	$v_7\ v_3\ v_2\ v_6$
f_4	$v_8\ v_4\ v_3\ v_7$
f_5	$v_5\ v_1\ v_4\ v_8$
f_6	$v_8\ v_7\ v_6\ v_5$





os vértices limites das faces devem ser descritos sempre no mesmo sentido horário (ou anti-horário) do exterior do objeto, para todas as faces.

Por exemplo



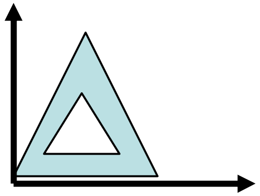
- Para um triângulo você teria 3 estruturas neste ultimo caso:
- Uma lista de **faces:** onde cada face tem definido suas arestas.
- Uma lista de **arestas**: onde para cada aresta você teria os vértices Iniciais e Finais
- E uma de **vértices** com as coordenadas horizontal e vertical de cada um dos vertices
- Repare que se tem V=3, A=3 e F=2, C=1, H=G=0.
- Logo sua estrutura está a principio adequada para ser de um sólido realizável .

Ft1	At1	At2	At3
Ft2	At1	At3	At2

At1	Vt1	Vt2
At2	Vt2	Vt3
At3	Vt3	Vt1

Vt1	Vt2	Vt3
5	10	0
10	0	0
1	1	1

Por exemplo



- Para um triângulo vazado você teria 3 estruturas neste ultimo caso:
- Uma lista de **faces:** onde cada face tem definido suas arestas.
- Uma lista de **arestas**: onde para cada aresta você teria os vértices Iniciais e Finais
- E uma de **vértices** com as coordenadas horizontal e vertical de cada um dos vértices
- Repare que se tem V=6, A=6 , C=1, G=1, H=2 e F=2.
- Logo sua estrutura está a principio adequada para ser de um sólido realizável.

Ft1	At1	At2	At3	At4	At6	At5
Ft2	At1	At3	At2	At4	At5	At6

At1	Vt1	Vt2
At2	Vt2	Vt3
At3	Vt3	Vt1
At4	Vt5	Vt4
At5	Vt4	Vt6
At6	Vt6	Vt5

Vt1	Vt2	Vt3	Vt4	Vt5	Vt6
5	10	0	0,1	9,9	5
10	0	0	0,1	0,1	9,9
1	1	1	1	1	1

Para um segmento de reta

- Se for um objeto deve na realidade ser um quadrilátero muito fino. Então você teria 3 estruturas neste último caso:

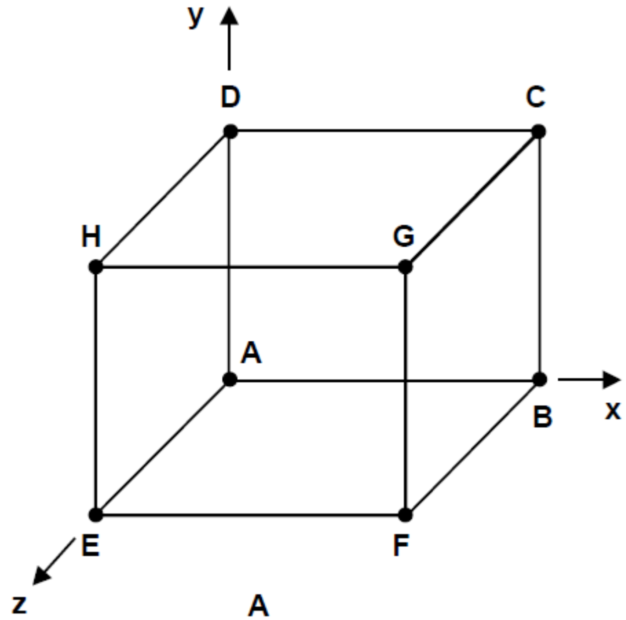
- Uma lista de **faces com 2 faces:** onde cada face tem definido suas arestas.

- Uma lista de 4 **arestas**: onde para cada aresta você teria os vértices Iniciais e Finais

- E uma liata de 4 **vértices** com as coordenadas horizontal e vertical de cada um dos vértices

- Repare que se tem V=4 A=4 e F=2.

Vértices	Coordenadas
A	(0,0,0)
B	(1,0,0)
C	(1,1,0)
D	(0,1,0)
E	(0,0,1)
F	(1,0,1)
G	(1,1,1)
H	(0,1,1)

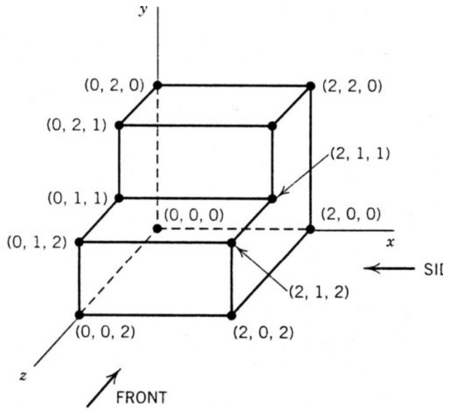


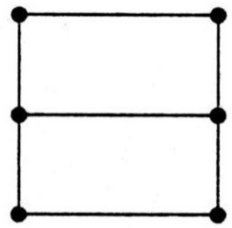
A

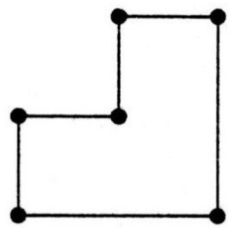
Aresta	Vértices
A1	EF
A2	FB
A3	BA
A4	AE
A5	EH
A6	FG
A7	BC
A8	AD
A9	HG
A10	GC
A11	CD
A12	DH

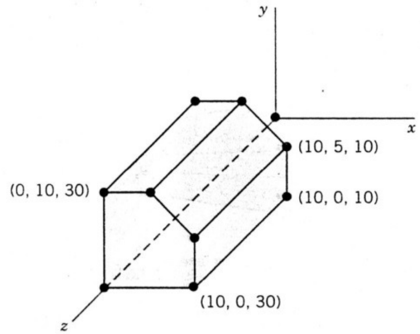
Faces	Arestas
F1	A1 A2 A3 A4
F2	A9 A6 A1 A5
F3	A6 A10 A7 A2
F4	A7 A11 A8 A3
F5	A12 A5 A4 A8
F6	A9 A12 A11 A10

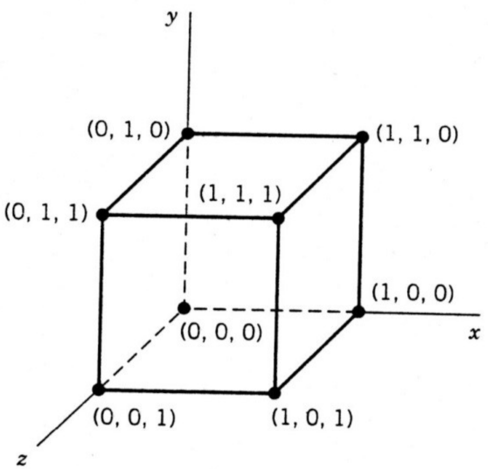
Geometria x topologia



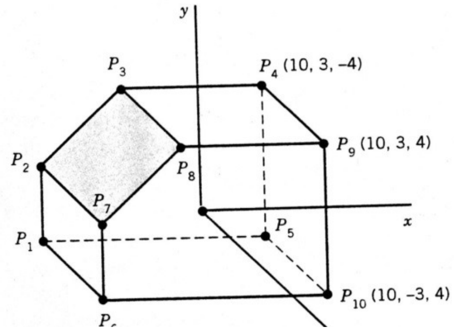






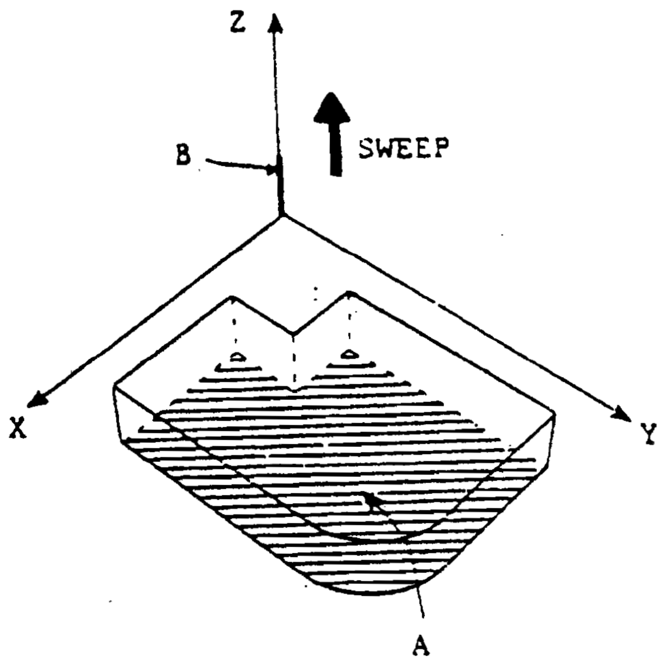


$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

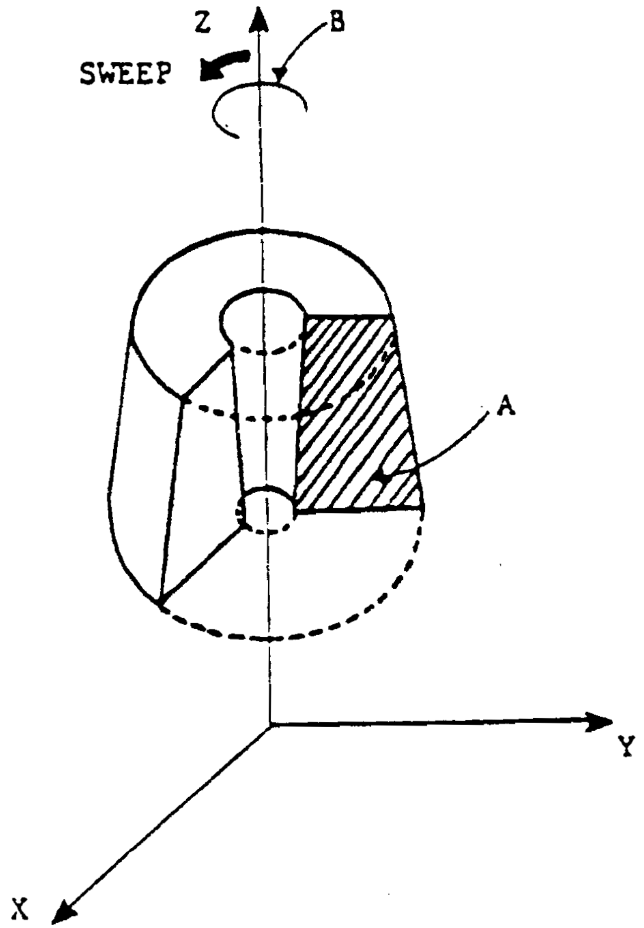


$$[P] = \begin{bmatrix} -10 & -3 & -4 & 1 \\ -10 & 1 & -4 & 1 \\ -8.5 & 3 & -4 & 1 \\ 10 & 3 & -4 & 1 \\ 10 & -3 & -4 & 1 \\ -10 & -3 & 4 & 1 \\ -10 & 1 & 4 & 1 \\ -8.5 & 3 & 4 & 1 \\ 10 & 3 & 4 & 1 \\ 10 & -3 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

Sweep : superfícies 2D GERAM o OBJETO 3D



Translational sweeping.



Rotational sweeping.

Referencias

- D. F. Rogers, J. A. Adams. Mathematical Elements for Computer Graphics, 2dn Ed. , Mc Graw Hill, 1990
- E. Azevedo, A. Conci, C. Vasconcelos. Computação Gráfica: teoria e prática, Elsevier, Rio de Janeiro, 2018
- J.D.Foley,A.van Dam,S.K.Feiner,J.F.Hughes. Computer Graphics- Principles and Practice, Addison-Wesley, Reading, 1990.

Trabalho 1 Implementação

Voce já fez um teste de QI?

Então experimente alguns:

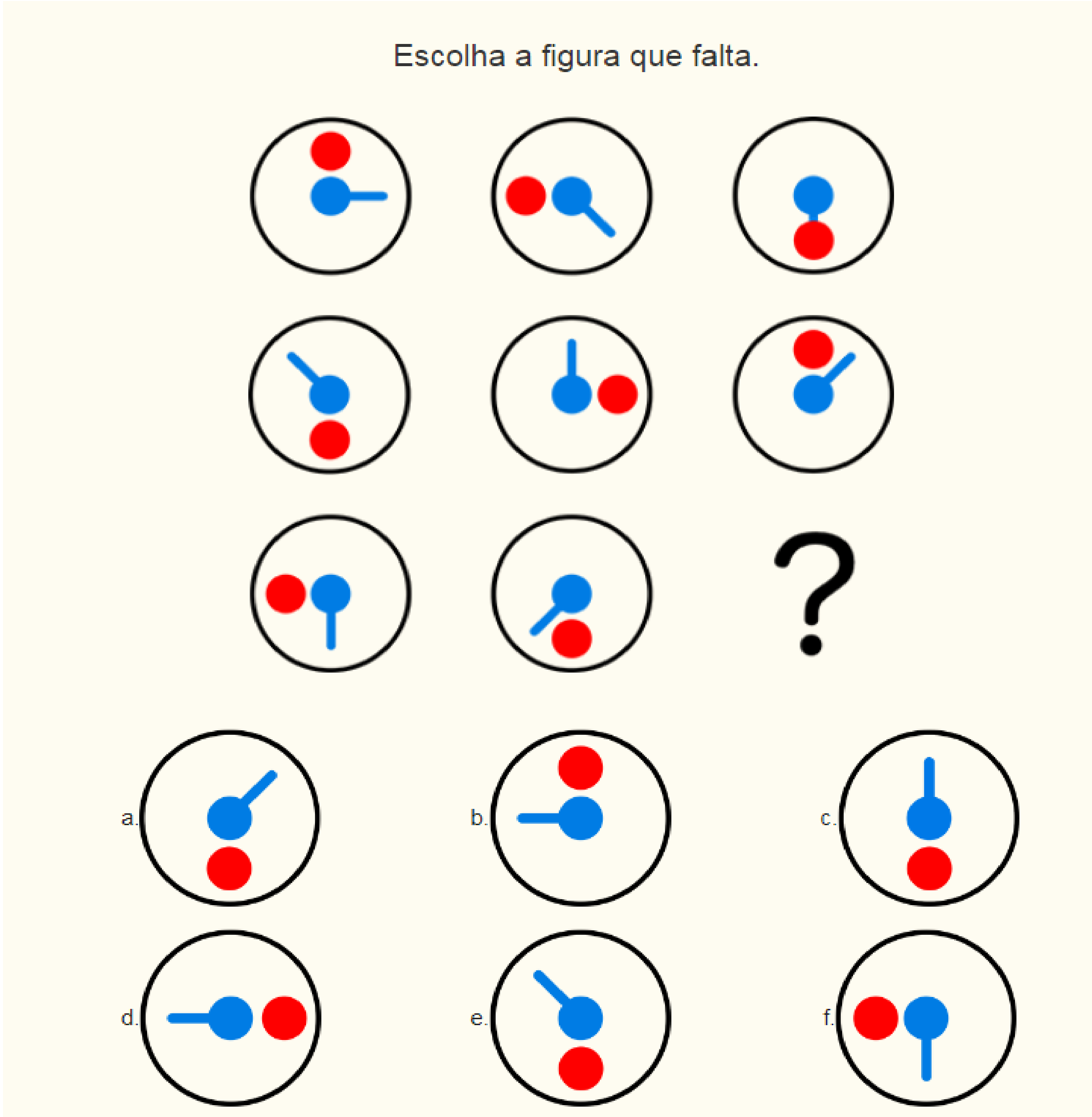
https://international-iq-test.com

https://www.test-iq.org/?

A ideia é você e seu grupo fazer um com pelo menos 10 figuras onde se conta a quantidade de acertos e o tempo de resposta da pessoa que está fazendo o teste.

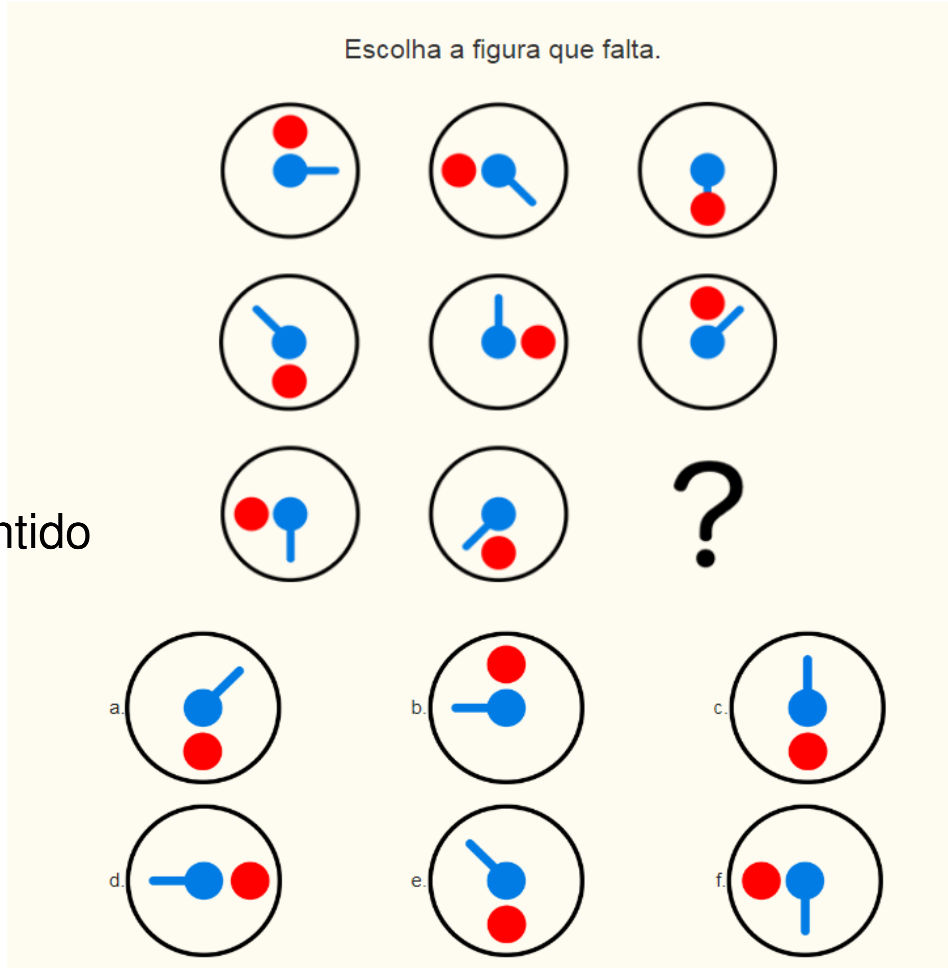
Depois os outros colegas da sala que não pertençam ao seu grupo vão jogar o seu jogo lhe atribuir uma nota. Essa será uma parte da nota real de cada grupo (ou a sua você).

Exemplo de um destes teste de QI



Exemplo de um destes teste de QI

Você conseguiu descobrir
qual a seqüência ?



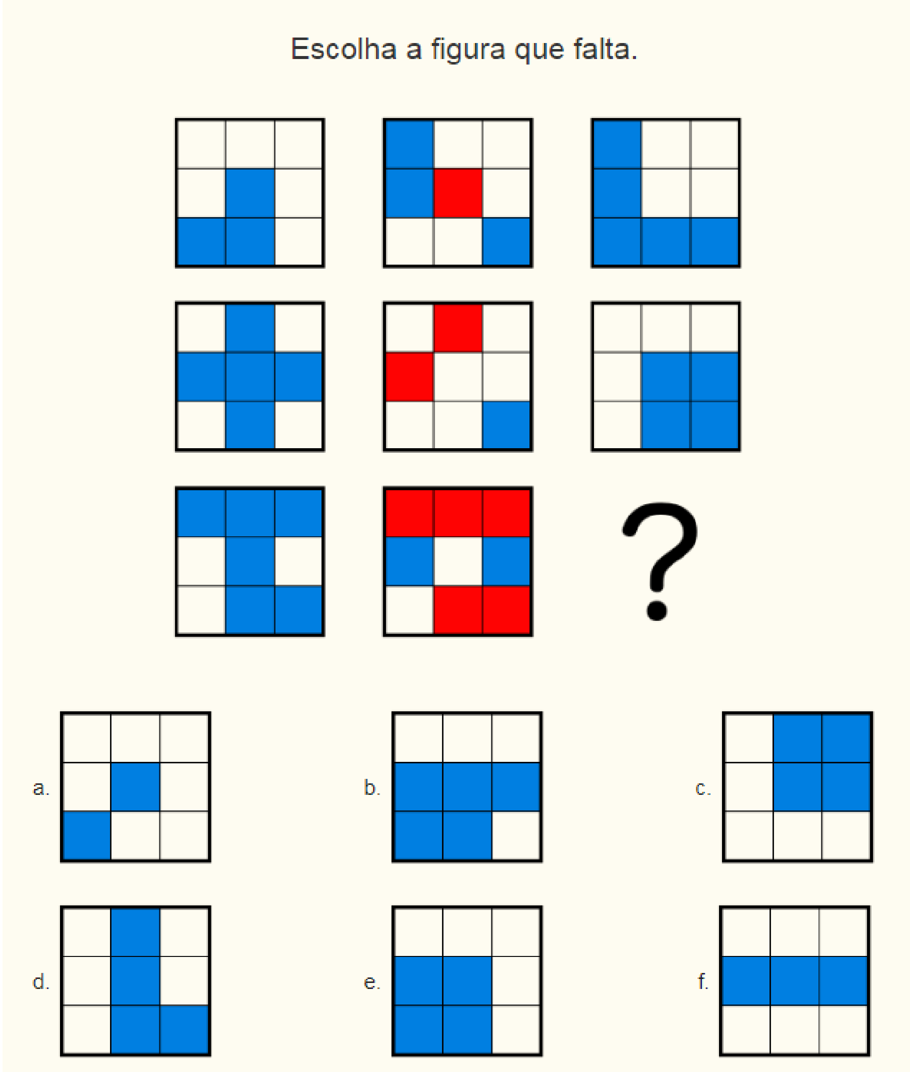
1- Figura azul gira de 45 graus sentido horário .

depois

2- Bola vermelha gira de 90 graus Sentido anti-horário.

MAIS UM EXEMPLO

- E aqui :QUAL A REGRA da seqüência?



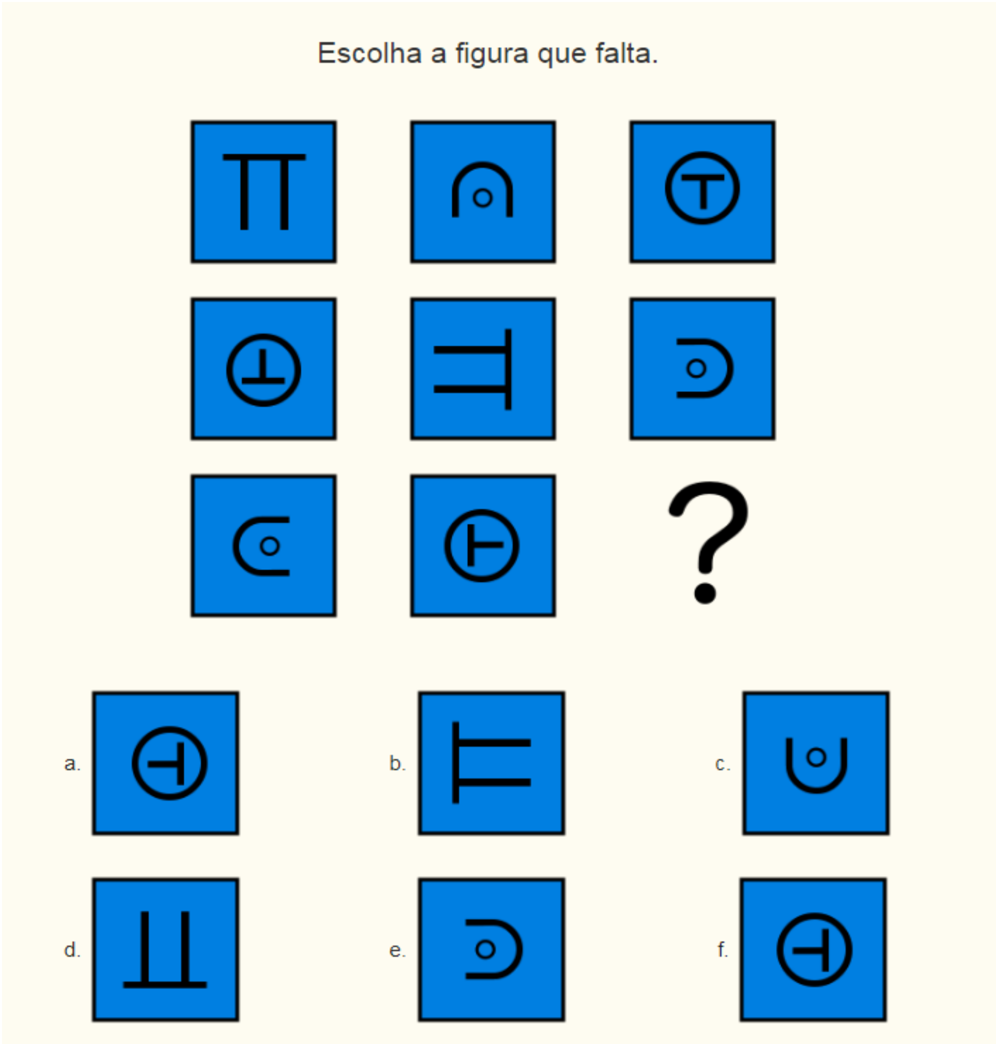
- Resposta:
- UNIR os píxeis da imagem em AZUL

E TIRAR os píxeis da imagem em VERMELHO

NESTE SERÁ UM DOS PI

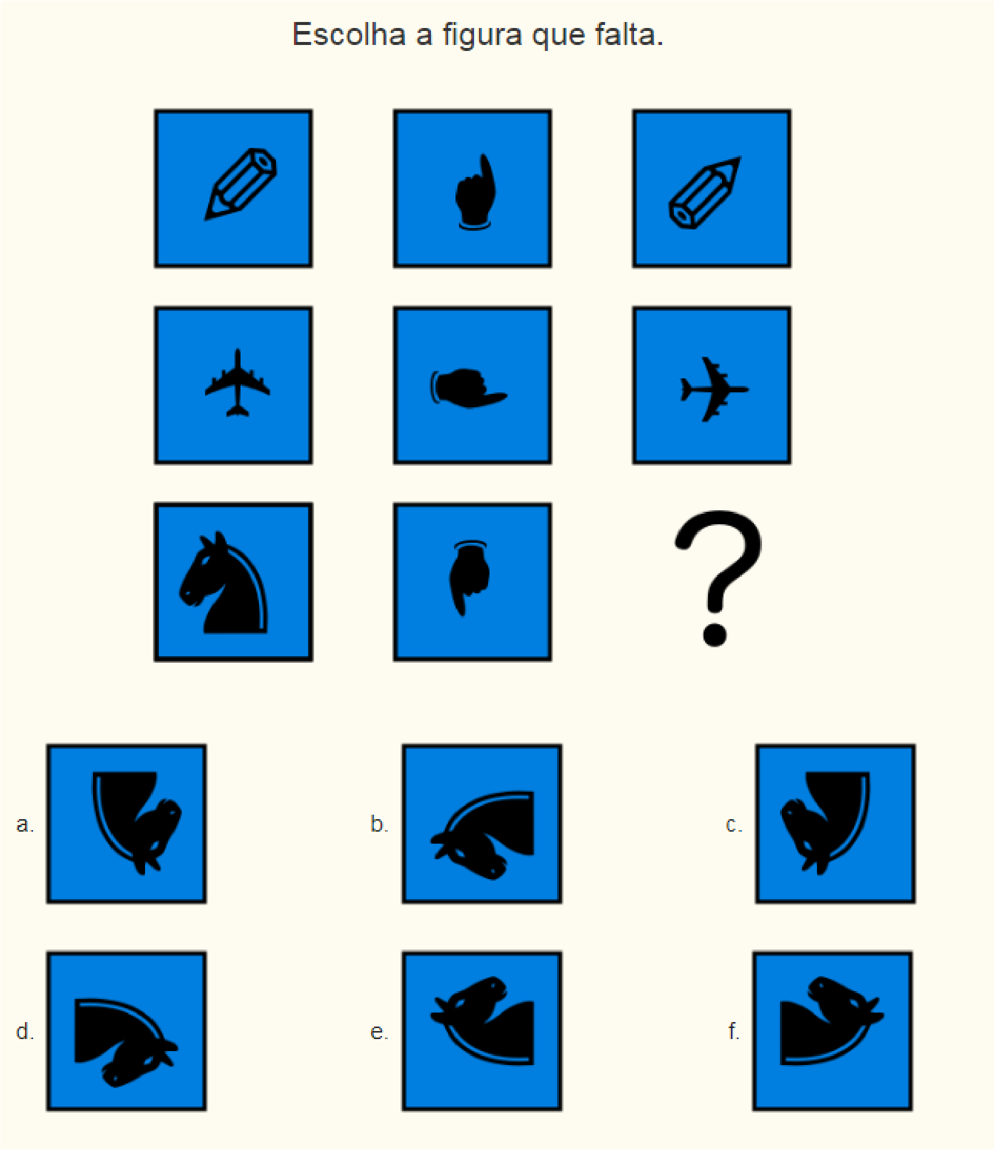
MAS QUAL DOS 2 ?

REPAROU NOS ângulos dos GIROS?



OUTRO EXEMPLO

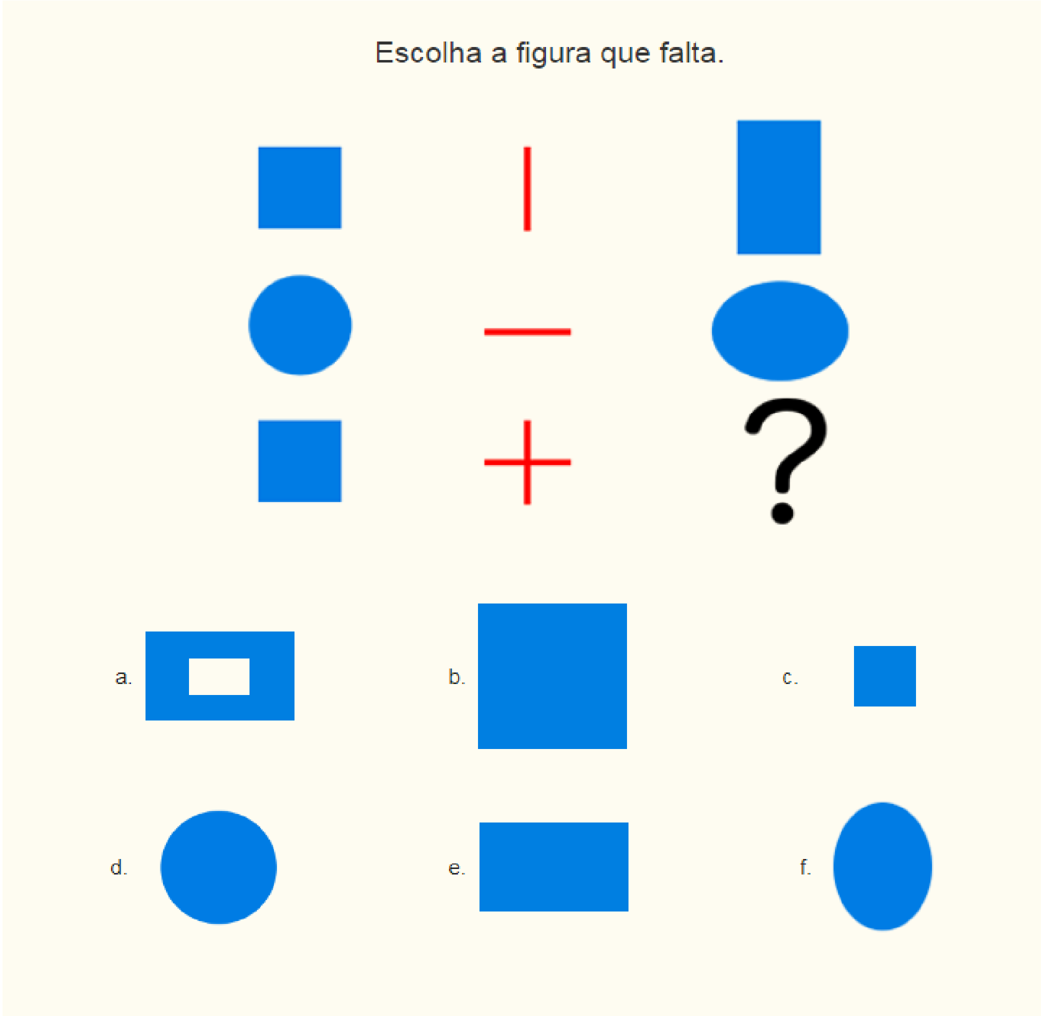
- QUAL SERIA A REGRA AQUI ?



- ISSO MESMO repetir e FAZER O GIRO adequado!!

está AUMENTA A ESCALAS NAS DIREÇOES VERMELHAS!

- Já deu para ter uma ideia de como construiu se teste de QI!!



Trabalho 1 Implementação – cont.

- O trabalho pode ser feito em grupos de até 3 pessoas e em qualquer linguagem.
- Cada grupo deve escolher na seqüência para a imagem faltante transformações 2 D que serão ensinada em sala de aula (e será feita por matrizes).
- Com o assunto da aula de hoje você já pode ir desenhando suas figuras 2D. Nesta prmieira parte do trabalho (que pode ser visto como um jogo) se mostrarão os desenhos estáticos.
- Mas pelo menos um destes desenhos será transformado em 3D depois e será animado. Ou seja essa é a primeIra parte de um trabalho maior.
- A parte INICIAL (ou estática) é para ser entregue até 25/04/2019.