



Geometria Sólida Construtiva – CSG (1)

A CSG é utilizada na modelagem de sólidos, combinando primitivas e/ou objetos já combinados, até que se chegue a um objeto mais complexo.

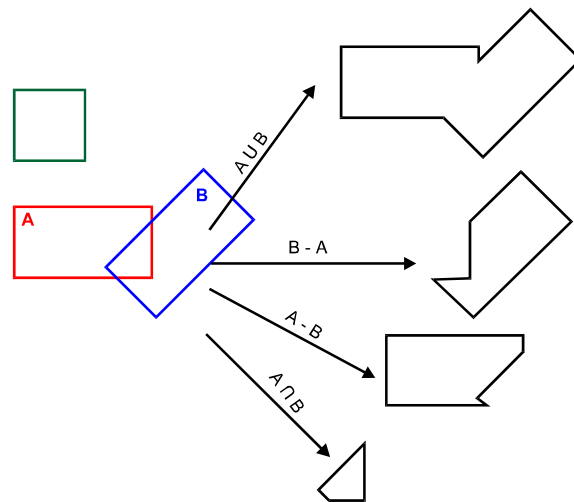


Geometria Sólida Construtiva – CSG (2)

- Os sistemas de modelagem oferecem um conjunto finito de primitivas homogêneas e fechadas, cujo tamanho, forma, posição e orientação são parâmetros especificados pelo usuário.
- Normalmente, os operadores utilizados na CSG, são os correspondentes às operações da Teoria dos Conjuntos:
União (\cup), Interseção (\cap) e Diferença ($-$).

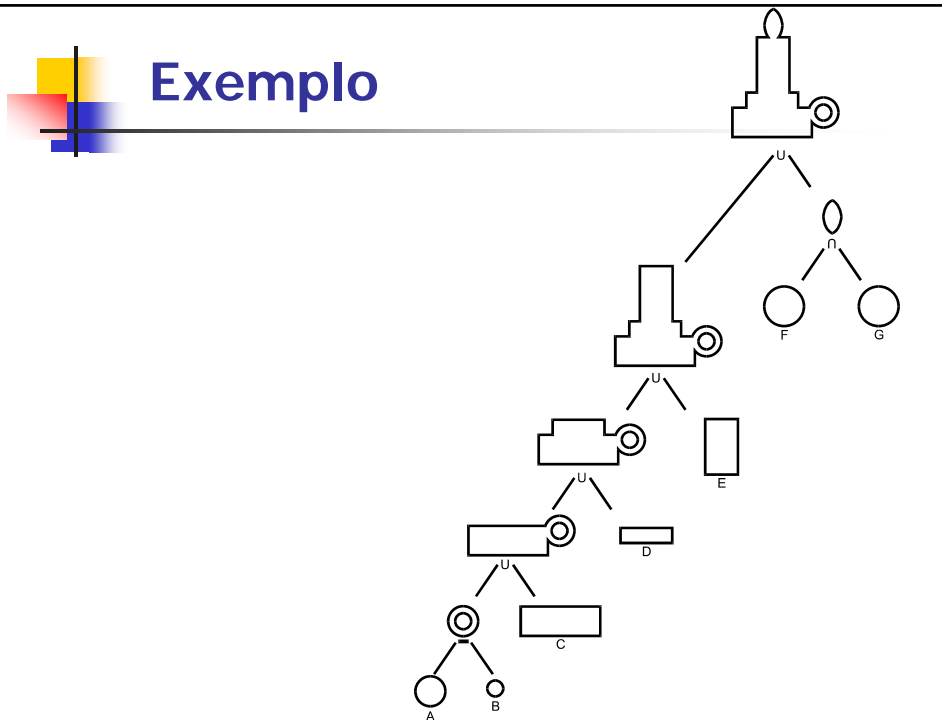


Exemplo



Geometria Sólida Construtiva – CSG (3)

- Os objetos gerados pela CSG, tem a mesma dimensão que as primitivas utilizadas.
- A representação dos objetos se dá através de árvores binárias, onde as folhas são as primitivas e os nodos não terminais representam as operações que são executadas sobre os subnodos.
- A raiz, representa o objeto final.



Geometria Sólida Construtiva – CSG (4)

- É necessário que o sistema tenha recursos para trabalhar com certas situações, que apesar de corretas pela teoria dos conjuntos, não correspondem ao objeto desejado.

A

B

A

B

$\xrightarrow{A \cap B}$

$\xrightarrow{A \cap^* B}$



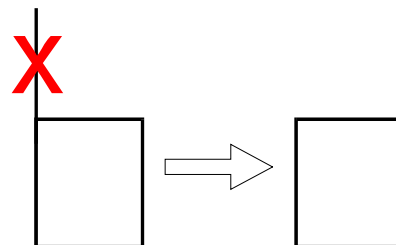
Geometria Sólida Construtiva – CSG (5)

- Para que o resultado atenda as exigências da GSC é necessário realizar a regularização do resultado da operação. Obtendo-se assim os operadores regularizados:
 - União (\cup^*)
 - Interseção (\cap^*)
 - Diferença ($-^*$)



Geometria Sólida Construtiva – CSG (6)

- A operação de regularização visa eliminar aqueles pontos que não apresentam pontos interiores na sua vizinhança.





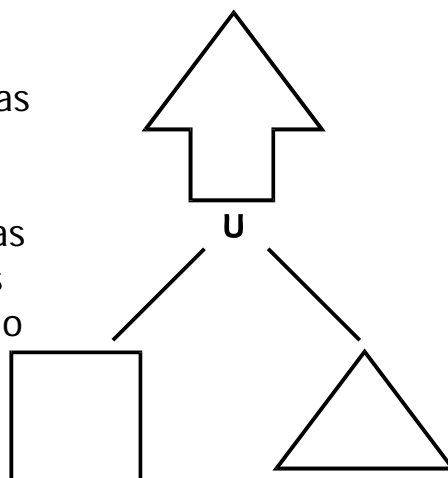
Geometria Sólida Construtiva – CSG Avaliador de Contorno (1)

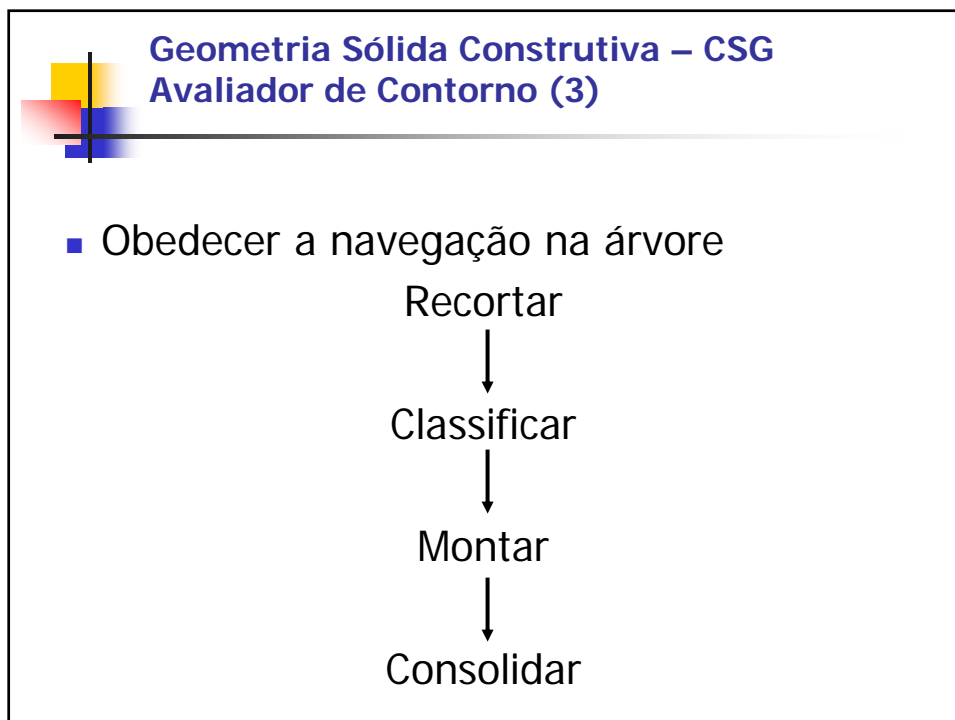
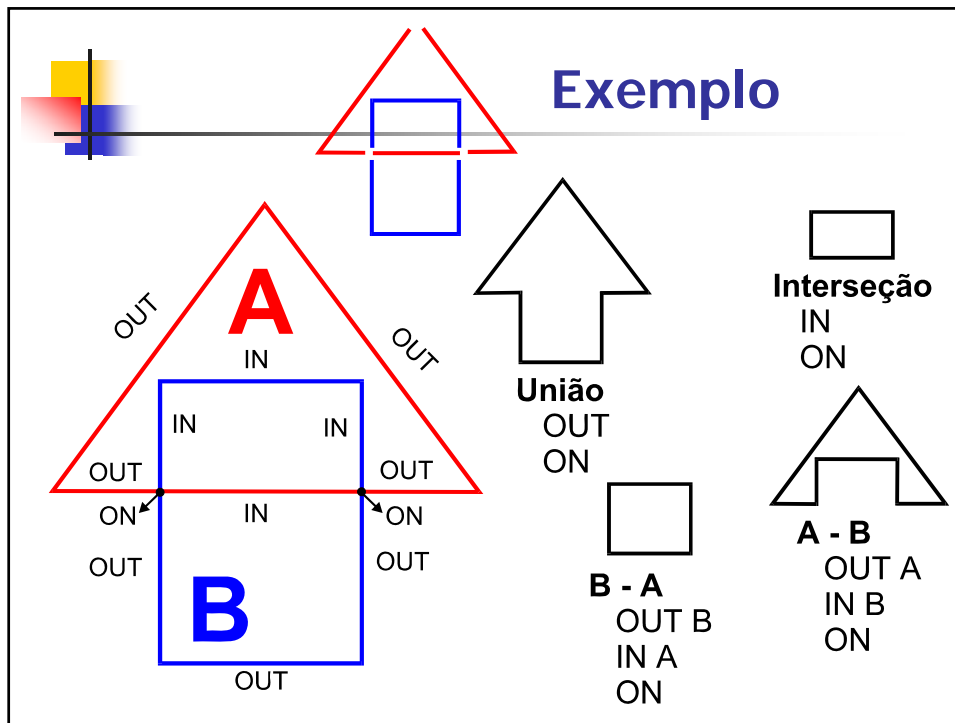
- A descrição gráfica do objeto final é montada por algoritmos Avaliadores de Contornos. “Boundary Evaluator”.
- É uma das partes mais complexas do modelador CSG, exigindo tempo e memória do computador.



Geometria Sólida Construtiva – CSG Avaliador de Contorno (2)

- O Avaliador de Contornos analisa as relações entre as primitivas, levando em consideração, as suas bordas e seus interiores, buscando garantir a consistência dos resultados.







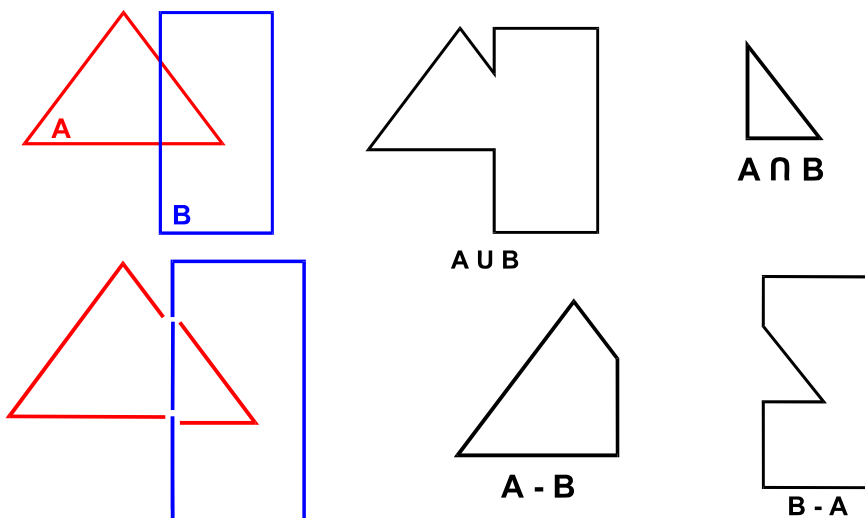
Geometria Sólida Construtiva – CSG

Avaliador de Contorno: Recorte

- O Avaliador de Contornos recorta e classifica as fronteiras originais em sub fronteiras, é o que se chama de *Set Member Ship Classification*
- Nesta classificação, cada elemento de um objeto geométrico é classificado contra o outro objeto no seu todo.
- E vice-versa.



Exemplo





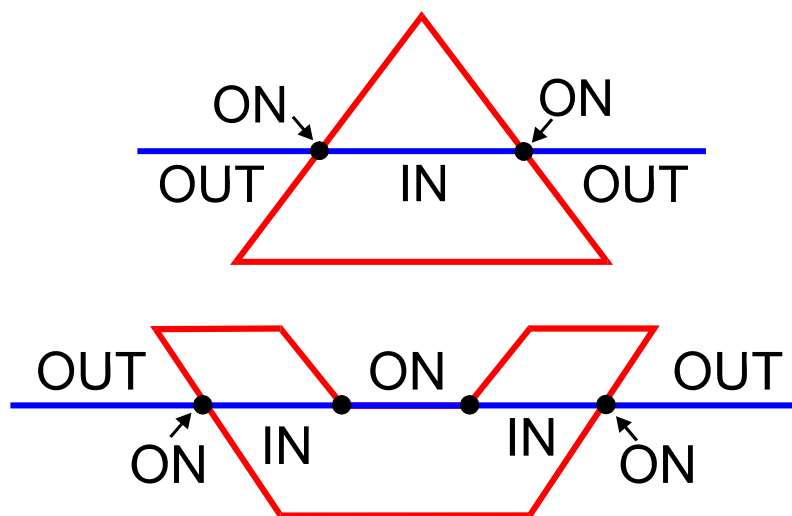
Geometria Sólida Construtiva – CSG

Avaliador de Contorno: Classificação

- Esta classificação é feita entre todas as partes do contorno do primeiro elemento em relação ao segundo e vice-versa.
- Classifica-se cada porção em:
 - Dentro (IN)
 - Sobre (ON) - "Contorno"
 - Fora (OUT)



Exemplo





Geometria Sólida Construtiva – CSG

Avaliador de Contorno: Montagem (1)

- Cria-se o contorno do objeto resultante.
- O Avaliador de Contorno, escolhe os elementos da lista resultante da classificação de acordo com a operação envolvida:
 - União (\cup^*)
 - Interseção (\cap^*)
 - Diferença ($-^*$)



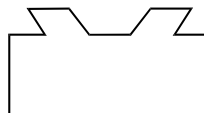
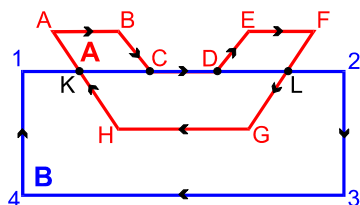
Geometria Sólida Construtiva – CSG

Avaliador de Contorno: Montagem (2)

- Tendo como critérios:
 - União:
 - Todos os trechos OUT e ON com o mesmo sentido
 - Interseção:
 - Todos os trechos IN e ON com o mesmo sentido.
 - Diferença:
 - Todos os trechos OUT do primeiro elemento, todos os trechos IN do segundo elemento e todos os trechos ON com o sentido diferente.

Exemplo União

Todos os trechos OUT e ON com o mesmo sentido



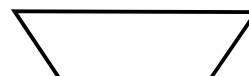
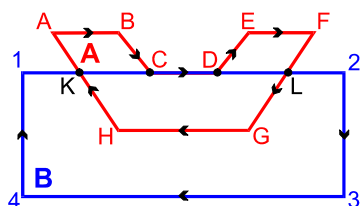
$$A \cup B = \{\overline{AB}, \overline{BC}, \overline{CD}, \overline{DE}, \overline{EF}, \overline{FL}, \overline{L2}, \overline{23}, \overline{34}, \overline{41}, \overline{1K}, \overline{KA}\}$$

OBJETO A		
Segmento	Status	Orientação
AB	OUT	
BC	OUT	
CD	ON	IGUAL
DE	OUT	
EF	OUT	
FL	OUT	
LG	IN	
GH	IN	
HK	IN	
KA	OUT	

OBJETO B		
Segmento	Status	Orientação
1K	OUT	
KC	IN	
CD	ON	IGUAL
DL	IN	
L2	OUT	
23	OUT	
34	OUT	
41	OUT	

Exemplo Interseção

Todos os trechos IN e ON com o mesmo sentido



$$A \cap B$$

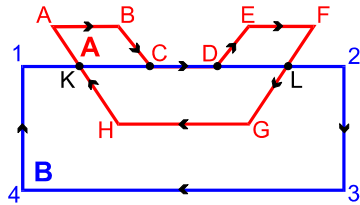
$$A \cap B = \{\overline{LG}, \overline{GH}, \overline{HK}, \overline{KC}, \overline{CD}, \overline{DL}\}$$

OBJETO A		
Segmento	Status	Orientação
AB	OUT	
BC	OUT	
CD	ON	IGUAL
DE	OUT	
EF	OUT	
FL	OUT	
LG	IN	
GH	IN	
HK	IN	
KA	OUT	

OBJETO B		
Segmento	Status	Orientação
1K	OUT	
KC	IN	
CD	ON	IGUAL
DL	IN	
L2	OUT	
23	OUT	
34	OUT	
41	OUT	

Exemplo Diferença: A - B

Todos os trechos OUT do primeiro elemento,
todos os trechos IN do segundo elemento e
todos os trechos ON com o sentido diferente.



A - B

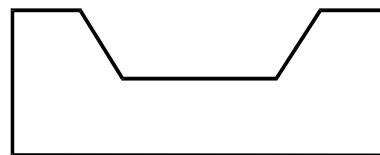
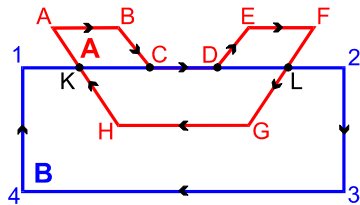
$$A - B = \{\overline{AB}, \overline{BC}, \overline{CK}, \overline{KA}, \overline{EF}, \overline{FL}, \overline{LD}, \overline{DE}\}$$

OBJETO A		
Segmento	Status	Orientação
AB	OUT	
BC	OUT	
CD	ON	IGUAL
DE	OUT	
EF	OUT	
FL	OUT	
LG	IN	
GH	IN	
HK	IN	
KA	OUT	

OBJETO B		
Segmento	Status	Orientação
1K	OUT	
KC	IN	
CD	ON	IGUAL
DL	IN	
L2	OUT	
23	OUT	
34	OUT	
41	OUT	

Exemplo Diferença: B - A

Todos os trechos OUT do primeiro elemento,
todos os trechos IN do segundo elemento e
todos os trechos ON com o sentido diferente.



B - A

$$B - A = \{\overline{1K}, \overline{HK}, \overline{GH}, \overline{LG}, \overline{L2}, \overline{23}, \overline{34}, \overline{41}\}$$

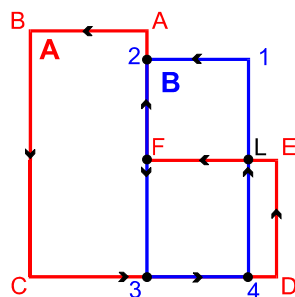
OBJETO A		
Segmento	Status	Orientação
AB	OUT	
BC	OUT	
CD	ON	IGUAL
DE	OUT	
EF	OUT	
FL	OUT	
LG	IN	
GH	IN	
HK	IN	
KA	OUT	

OBJETO B		
Segmento	Status	Orientação
1K	OUT	
KC	IN	
CD	ON	IGUAL
DL	IN	
L2	OUT	
23	OUT	
34	OUT	
41	OUT	



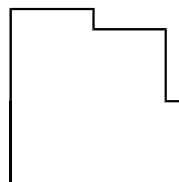
Exemplo União

Todos os trechos OUT e ON com o mesmo sentido



OBJETO A		
Segmento	Status	Orientação
AB	OUT	
BC	OUT	
C3	OUT	
34	ON	IGUAL
4D	OUT	
DE	OUT	
EL	OUT	
LF	IN	
F2	ON	DIFERENTE
2A	OUT	

OBJETO B		
Segmento	Status	Orientação
12	OUT	
2F	ON	DIFERENTE
F3	IN	
34	ON	IGUAL
4L	IN	
L1	OUT	
12	OUT	



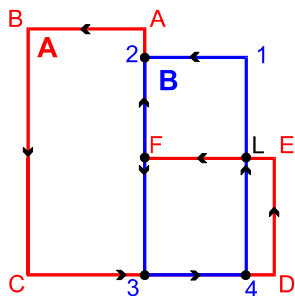
$A \cup B$

$A \cup B = \{AB, BC, C3, 34, 4D, DE, EL, L1, 12, 2A, AB\}$



Exemplo Interseção

Todos os trechos IN e ON com o mesmo sentido



OBJETO A		
Segmento	Status	Orientação
AB	OUT	
BC	OUT	
C3	OUT	
34	ON	IGUAL
4D	OUT	
DE	OUT	
EL	OUT	
LF	IN	
F2	ON	DIFERENTE
2A	OUT	

OBJETO B		
Segmento	Status	Orientação
12	OUT	
2F	ON	DIFERENTE
F3	IN	
34	ON	IGUAL
4L	IN	
L1	OUT	
12	OUT	

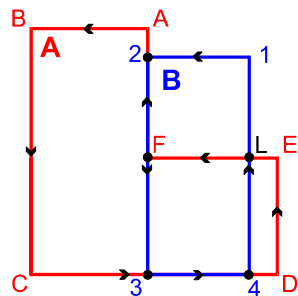


$A \cap B$

$A \cap B = \{LF, F3, 34, 4L\}$

Exemplo Diferença: A - B

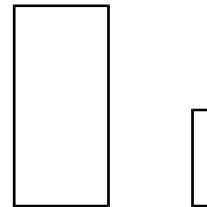
Todos os trechos OUT do primeiro elemento,
todos os trechos IN do segundo elemento e
todos os trechos ON com o sentido diferente.



OBJETO A		
Segmento	Status	Orientação
AB	OUT	
BC	OUT	
C3	OUT	
34	ON	IGUAL
4D	OUT	
DE	OUT	
EL	OUT	
LF	IN	
F2	ON	DIFERENTE
2A	OUT	

OBJETO B		
Segmento	Status	Orientação
12	OUT	
2F	ON	DIFERENTE
F3	IN	
34	ON	IGUAL
4L	IN	
L1	OUT	
12	OUT	

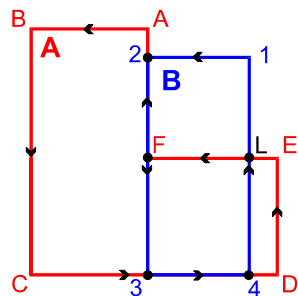
$A - B = \{AB, BC, C3, 3F, F2, 2A, EL, L4, 4D, DE\}$



A - B

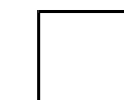
Exemplo Diferença: B - A

Todos os trechos OUT do primeiro elemento,
todos os trechos IN do segundo elemento e
todos os trechos ON com o sentido diferente.



OBJETO A		
Segmento	Status	Orientação
AB	OUT	
BC	OUT	
C3	OUT	
34	ON	IGUAL
4D	OUT	
DE	OUT	
EL	OUT	
LF	IN	
F2	ON	DIFERENTE
2A	OUT	

OBJETO B		
Segmento	Status	Orientação
12	OUT	
2F	ON	DIFERENTE
F3	IN	
34	ON	IGUAL
4L	IN	
L1	OUT	
12	OUT	



B - A

$B - A = \{12, 2F, F3, L1\}$



Geometria Sólida Construtiva – CSG

Avaliador de Contorno: Consolidação

- Consolidação do contorno, onde o Avaliador de Contorno procura:
 - Compactar sub-arestas em arestas
 - Orientar as arestas
 - Encadear as arestas



Geometria Sólida Construtiva – CSG

Exemplo Prático de Geometria Sólida Construtiva

