



**2º Exame**  
**Computação Gráfica**

**LEIC/LERCI**

**Prof. João Brisson Lopes**

**Prof. Mário Rui Gomes**

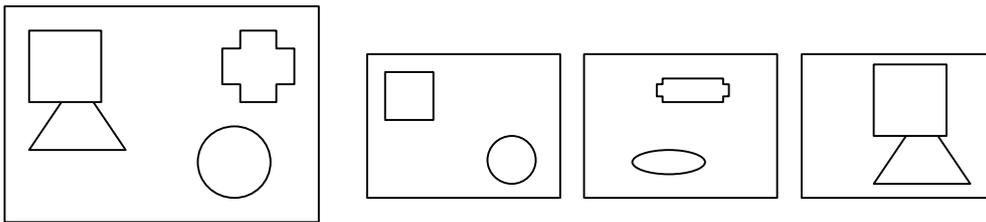
**16 de Julho 2005**

Nº \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

Responda às questões seguintes justificando adequadamente todas as respostas. O exame tem uma duração máxima de 2h30m. Todas as páginas devem ter o nº de aluno.

**I**

1. Considere a figura seguinte:



- a) A cena e as vistas usam sistemas de coordenadas diferentes. Indique qual o sistema usado por cada uma delas.

*A cena usa Coordenadas do Mundo e as Vistas usam Coordenadas do Dispositivo.*

- b) Na sua opinião qual ou quais das Vistas podem ser vistas da Cena1. Justifique a sua resposta.

*Só a Vista 3 é obtida através de uma transformação Janela / Viewport da Cena1.*

*A Vista 2 apresenta transformações diferentes da cruz e do círculo e a sua posição relativa também é diferente daquela que pode observar-se na Cena1.*

*A Vista1 não pode ser porque mostra apenas dois dos objectos da Cena1.*

2. Considere as seguintes figuras:

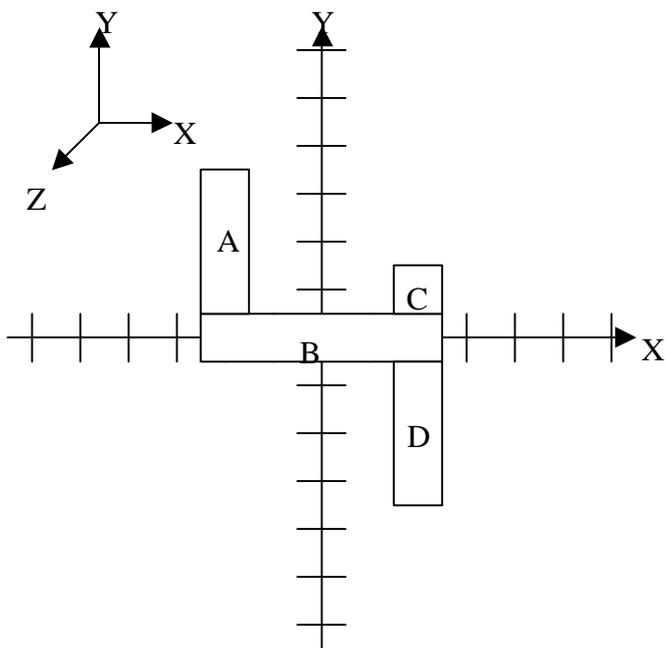


Figura 1

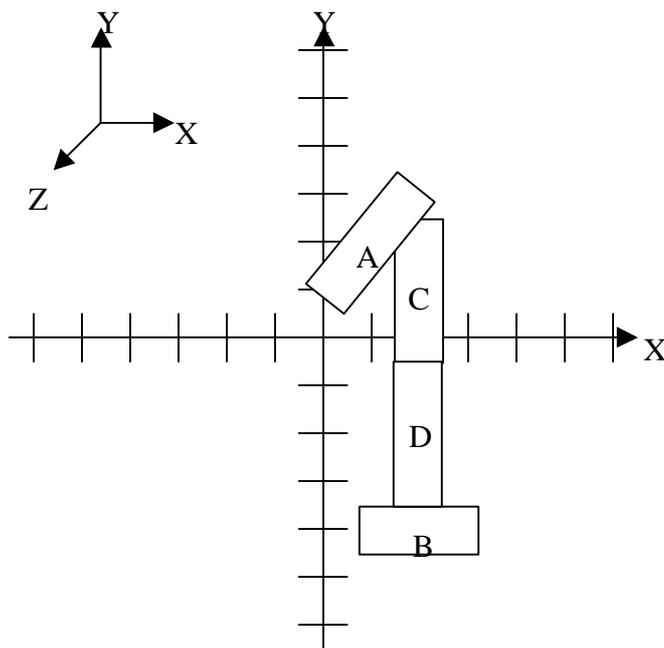


Figura 2

A Figura 1 foi construída através de um protótipo em VRML designado *Caixa*, que apresenta os argumentos (*CentroX*, *CentroY*, *Tamanho*). *CentroX* e *CentroY* representam o centro do objecto e *Tamanho* representa as dimensões X, Y e Z do objecto.

```

Caixa { CentroX -2, CentroY 2, Tamanho 1 3 0 } # Caixa A
Caixa { CentroX 0, CentroY 0, Tamanho 5 1 0 } # Caixa B
Caixa { CentroX 2, CentroY 1, Tamanho 1 1 0 } # Caixa C
Caixa { CentroX 2, CentroY -2, Tamanho 1 3 0 } # Caixa D
    
```

Considerando que o código VRML da Caixa A é o seguinte:

```

Transform
{
    translation 1, 2, 0
    children
    [
        Transform
        {
            rotation 0, 0, 1, -0.78
            children
            [
                Transform
                {
                    translation 2, -2, 0
                    children
                    [
    
```

```

Caixa { CentroX -2, CentroY 2, Tamanho 1 3 0 } # Caixa A
]
}
]
}

```

escreva o código VRML que teria de aplicar às restantes três caixas, para originar a Figura 2.

```

Transform
{
  translation 2, -4, 0
  scale 0.5, 1, 0
  children
  [
    Caixa { CentroX 0, CentroY 0, Tamanho 5 1 0 } # Caixa B
  ]
}
Transform
{
  scale 1, 3, 0
  children
  [
    Caixa { CentroX 2, CentroY 1, Tamanho 1 1 0 } # Caixa C
  ]
}
# Não são necessárias transformações
Caixa { CentroX 2, CentroY -2, Tamanho 1 3 0 } # Caixa D

```

3. Considere as duas figuras seguintes:

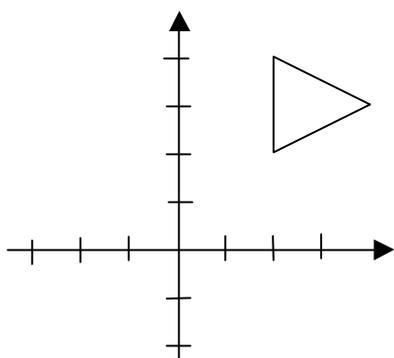


Figura 1

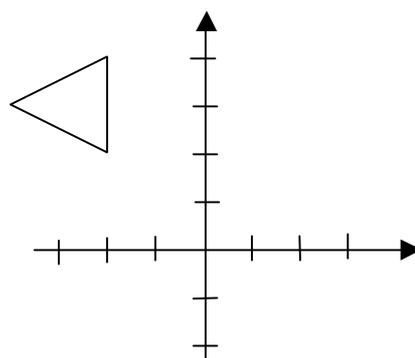


Figura 2

- a) Identifique as transformações necessárias para passar da Figura 1 para a Figura 2, escrevendo as respectivas matrizes.

Só é necessário uma matriz de escalamento (-1. 1): 
$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Nota: Embora as matrizes estejam em coordenadas homogéneas, também se podia usar coordenadas 2D.

b) Escreva como calcularia a matriz resultante (sem calcular o resultado final).

Como só existe uma matriz o resultado é trivial. Mas o aluno pode ter optado por outra sequência que esteja correcta e, nesse caso, o produto das matrizes de transformação deverá ser feito colocando as transformações da direita para esquerda, isto é, a primeira transformação fica no fim.

## II

1. Considere o modelo da câmara virtual simples.

a) Diga o que entende por volume de visualização.

Volume de visualização é o volume que contém a parte da cena que está visível na direcção do observador, ou seja tudo aquilo que a câmara “vê”.

b) Indique duas desvantagens da utilização de volumes de visualização infinitos.

1 - Os objectos muito afastados, depois de transformados ponto a ponto, podem reduzir-se a uma pequena mancha no ecrã, o que corresponde a um desperdício de tempo de computação.

2 - Por outro lado, projecções de objectos demasiado próximos, podem gerar resultados caóticos, impossibilitando deste modo uma correcta visualização.

2. No modelo de iluminação de **Phong**, o termo referente à reflexão especular é multiplicado por um factor resultante da elevação a uma potência do produto interno de dois vectores.

a) Que vectores são estes?

b) O que se pretende conseguir com este factor?

a) Os dois vectores são o vector segundo a direcção de reflexão especular da luz e o vector que une o ponto de incidência da luz com o ponto de vista do observador.

b) Sem este factor, a luz seria reflectida especularmente apenas na direcção exacta da reflexão especular sem qualquer dispersão. As superfícies reais não são perfeitas e, para serem

realisticamente representadas, dever-se-á permitir uma dispersão em volta da direcção de reflexão especular perfeita, com áreas de brilho tanto maiores quanto mais imperfeitas sejam as superfícies.

3. Numa cena contendo uma superfície de cor amarela existe uma fonte de luz branca. A cena é também iluminada por luz ambiente de cor verde e com uma intensidade igual a 50%. A superfície é caracterizada por apresentar coeficientes de reflexão ambiente iguais a dois terços dos coeficientes de reflexão difusa (0,6, 0,6 e 0,0, para as componentes R, G e B, respectivamente) e coeficientes de reflexão especular idênticos e iguais a 0,3.

- a) Nestas condições, determine a cor com que a superfície será visualizada com e sem reflexão especular.

Contribuição da iluminação pela fonte de luz branca:  $[1,1,1]$  pela superfície  $[0,6 \ 0,6 \ 0]$   $\rightarrow [0,6 \ 0,6 \ 0]$

Contribuição da iluminação ambiente:  $[0 \ 0,5 \ 0]$  da luz ambiente reflectida por  $2/3$  de  $[0,6 \ 0,6 \ 0]$ , isto é  $[0,4 \ 0,4 \ 0]$   $\rightarrow [0 \ 0,2 \ 0]$

Cor da superfície sem reflexão especular:  $[0,6 \ 0,8 \ 0]$

Reflexão especular:  $[1 \ 1 \ 1]$  da fonte de luz reflectida especularmente  $[0,3 \ 0,3 \ 0,3]$   $\rightarrow [0,3 \ 0,3 \ 0,3]$

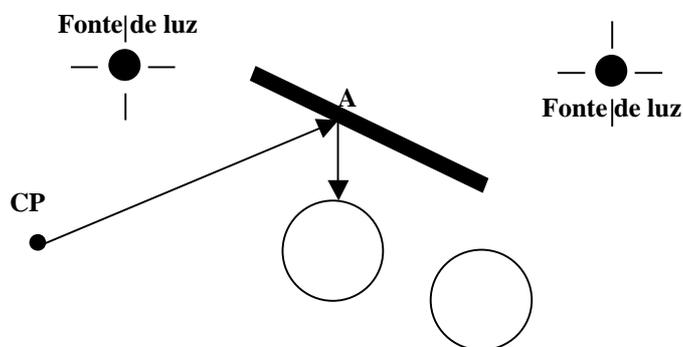
Cor da superfície com reflexão especular:  $[0,9 \ 1,1 \ 0,3]$

- b) Comente o resultado a que chegou e proponha uma solução para o problema encontrado.

A cor da superfície com reflexão especular obtida,  $[0,9 \ 1,1 \ 0,3]$ , tem um valor superior a 1, o que não é possível. A solução que muitos sistemas implementam é o de substituir o valor de 1,1 por 1, máximo possível, ou normalizar ficando:  $[0,9/1,1 \ 1 \ 0,3/1,1]$ .

## III

1. A figura junta apresenta o esquema da determinação da cor de uma quadrícula de uma imagem gerada pelo método de ray-tracing. O raio parte do centro de projecção (CP) e atinge no ponto A um corpo opaco cuja superfície é parcialmente reflectora especular, com um coeficiente de reflexão especular uniforme igual a 0,6. A superfície apresenta cor azul e um coeficiente de reflexão difusa uniforme e igual a 0,2. O raio secundário de reflexão que parte do ponto A atinge uma esfera de cor verde que se comporta em relação à luz apenas como reflectora difusa com um coeficiente uniforme de 0,3. Considerando as fontes de luz existentes na cena como sendo de cor branca, determine:



- a) O número e tipo de raios secundários que são necessários para determinar a cor da quadrícula em questão.
- b) A cor da quadrícula.
- a) Como tanto o objecto e a esfera são opacos, não há lugar a considerar raios de transmissão. Por outro lado, como a esfera não reflecte especularmente, não há que considerar raios de reflexão. Assim, para o objecto é necessário considerar um raio de reflexão e dois raios de iluminação e, para a esfera, apenas dois raios de iluminação. Note-se que para dois destes raios de iluminação (um em relação ao objecto, outro em relação à esfera) não se realizam quaisquer cálculos de iluminação porque existe um objecto entre o ponto de origem do raio e a fonte de luz.
- b) A contribuição da esfera verde é o resultado de uma luz branca  $[1\ 1\ 1]$  incidindo sobre uma superfície verde  $[0\ 1\ 0]$  com um coeficiente de reflexão difusa  $[0,3\ 0,3\ 0,3]$ , ou seja  $[0\ 0,3\ 0]$ , que é depois reflectida especularmente afectada por um coeficiente de reflexão especular de 0,6, ou seja, contribui com  $[0\ 0,18\ 0]$  para a cor da quadrícula.

O corpo opaco, azul [0 0 1], reflecte difusamente a luz branca [1 1 1] segundo um coeficiente difuso de 0,2, ou seja, [0 0 0,2]. O corpo opaco reflecte também a fonte de luz branca [1 1 1] de forma especular com um coeficiente de reflexão de 0,6, do que resulta uma contribuição de [0,6 0,6 0,6]. Somando então estas contribuições, conclui-se que a cor da quadrícula será [0,6 0,78 0,8].

2. A geração de imagens pelo método da radiosidade pode ser realizada por colecção ou por dispersão das radiosidades. Explique o que entende por cada um destes conceitos e qual dos dois permite obter mais cedo imagens aproximadas mais próximas da imagem final. Justifique.

A colecção de radiosidades consiste em calcular a radiosidade de uma área da malha de cada vez, somando a contribuição das radiosidades das outras áreas que a atingem. Isto corresponde à solução do sistema de equações linha a linha. O resultado visível é a iluminação de uma área de cada vez. A dispersão da radiosidade corresponde a resolver o sistema de equações por coluna, distribuindo a radiosidade de uma área pelas restantes áreas que vão sendo simultaneamente iluminadas. Se as primeiras áreas cuja radiosidade é dispersa forem aquelas de maior radiosidade, a cena fica iluminada muito mais precocemente.

## IV

1. Considere que tem uma impressora de jacto de tinta a cores.
    - a) Qual o modelo de Cor que é usado tendo em conta os tinteiros disponibilizados?
    - b) Qual a relação entre esse modelo de Cor e o utilizado nas aulas de laboratório?
    - c) Justifique a necessidade da existência de um tinteiro contendo tinta preta.
- a) No caso de uma impressora de jacto de tinta é usado o modelo CMY que é um modelo substractivo.
- b) As cores CMY são as cores complementares do RGB usado nas aulas de laboratório.
- c) No modelo CMY a cor preta é obtida por adição de tinta, isto é por subtracção das 3 cores. No entanto a cor que se obtém não tem a qualidade pretendida e implica o gasto de 3 tinteiros. Assim as impressoras têm um tinteiro preto adicional.

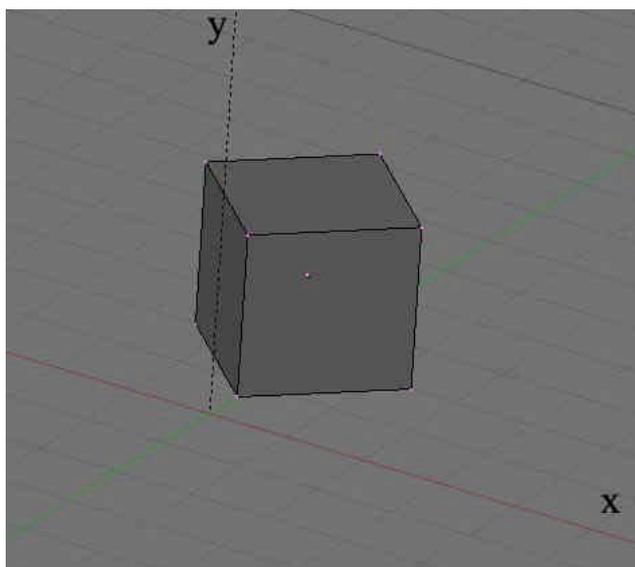
2. Qual dos dois segmentos de código seguintes permite alcançar a configuração expressa na seguinte imagem, onde o centro da base do cubo dista 2 unidades da origem do referencial ao longo do eixo ZZ?

**Código 1 (POV-Ray)**

```
box {
  <-0.5,-0.5,-0.5>, <0.5,0.5,0.5>
  translate <-0.5,-0.5,-0.5>
  scale <2,2,2>
  rotate <0,45,0>
  translate <0,1,2>
}
```

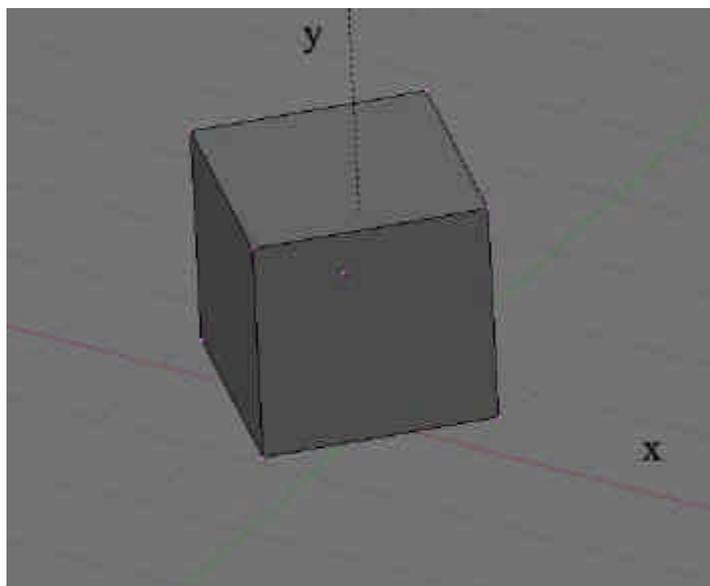
**Código 2 (VRML)**

```
Transform {
  children [
    Shape { geometry Box { size 1 1 1 } }
  ]
  translation -0.5 -0.5 -0.5
  scale 2 2 2
  rotation 0 1 0 0.785
  translation 0 1 -2
}
```



Justifique, descrevendo as configurações alcançadas em cada caso (use diagramas como auxílio).

No caso do código POV-Ray (código 1), a primeira translação aplicada desvia o cubo do centro do referencial provocando a seguinte (indesejada) posição:



O código VRML (código 2) permite alcançar a configuração pretendida pois num mesmo nó Transform, apenas uma transformação de cada tipo (Scale, Rotation, Translation) é aplicada aos nós filhos (e sempre pela mesma ordem). O valor que parametriza cada transformação é o (último, pois o anterior é substituído) valor definido no membro de mesmo nome. O mesmo não acontece no POV-Ray onde cada transformação expressa por uma linha de código corresponde a uma transformação per se, e todas as transformações são aplicadas pela ordem das linhas de código.

Analisando as duas situações por análise das transformações verifica-se que as coordenadas do centro da base são, em ambos os casos, [0 -0,5 0].

No POV-Ray (código 1), teremos

Translação -> [-0,5 -1 -0,5]  
 Escala -> [-1 -2 -1]  
 Rotação -> [0 -2 -sqrt(2)]  
 Translação -> [ [0 -1 2-sqrt(2)] <- Posição incorrecta

No VRML (código 2) só a última especificação de uma transformação é retida e a ordem é Escala -> Rotação -> Translação pelo que teremos:

Escala -> [0 -1 0]  
 Rotação -> [0 -1 0]  
 Translação -> [0 0 -2] <- Posição Correcta.

## V

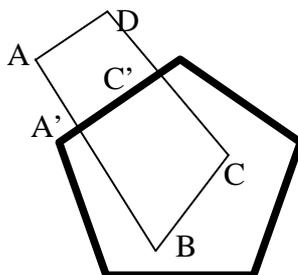
1. Exponha a(s) razão(ões) pela(s) qual(ais), em determinados tipos de aplicações gráficas, é necessário empregar o pipeline de visualização tridimensional em detrimento de quaisquer métodos de fotorealismo, dando um exemplo de um tal tipo de aplicações. Cite também 2 (dois) andares do pipeline, apresentando a sua função.

A geração de imagens por fotorealismo é relativamente pesada dado que não é possível eliminar a priori elementos da cena evitando que sejam tomados em conta pelos cálculos e requerem o emprego de modelos de iluminação sem simplificações. Logo, quando a rapidez na obtenção das imagens se sobrepõe à sua qualidade e realismo, como é o caso dos jogos, o pipeline de visualização tridimensional torna-se imprescindível pois permite obter estas imagens mais

rapidamente, especialmente se aos vários andares puderem ser processados em paralelo como é o caso de operações realizadas através do hardware de placas gráficas.

Como exemplos de andares poderemos citar os andares da câmara virtual, de recorte, de eliminação de invisíveis e de rasterização.

2. Aplique o algoritmo de Sutherland-Hodgman ao recorte do polígono ABCD, pelo Pentágono de recorte da figura, indicando o polígono (lista ordenada de vértices) que resulta da aplicação de cada uma das suas etapas.



Como só uma das arestas do pentágono de recorte (a superior esquerda) intersecta o polígono a recortar, só temos que processar a recta sobre a qual assenta essa aresta:

- A é exterior logo não se junta à lista de vértices
- AB: transição Exterior->Interior – Calcula-se a intersecção A' e adiciona-se à lista, assim como o vértice B (A'B)
- BC: transição Interior-> Interior - C é adiciona-se à lista (A'BC)
- CD: transição Interior -> Exterior – D é descartado. Calcula-se a intersecção C' e adiciona-se à lista: (A'BCC').
- DA: transição Exterior -> Exterior – Nada é adicionado à lista (A'BCC')

## VI

1. A discretização de segmentos de recta pode ser efectuada através do algoritmo de Incremental Básico, ou *Digital Differential Analyzer* (DDA). Considerando que o segmento de recta tem um declive entre 0 e 1, deduza a fórmula que permite o cálculo, incremental, do valor de Y de cada quadrícula. Quais as principais limitações deste algoritmo?

O algoritmo citado parte da equação da recta ( $Y=mX+b$ ) e determina o incremento que Y deverá ter quando X é incrementado de uma unidade. Assim teremos:

$$Y_{i+1}=mX_{i+1}+b; \quad Y_{i+1}=m(X_i+DX)+b; \quad Y_{i+1}=(m X_i +b)+mDX;$$

$$Y_{i+1}=Y_i+mDX; \quad \text{Como } DX=1 \Rightarrow Y_{i+1}=\text{Round}(Y_i+m)$$

O algoritmo tem como principais limitações o emprego de aritmética de vírgula flutuante que o torna lento e também a acumulação de erros devido às sucessivas adições efectuadas.

2. Considere que é o dono de uma empresa de produção de jogos 3D por computador, multiplataforma a qual está tentar sobreviver no mercado internacional. Um potencial novo parceiro propõem que a sua empresa desenvolva um núcleo gráfico que permita a remoção de elementos ocultos não utilizando Z Buffer e a aplicar a cenas com poucos milhares de facetas. Infelizmente o potencial parceiro não está disposto a assumir qualquer risco. Qual das seguintes opções seguiria, justificando:
  - a) Como o número de polígonos é baixo e não é possível usar o Z-buffer optaria por implementar um algoritmo de ordenamento.
  - b) Como o número de polígonos é baixo e não é possível usar o Z-buffer optaria por implementar um algoritmo de Scan-Line.

Nenhuma das resposta está correcta porque a premissa de que partem (número reduzido de polígonos) é falsa dado que a qualidade visual actualmente exigida em jogos implica que esse número seja sempre elevado.

Numa perspectiva não técnica, num negócio em que o potencial parceiro não assume qualquer risco e apresenta um cenário pouco realista (nº baixo de polígonos) a alternativa seria consultar o Director de I&D o qual responderia com uma das duas opções, após consultar o livro do Foley & vanDam. Se pretendesse contribuir para a falência da sua empresa seguiria esse conselho técnico!

**Cotação do 2º Exame**

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>Total</b>
<b>1.</b>	1,5	1	2	1,5	1,5	2	
<b>2.</b>	1	1	1,5	2	1,5	1,5	
<b>3.</b>	1	1					
<b>Total</b>	<b>3,5</b>	<b>3</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3</b>	<b>3,5</b>	<b>20 Valores</b>