



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Licenciatura em Engenharia Informática

Computação Gráfica

Relatório Fase 3

A79495 João Ferreira
A104451 Miguel Barbosa
A80949 Paulo Filipe R. Cruz

Índice

1	1 - Fase 3 — Curvas, Superfícies Cúbicas e VBOs	ii
1.1	Introdução	ii
2	2 - Patches de Bézier (Generator)	iii
2.1	Decisão de projeto	iii
2.2	Algoritmo de tesselação	iii
3	3 - Extensões do Engine para Animações em Curvas	iv
3.1	Novos tipos de transformações	iv
3.2	Parsing do XML	iv
4	4 – Curvas de Catmull–Rom e Alinhamento	v
4.1	Equação Paramétrica	v
4.2	Alinhamento do Objeto	v
5	5 - Integração de VBOs	vi
6	6 - Desafios e Soluções	vii
7	7 - Resultados e Discussão	viii
8	8 - Conclusão	ix

1 - Fase 3 — Curvas, Superfícies Cúbicas e VBOs

1.1 Introdução

Nesta fase, estendemos o generator para suportar **patches de Bézier**, criando superfícies cúbicas a partir de pontos de controlo, e atualizamos o motor 3D para:

- Animações baseadas em **curvas de Catmull–Rom** (translação em função do tempo);
- Rotação em função do tempo (360° em T segundos);
- Alinhamento de objetos à tangente da curva;
- Renderização com **Vertex Buffer Objects (VBOs)**.

O objetivo foi demonstrar superfícies dinâmicas e animações na scene.

2 - Patches de Bézier (Generator)

2.1 Decisão de projeto

Usar a ordem cúbica para definir a superfície do teapot a partir de um ficheiro de pontos de controlo.

Entrada: ficheiro `.patch` com coordenadas dos 16 pontos de controlo de cada patch.

Parâmetros: nível de tesselação t (ex.: 10 subdivisões).

Saída: ficheiro `.3d` contendo uma lista de triângulos.

2.2 Algoritmo de tesselação

Para cada patch:

1. Para $u, v \in [0, 1]$ com passo $1/t$, avaliar a superfície: onde $B_i(t)$ são os polinômios de Bernstein de grau 3.
2. Triangularizar a malha em pequenos quadriláteros divididos em dois triângulos.

3 - Extensões do Engine para Animações em Curvas

3.1 Novos tipos de transformações

- `TRANSLATE_PATH`: define um conjunto de pontos e um atributo `time="T"` com `align="Bool"`.
- `ROTATE_TIME`: rotação contínua de 360° em T segundos.

3.2 Parsing do XML

- Reconhecer os atributos `time` e `align` em `<translate>` para curvas.
- Montar uma estrutura interna (`vector path`) com pontos de controlo.
- Em `<rotate>`, criar transformações em função do tempo sempre que existir o atributo `time`.

4 – Curvas de Catmull–Rom e Alinhamento

4.1 Equação Paramétrica

Para quatro pontos P_0, P_1, P_2, P_3 e parâmetro $t \in [0, 1]$, podemos definir:

$$\mathbf{pos}(t) = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} t^3 & t^2 & t & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 2 & -5 & 4 & -1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{pmatrix}, \quad (4.1)$$

$$\mathbf{der}(t) = \frac{d}{dt} \mathbf{pos}(t). \quad (4.2)$$

4.2 Alinhamento do Objeto

1. Calcular a derivada $\mathbf{der}(t)$ e normalizar:

$$Z = \frac{\mathbf{der}(t)}{\|\mathbf{der}(t)\|}.$$

2. Definir o eixo $Y = (0, 1, 0)$ e construir

$$X = Y \times Z, \quad Y' = Z \times X.$$

3. Criar a matriz de orientação:

$$R = \begin{pmatrix} X_x & Y'_x & Z_x & 0 \\ X_y & Y'_y & Z_y & 0 \\ X_z & Y'_z & Z_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

5 - Integração de VBOs

- **Motivação:** substituir modo imediato por VBO por questões de performance.

- **Pipeline:**

1. `loadModelFile()`: lê vértices de .3d.
2. `glGenBuffers`, `glBindBuffer`, `glBufferData` para criar VBO.
3. `glVertexPointer` + `glDrawArrays` em `renderModel()`.

6 - Desafios e Soluções

Problema	Causa	Solução
Janela ignorava XML	<code>glutInitWindowSize</code> invocado antes de <code>parseXML</code>	Isolar o parsing
Linha de trajetória herdava rotação de Y	Transformação no nodo pai afetava toda a subárvore	Usar <code>glPushMatrix</code>

7 - Resultados e Discussão

O teapot segue exatamente a curva de Catmull–Rom, alinhado à tangente. O desempenho mantém-se estável mesmo com tesselação 10×10 , uma vez que são usadas VBOs.

8 - Conclusão

Implementámos com sucesso patches de Bézier e animações baseadas em caminhos, adicionámos rotações em função dotempo e VBOs. O nosso Engine está agora apto a criar scenes dinâmicas e complexas, servindo assim de uma boa base para a implementação de iluminação e texturas da Fase 4.