

# Estudo de Caso do Modelo *Fake Fur Rendering*

Hemir C. Santiago  
CIn/UFPE

Marcelo Walter  
CIn/UFPE



Figure 1: Imagem-exemplo de um cão da raça Dachshund com pêlos renderizados pela técnica *Fake Fur Rendering*

## Abstract

Usualmente aplicações em tempo real como jogos ainda não possuem o mesmo grau de realismo possível em aplicações onde o rendering é efetuado *offline*, como filmes e renderizações de alta qualidade. Alguns fenômenos do mundo natural ainda apresentam um custo computacional elevado para utilizações em tempo real. Dentre estes podemos citar a renderização de pêlos, que é tipicamente resolvida pela modelagem força bruta, ou seja, milhares de primitivas geométricas que simulam os fios individuais, com um custo computacional considerável. Para alguns casos, entretanto, a escala dos fios é menor do que a própria escala dos pixels, tornando a abordagem força bruta ainda mais ineficiente. Este trabalho realiza de forma eficiente a implementação do algoritmo proposto no artigo *Fake Fur Rendering* que realiza a renderização de pelagens ralas de animais utilizando um modelo estatístico para cálculo das propriedades de iluminação. Um modelo assim desenvolvido tem aplicações genéricas para incremento do realismo de imagens renderizadas, com um custo consideravelmente mais baixo do que o método força bruta. Para validação da implementação apresentamos um estudo de caso de renderização de cachorros da raça *Dachshund*.

**Keywords:** fake fur, rendering, shadows, lighting

**Author's Contact:**

{hcs2,marcelow}@cin.ufpe.br

## 1 Introdução

Este trabalho é um estudo de caso do modelo de renderização de pêlos descrito no artigo *Fake Fur Rendering* [Goldman 1997]. Particularmente é simulada a pelagem de cães da raça *Dachshund*. No artigo mencionado, um modelo de iluminação probabilístico para pelagens ralas sobre pele é apresentado. Métodos anteriores têm tratado a renderização de pêlos em nível de pixel. Contudo, uma enorme quantidade de casos do mundo real, onde fios de pêlo são muito menores do que o tamanho de um pixel, pode ser renderizada utilizando um modelo probabilístico para um valor esperado de luz refletida dentro de uma pequena área de superfície. Sob a premissa de que parâmetros de pêlo variam lentamente ao longo da pele, cálculos de iluminação são realizados em um fio de pêlo, tido como referência, com parâmetros específicos. As luzes refletidas de fios individuais e da pele sob o pêlo são misturadas assumindo que um raio de luz atinge o fio de referência localizado na área onde o modelo está sendo aplicado, aqui a opacidade da pelagem rala

também é considerada. Aproximações para sombras de pêlo sobre pêlo e pêlo sobre pele são calculadas usando o mesmo modelo de "raio de luz atingindo o fio de referência" mencionado previamente. O sistema aqui descrito e utilizado neste estudo de caso, pode ser implementado em software comerciais de renderização já existentes com um custo computacional abaixo dos métodos típicos de simulação de pêlos.



Figure 2: Imagem do filme *101 Dálmatas*

## 2 Trabalhos Relacionados

A maioria dos métodos para renderizar pêlos têm utilizado a força bruta, representando fios de pêlos com um grande número de polígonos ou partículas. As primeiras desvantagens desses tipos de métodos são o serrilhado acentuado e/ou o alto custo computacional que, em alguns algoritmos, aumenta gradativamente à medida que o objeto diminui de tamanho na tela.

Kajiya [Kajiya and Kay 1989] implementou a iluminação e renderização de pêlos usando uma técnica volumétrica, onde realiza o pré-processamento do volume de um "texel" que é distribuído na superfície de pelagem. A geometria do fio de pêlo é rasterizada neste texel, e a renderização final é alcançada utilizando a renderização do volume. Esta técnica serve bem para superfícies de pelagens uniformes que podem ser cobertas com um pequeno número de texels. Outros métodos evitam texels em prol do procedimento de geração de pêlo. Infelizmente, estes são alguns dos métodos de maior intensidade computacional disponíveis. Muitos modelos de iluminação para superfícies complexas utilizam uma aproximação probabilística para micro-estrutura. Trabalhos recentes têm estendido este paradigma para superfícies mais complexas através da descrição de um método geral para estimação da função de distribuição de reflexão bi-direcional (*bidirectional reflectance distribution function* - BRDF) via amostragem de Monte Carlo e parametrização usando *spherical harmonics*. Este método é bem aplicado para superfícies complexas (mas padronizadas uniformemente). Atualmente, têm sido desenvolvido um bom número de renderizadores de pêlo proprietários, mas publicações detalhadas são raras.

### 3 Fake Fur Rendering

O modelo probabilístico objeto deste estudo de caso é chamado algoritmo 'fakefur' para distingui-lo do método proprietário com alto nível de detalhes conhecido por algoritmo 'realfur'. Apesar da nomenclatura, ambos os métodos são aproximações em vários graus da aparência do pêlo real de mamíferos.

É importante ressaltar que o objetivo do método aqui descrito é renderizar criaturas para serem utilizadas em filmes ou games, para este estudo de caso são utilizados nas simulações cães da raça Dachshund.

#### 3.1 Parâmetros

A geometria do pêlo de referência em uma superfície é parametrizada pela definição de comprimento do fio, densidade dos pêlos, raios da base e do topo, e vetores tangentes na raiz e no topo do fio. O nível de refletância dos pêlos individuais é parametrizado por componente de reflexão difusa, componente de reflexão especular, expoente especular e alguns fatores de direção para controle de refletância/transmissividade.

#### 3.2 Algoritmo passo-a-passo

1. Computa-se a geometria média do pêlo em uma região (pêlo referência).
2. Para cada ponto de luz (direcional), computa-se em cada vértice:
  - (a) Atenuação da sombra pêlo sobre pêlo
  - (b) Luminância refletida do pêlo referência (médio) na região
  - (c) Fator de sombra pêlo sobre pele
  - (d) Luminância refletida da pele
  - (e) Taxa de visibilidade pêlo/pele
  - (f) Luminância refletida final = luminância refletida da pele e do pêlo + taxa de visibilidade
3. Luminância refletida total para a região = Soma da luminância refletida para cada fonte de luz

Passo 1:  $A_h = [l(r_b + r_t)]/2$

onde:

$l$ : comprimento do pêlo

$r_b$ : raio da base do pêlo

$r_t$ : raio do topo do pêlo



Figure 3: Geometria do pêlo

Passo 2:

$$(a) \lambda_{hair} = I[1 - s\alpha f(L)]\psi_{skin}$$

onde:

$I$ : constante que indica a intensidade

$s$ : constante de ajuste da densidade das sombras de pêlo sobre pêlo

$L$ : vetor de localização da fonte de iluminação

$$\alpha f = 1 - [1 - (DA_h g(\bar{E}, \bar{T}, \bar{N})/n_i)]^{n_i}$$

onde:

$D$ : parâmetro que indica a densidade dos pêlos

$n_i$ : parâmetro que indica o número de fios de pêlo

$E$ : vetor de posição do observador

$N$ : vetor normal

$T$ : vetor que indica a tangente

$$g(\bar{E}, \bar{T}, \bar{N}) = \text{sen}(\bar{E}, \bar{T})/\bar{E} \cdot \bar{N}$$

$$(b) \psi_{hair} = f_{dir} f_{surface} (\psi_{diffuse} + \psi_{specular})$$

onde:

$f_{surface}$ : fator normal da superfície

$$f_{dir} = [(1 + k)/2 * p_{reflect}] + [(1 - k)/2 * p_{transmit}]$$

onde:

$p_{reflect}$ : parâmetro de grau de refletância

$p_{transmit}$ : parâmetro de grau de transmissividade

$$k = \cos(\bar{T} \times \bar{L}, \bar{T} \times \bar{E}) = (\bar{T} \times \bar{L}) \cdot (\bar{T} \times \bar{E}) / |\bar{T} \times \bar{L}| |\bar{T} \times \bar{E}|$$

$$\psi_{diffuse} = K_d \text{sen}(\bar{T} \times \bar{L})$$

onde:

$K_d$ : coeficiente de difusidade

$$\psi_{specular} = K_s [(\bar{T} \times \bar{L})(\bar{T} \times \bar{E}) + \text{sen}(\bar{T} \times \bar{L}) \text{sen}(\bar{T} \times \bar{E})]^p$$

onde:

$K_s$ : coeficiente de especularidade

$p$ : coeficiente especular

$$(c) \lambda_{skin} = I[1 - \alpha f(L)]\psi_{skin}$$

onde:

$$\psi_{skin} = K_{dskin} * RGB(d)$$

onde:

$K_{dskin}$ : coeficiente de difusidade da pele

$RGB$ : cor da pele

$$(e) \lambda = \alpha f(\bar{E})\lambda_{hair} + [1 - s\alpha f(\bar{E})]\lambda_{skin}$$

### 4 Resultados

Para simulação e análise dos resultados, foram utilizados arquivos de extensão .obj que descrevem os vértices, vetores normais e faces que permitem a modelagem do objeto. Para este estudo de caso, foram utilizadas como referência do mundo real imagens de cães da raça Dachshund.

As transformações de rotação e translação, nos planos X, Y e Z, foram implementadas e podem ser realizadas em tempo real, interagindo com o mouse, permitindo uma melhor análise dos resultados obtidos. As funções de Iluminação e Opacidade descritas no artigo Fake Fur Rendering (e mostradas na sessão anterior) também foram implementadas devidamente.

A linguagem de programação utilizada foi C e para a parte gráfica foi utilizado OpenGL. [Dave Shreiner and Davis 2005]

Na tabela a seguir encontram-se os valores utilizados para: geometria média do pêlo referência, número de fios, densidade local do pêlos, posição da fonte de luz, posição do observador, vetor tangente, luz ambiente, luz difusa, luz especular, coeficiente de difusidade do pêlo ( $K_d$ ), coeficiente de especularidade do pêlo ( $K_s$ ) e coeficiente de difusidade da pele ( $K_{dskin}$ ).

Os resultados das simulações podem ser vistos nas figuras localizadas no final deste artigo.

Table 1: Parâmetros utilizados em todas as simulações.

Geometria do pêlo	Número de Fios	Densidade Local
0.15	100.0	1.0
Fonte de Luz	Observador	Tangente
L1=L2=L3=1.0	E1=E2=1.0, E3=-45.0	T1=T2=1.0, T3=3.0
Luz Ambiente	Luz Difusa	Luz Especular
R=0.3, G=0.3, B=0.3	R=0.3, G=0.3, B=0.3	R=1.0, G=1.0, B=1.0
$K_d$	$K_s$	$K_{dskin}$
0.5	0.5	1.0



(a) Dachshund Real



(b) Resultado com FakeFur

**Figure 4:** Cor do pêlo:  $R=209$   $G=146$   $B=117$ ; Cor da pele:  $R=255$   $G=182$   $B=193$



(a) Dachshund Real



(a) Dachshund Real



(b) Resultado com FakeFur



(b) Resultado com FakeFur

**Figure 5:** Cor do pêlo:  $R=218$   $G=165$   $B=32$ ; Cor da pele:  $R=255$   $G=140$   $B=0$

## 5 Conclusões

Observando os resultados obtidos, o modelo mostrou que pode ser bem aplicado em animais com pelagem similar ao *Dachshund*, podendo ser uma boa alternativa ao *Real Fur*. Contudo, o modelo possui um número grande de parâmetros, sendo muitos deles ajustados por tentativa e erro.

Um estudo mais aprofundado do modelo e das técnicas de iluminação e opacidade deve fornecer resultados ainda melhores.

## References

- DAVE SHREINER, MASON WOO, J. N., AND DAVIS, T. 2005. *OpenGL Programming Guide Fifth Edition*. Addison Wesley.
- GOLDMAN, D. B. 1997. Fake fur rendering. In *Proceedings of SIGGRAPH 97*, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, 127–134.

**Figure 6:** Cor do pêlo:  $R=244$   $G=164$   $B=96$ ; Cor da pele:  $R=255$   $G=182$   $B=193$

KAJIYA, J. T., AND KAY, T. L. 1989. Rendering fur with three dimensional textures. In *Proceedings of SIGGRAPH 89*, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, 271–280.