HDR em Jogos

Alessandro Ribeiro da Silva

asilva@dcc.ufmg.br

Wallace Santos Lages

wsl@dcc.ufmg.br

Sumário

- A Indústria de Jogos
- O Sistema Visual Humano
- Formatos de imagens HDR
- Algoritmos de tone mapping
- Conclusões

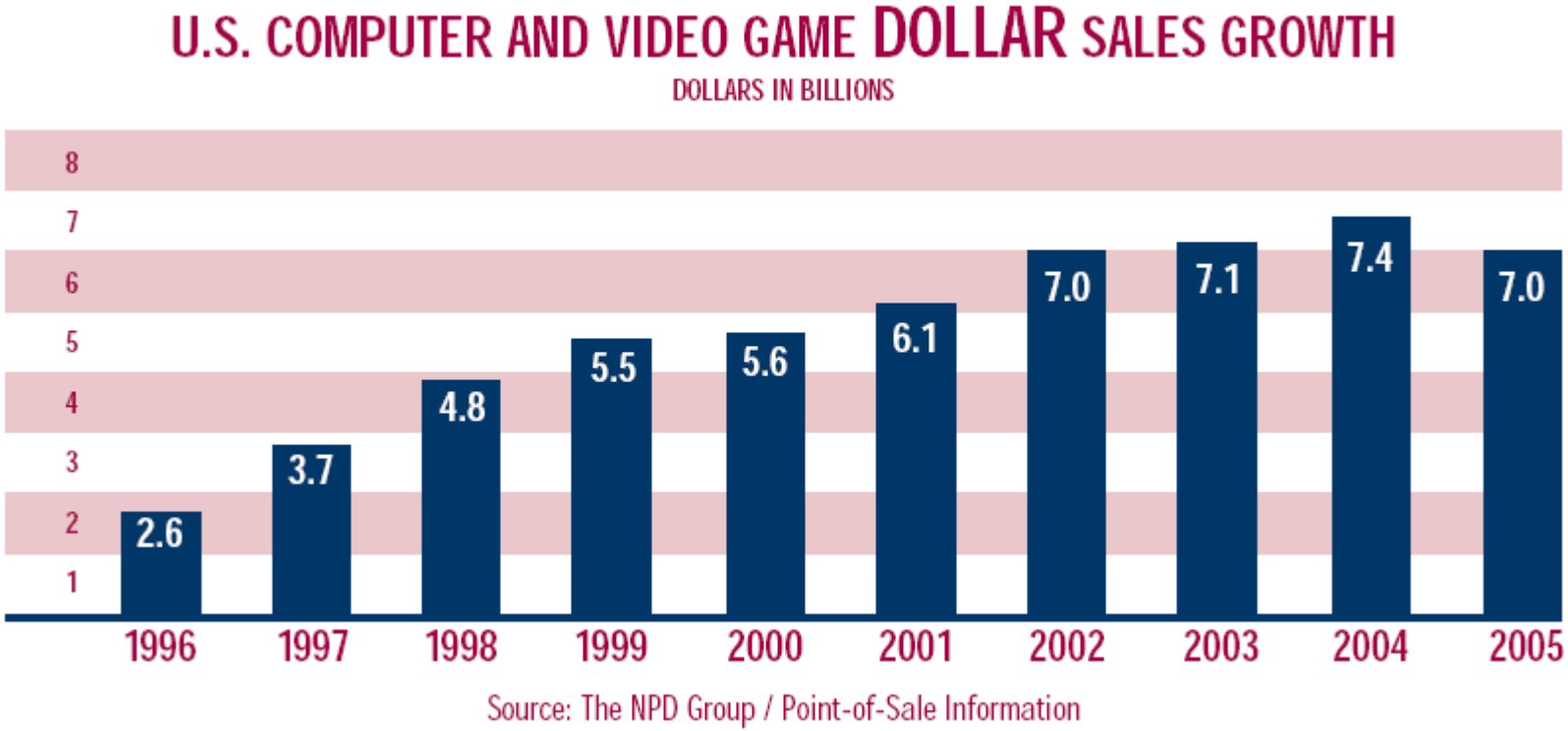
A indústria

Fatos*:

- Idade média do jogador americano: 33 anos
- 69% dos chefes de família jogam jogos
- 38% são mulheres

*Entertainment Software Association, 2006

A indústria

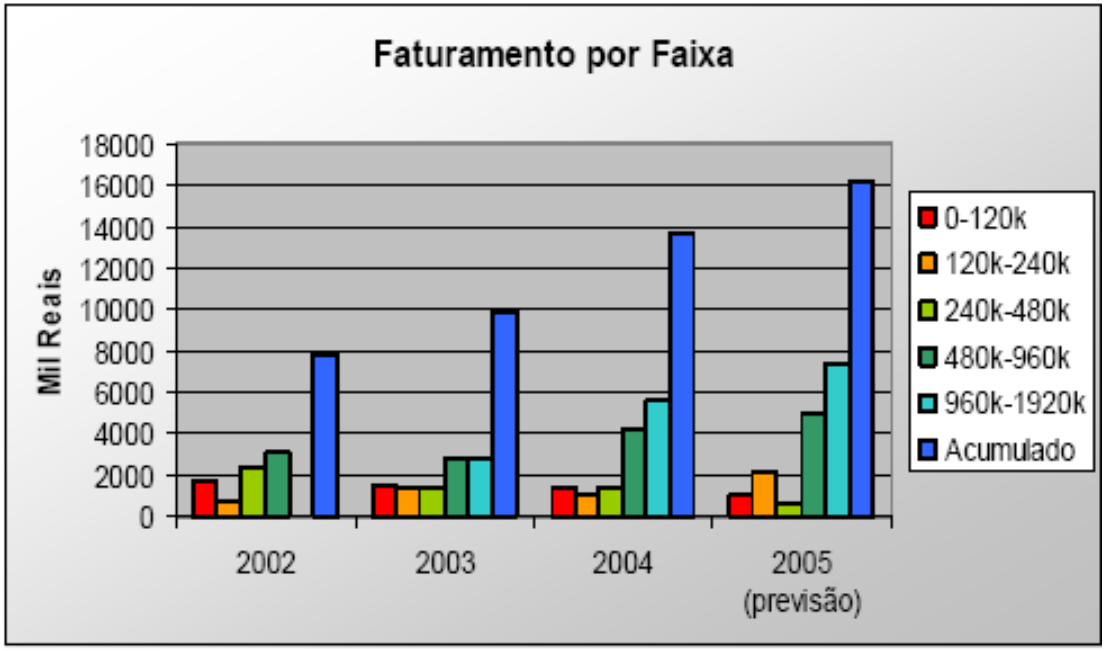

U.S. COMPUTER AND VIDEO GAME DOLLAR SALES GROWTH
DOLLARS IN BILLIONS
8
7
6
5
4
3
2
1
2.6
3.7
4.8
5.5
5.6
6.1
7.0
7.1
7.4
7.0
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
Source: The NPD Group / Point-of-Sale Information

No Brasil ?

Estimado em torno de 100 milhões de reais

Prejuízos de pirataria estimados em 94%

(IDG Consulting)

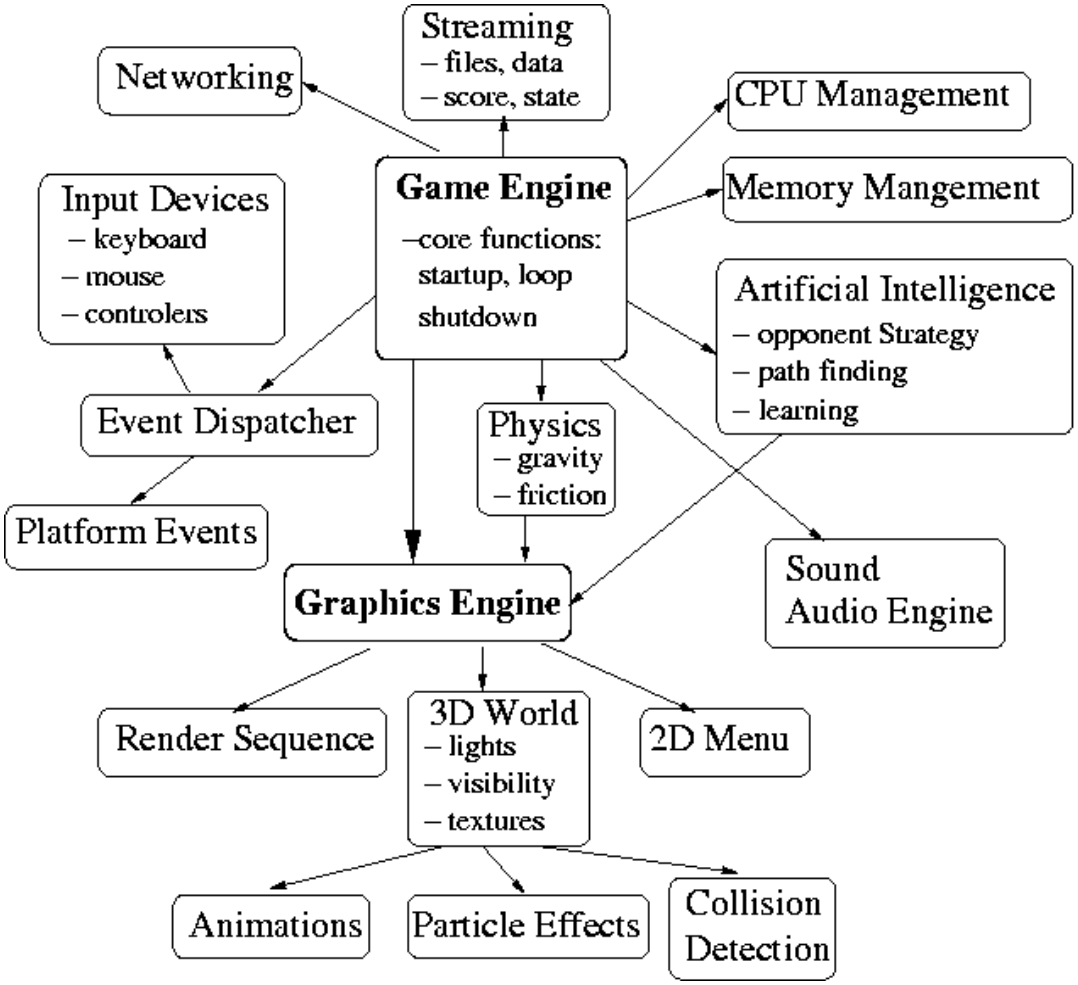


A Indústria de Desenvolvimento de Jogos Eletrônicos no Brasil Abragames-2005

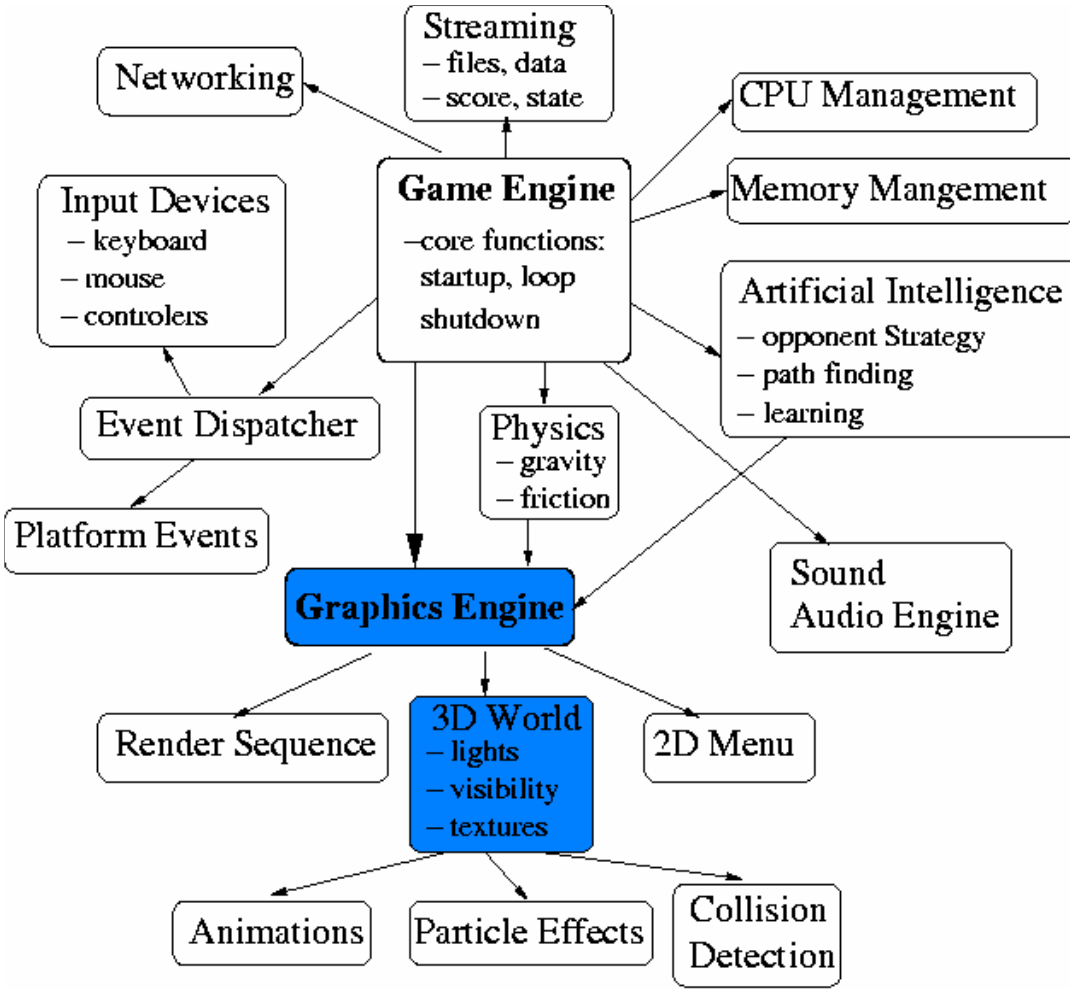
Complexidade

- Computação Gráfica
- Redes
- Simulação física
- Inteligência Artificial

Por dentro do jogo



Por dentro do jogo

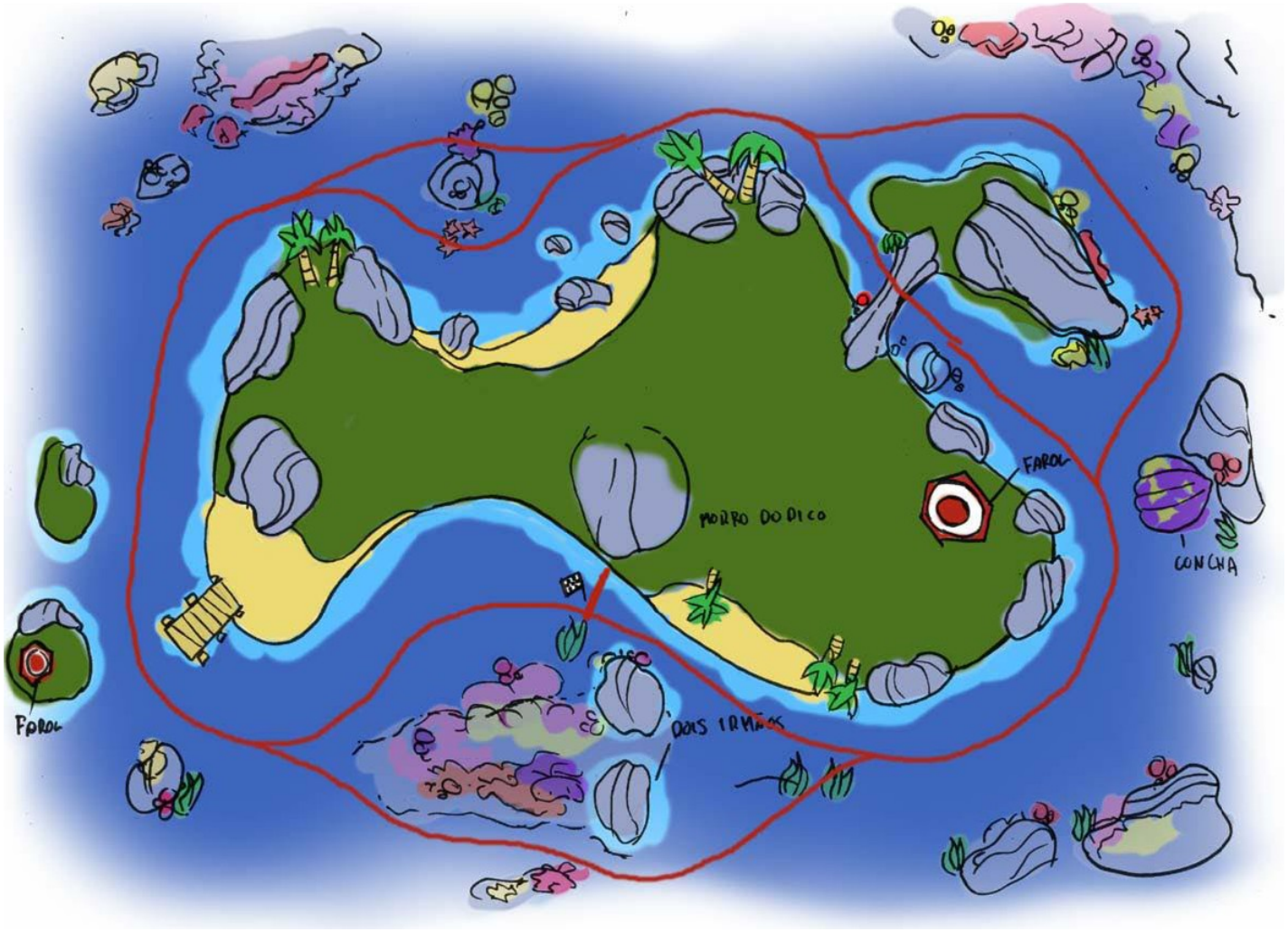


Produção

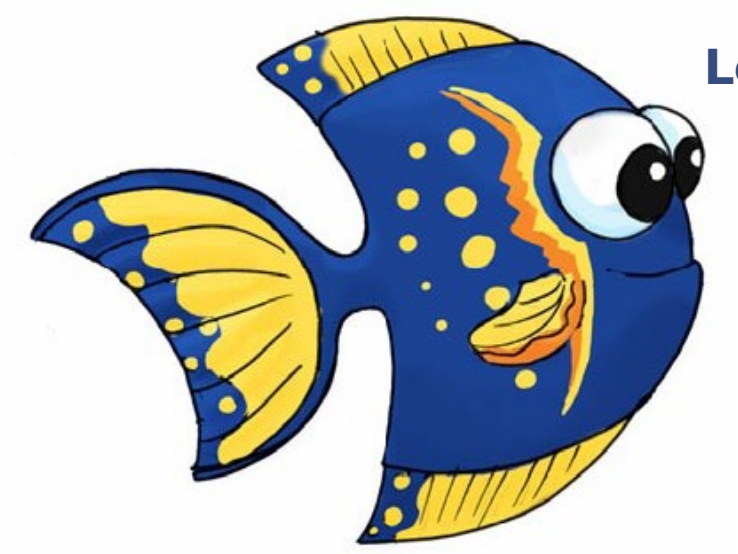
Peixis!

A disputa subaquática!

Fernando de Noronha



Personagens

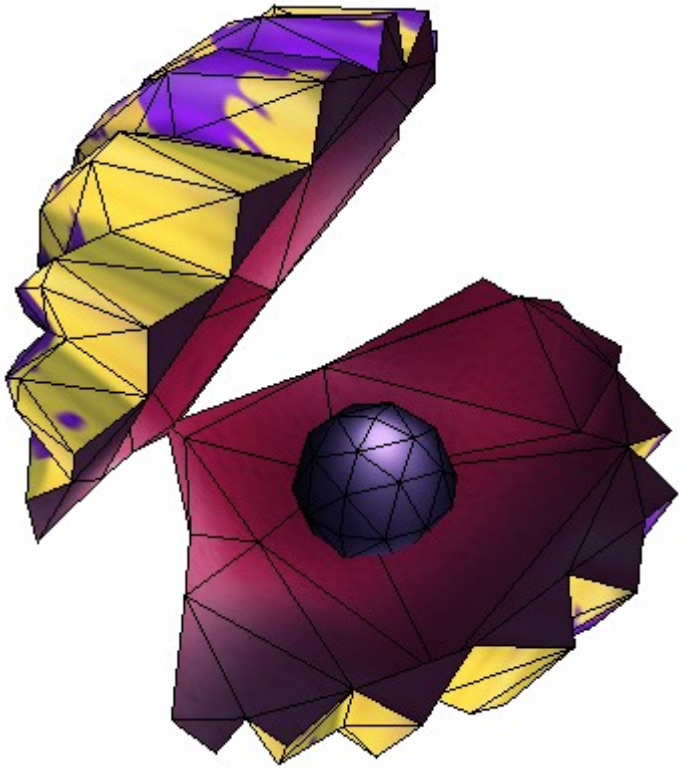


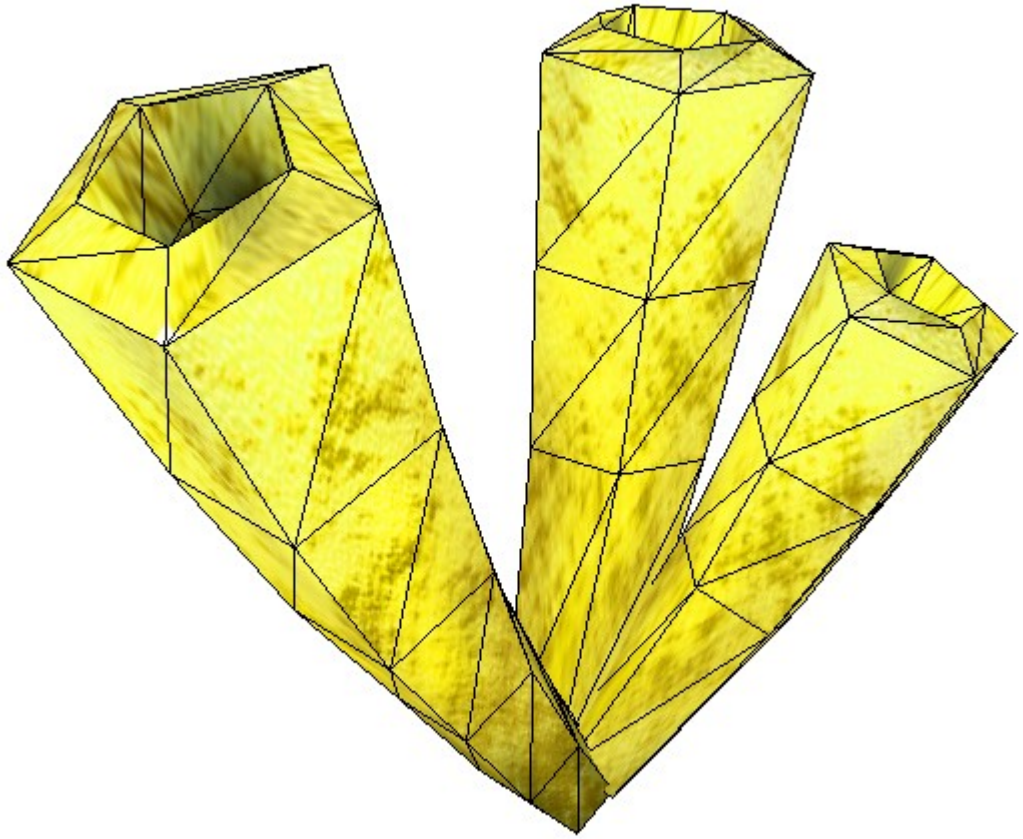
Leo Torpedo

Peixis!

A disputa subaquática!

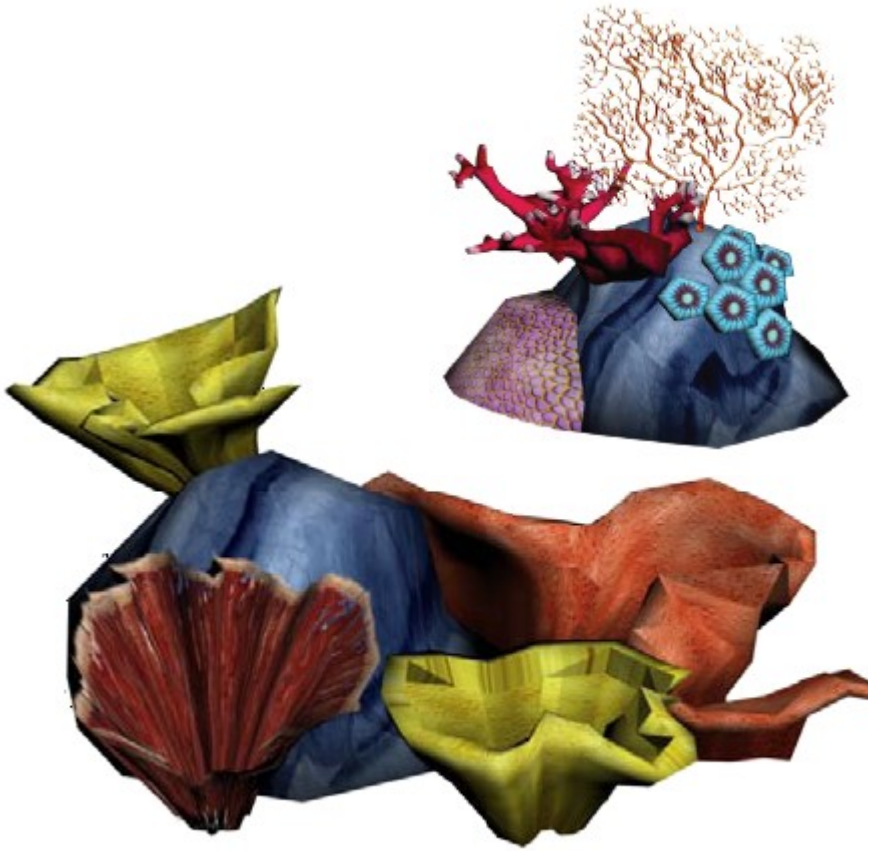
Objetos





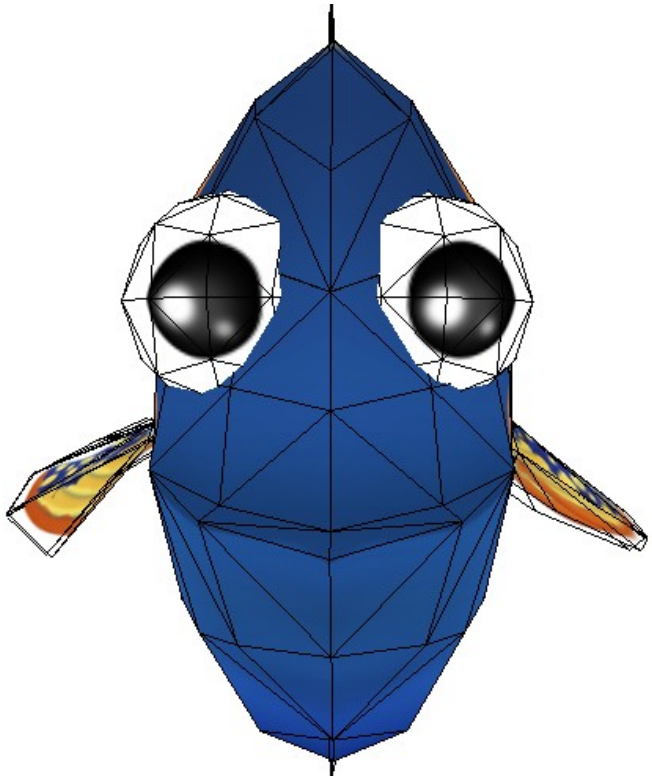
Peixis!
A disputa subaquática!

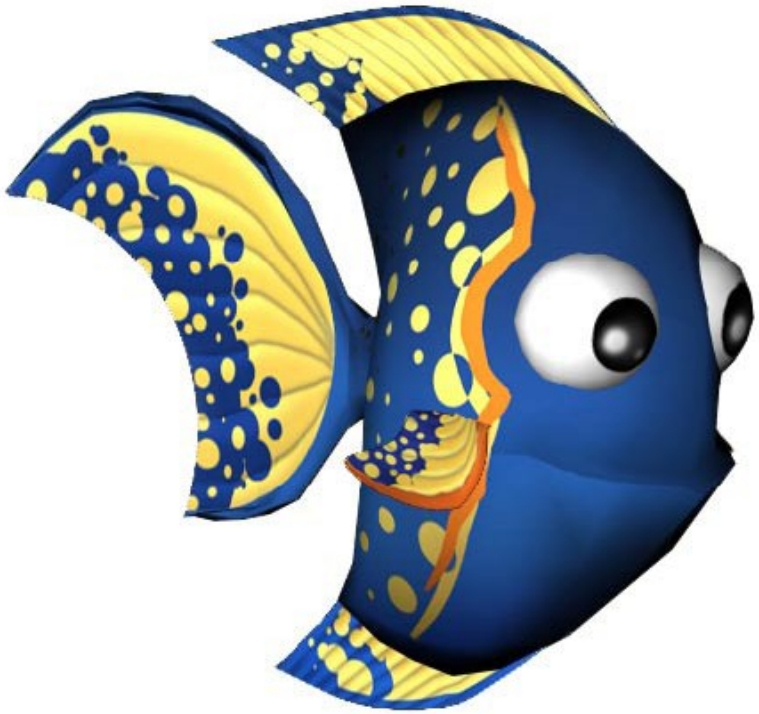
Corais



Peixis!
A disputa subaquática!

Leo Torpedo



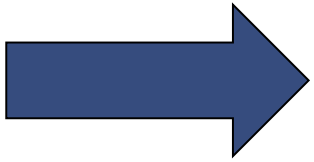


Resultado Final

Resultado Final

Desafio

- Representar adequadamente a impressão da cena desejada



Nem sempre o fisicamente correto é percebido como correto!

Desafio

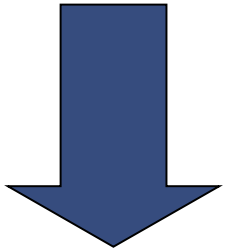
- Um bom sistema de reprodução deveria ser capaz de reproduzir cenas escuras e cenas brilhantes.

- Entretanto isso é difícil:
  - Os dispositivos de saída são lineares e possuem um alcance dinâmico pequeno.
  - O sistema visual humano possui peculiaridades

Exemplo

- Murmúrio vs show de rock.
  - A diferença de 10,000,000,000 =100 dB
- noite sem lua vs dia claro
  - Diferença de 1:1,000,000 ou 90dB

Idéia



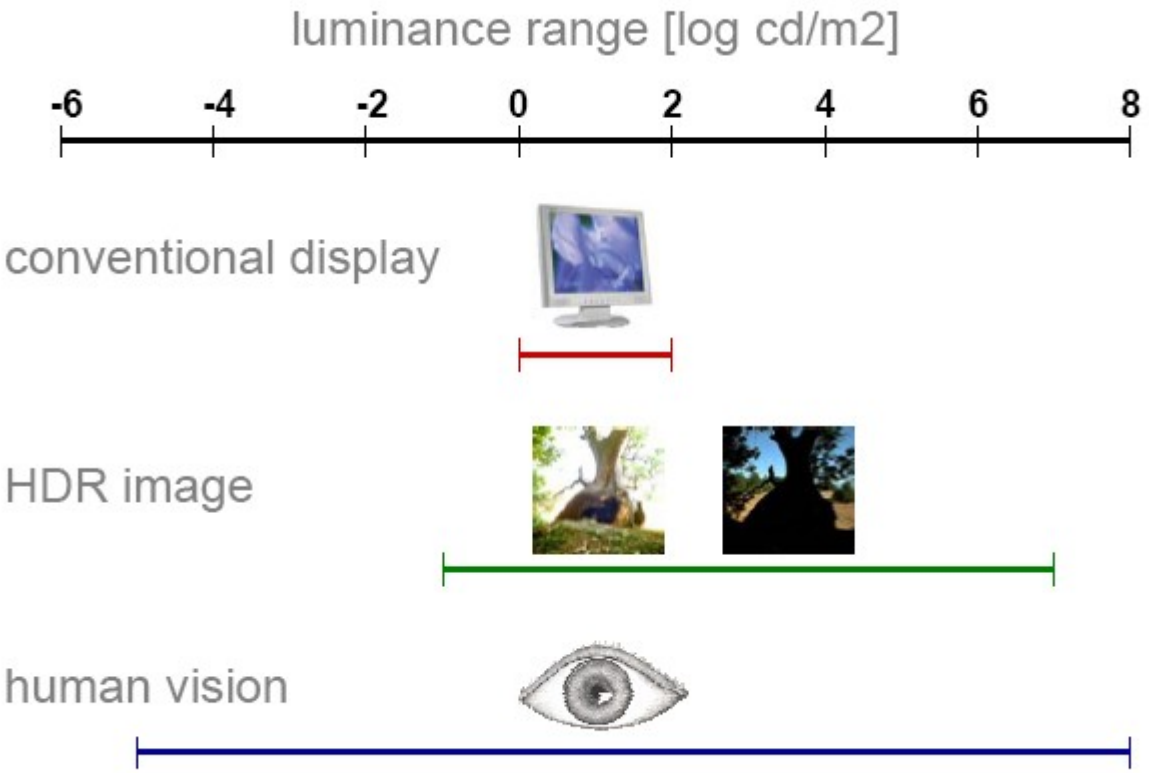
Representar os valores de intensidade medidos ou sintéticos de maneira absoluta ao invés de uma razão da maior intensidade possível.

High Dynamic Range

- Técnicas para obtenção e exibição de imagens com alto alcance dinâmico.

- Alcance dinâmico: Razão entre o menor e o maior valor possíveis de uma grandeza

Luminâncias reproduzidas



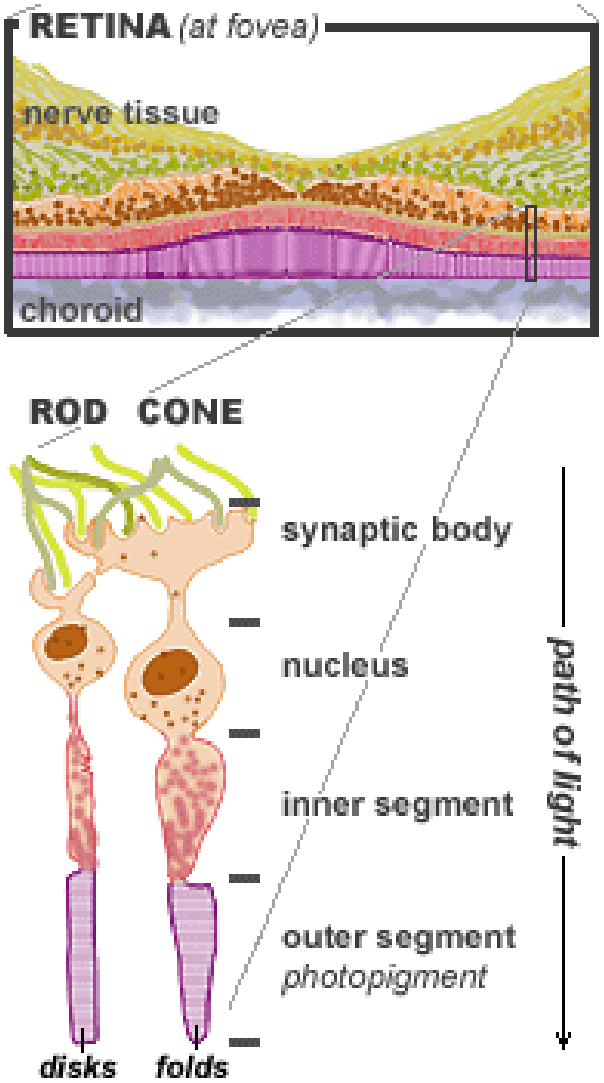
De: A computational model of lightness perception for HDR Imaging
Krawczyk et Al.

Codificando imagens HDR

- Imagens HDR -> scene-referred
  - Luminâncias do mundo real

- Imagens convencionais -> device referred
  - Cores que devem ser reproduzidas no monitor

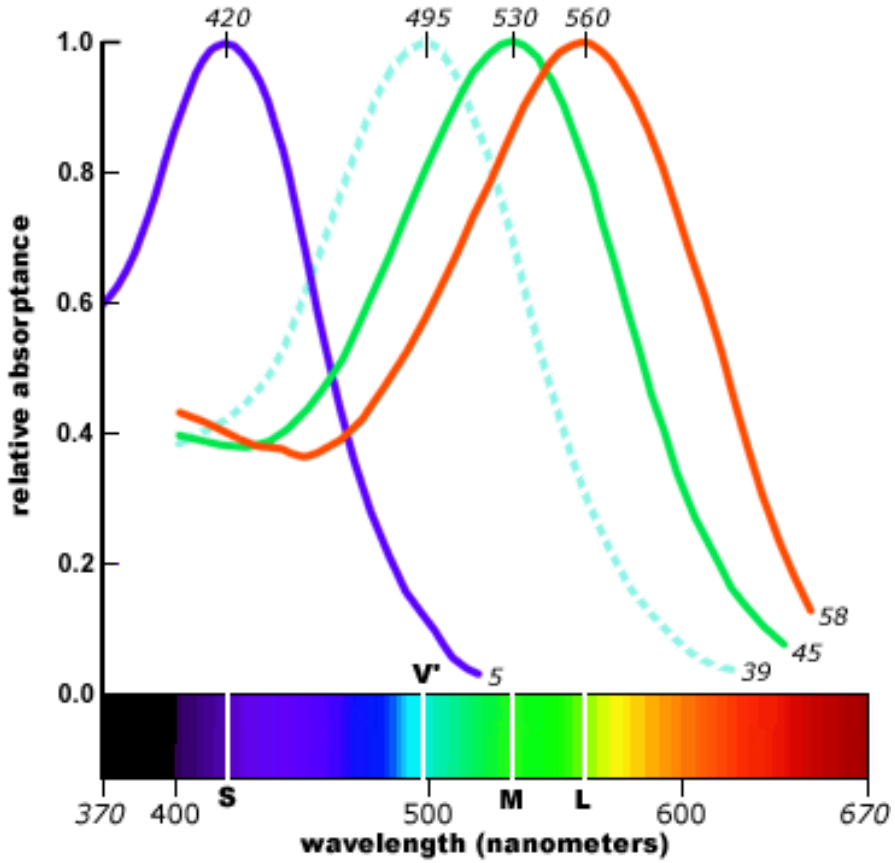
O Sistema Visual Humano



- Quatro tipos de células principais
  - Três tipos de cones e 1 bastonete
  - 100 milhões bastonetes
  - 6 milhões de cones

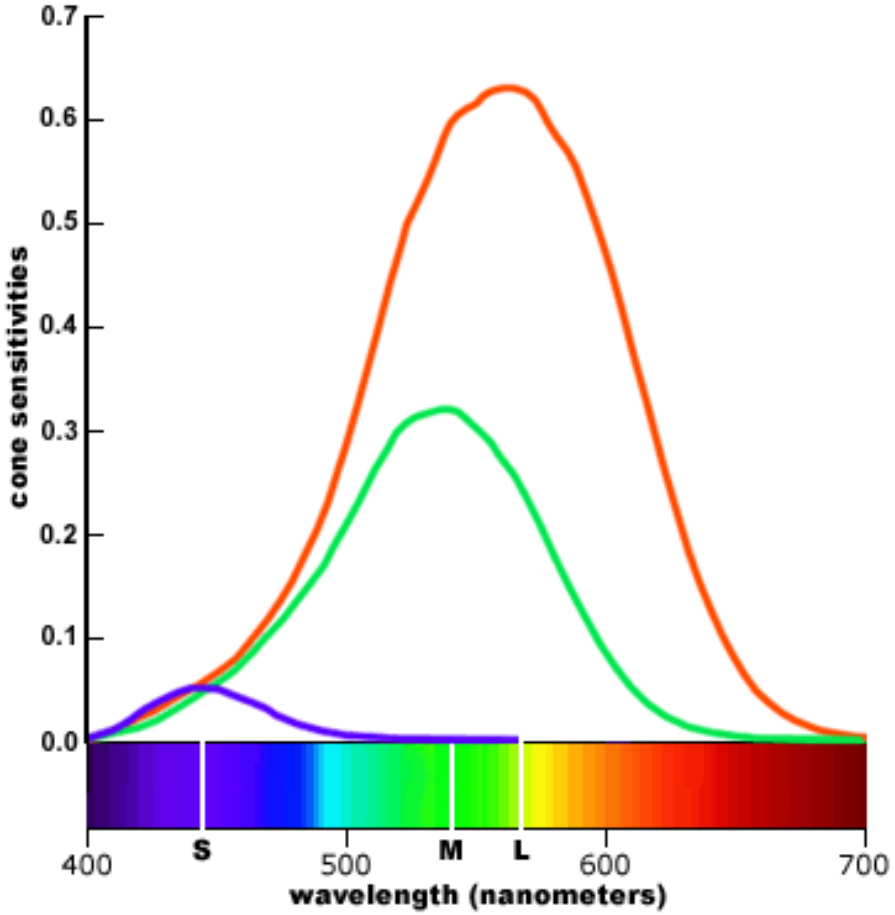
http://www.handprint.com

Curva de eficiência



Curvas de eficiência normalizada dos foto-pigmentos
De: Dartnall, Bowmaker & Mollon (1983)0

Curva de eficiência



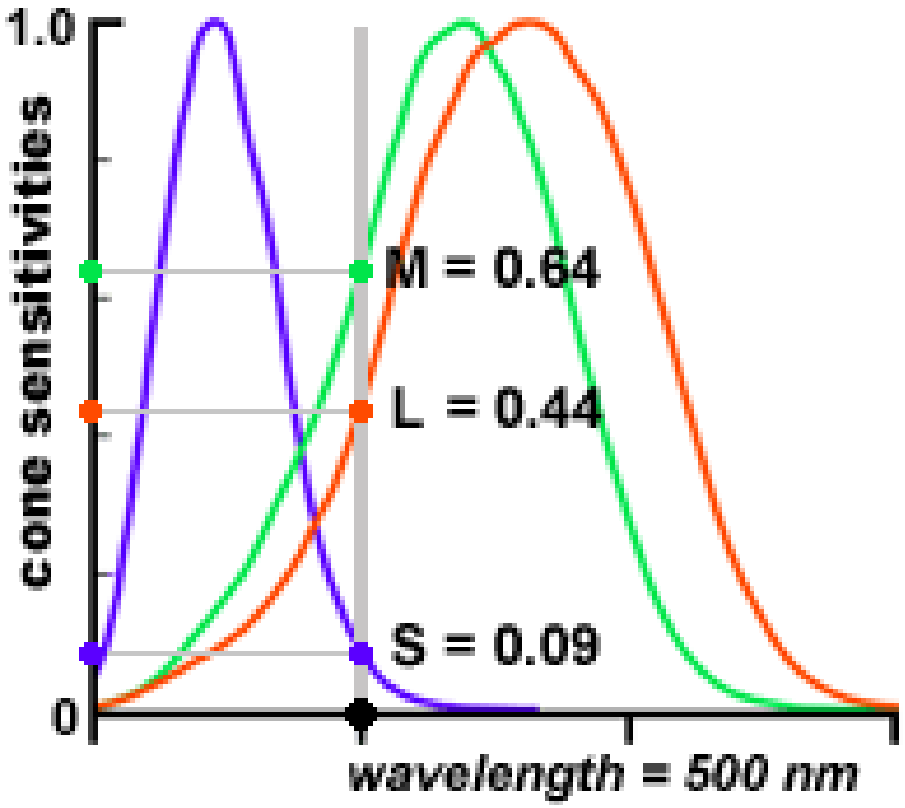
Sensitividade dos cones * proporção das populações de L,S eM Stockman & Sharpe (2000)

Problema

- Um cone sozinho não distingue cor de luminância

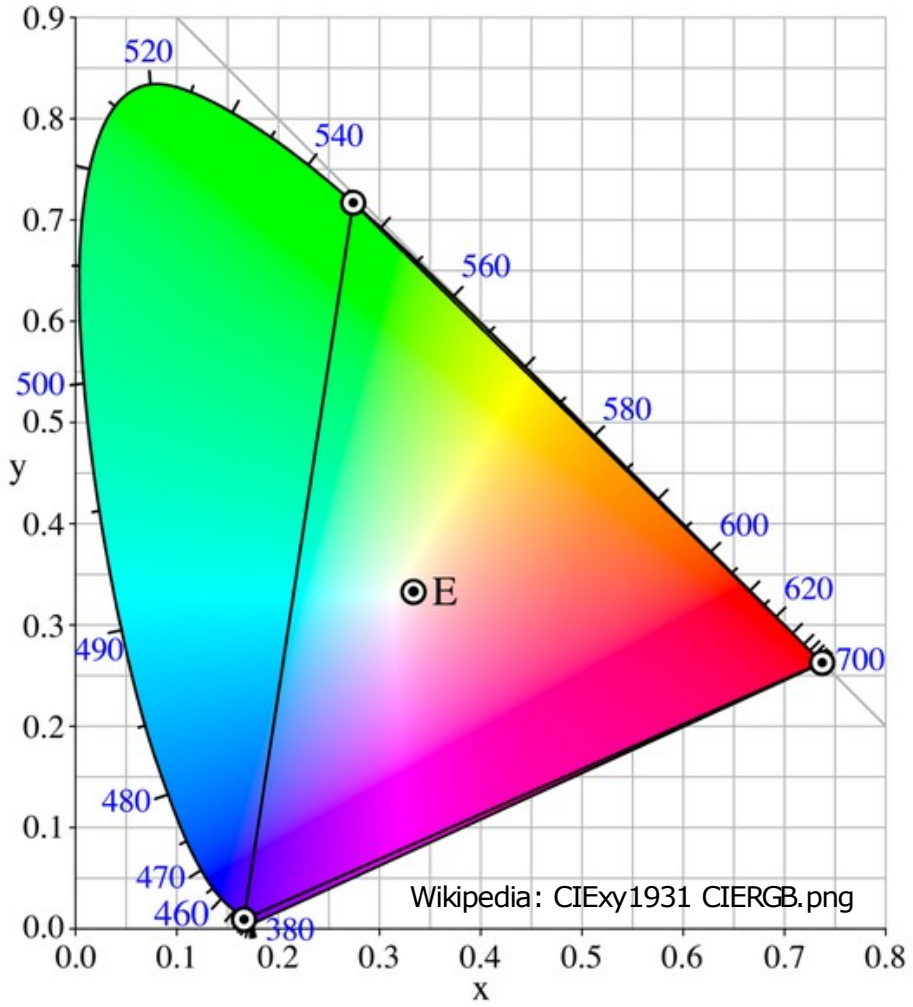
- Como é possível ver diferentes cores e brilhos ?
  - As curvas devem se sobrepor no espectro
  - As respostas dos cones devem ser independentes.

A percepção da cor



brightness (B) = L + M + S
chromaticity (C) = L/B, M/B, S/B.

Espaços de cor



Quantização

- Interessante utilizar uma codificação não linear, devido a percepção do SVH
- Relação entre tensão e intensidade luminosa no CRT:

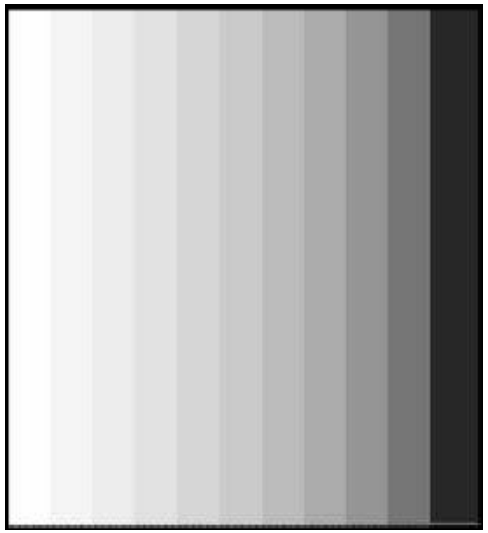
$$I = \text{alfa } (V + \text{epsilon})^{\text{gamma}}$$

- Os gammas variam entre 2.3 e 2.6

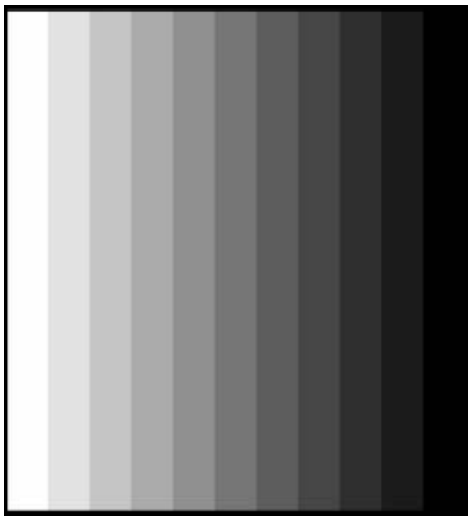
Quantização

- Passo iguais na luminância codificada correspondem a brilhos iguais subjetivamente.

Intervalos iguais de luminância (DY=const.)



Intervalos iguais de brilho (DL=const.)

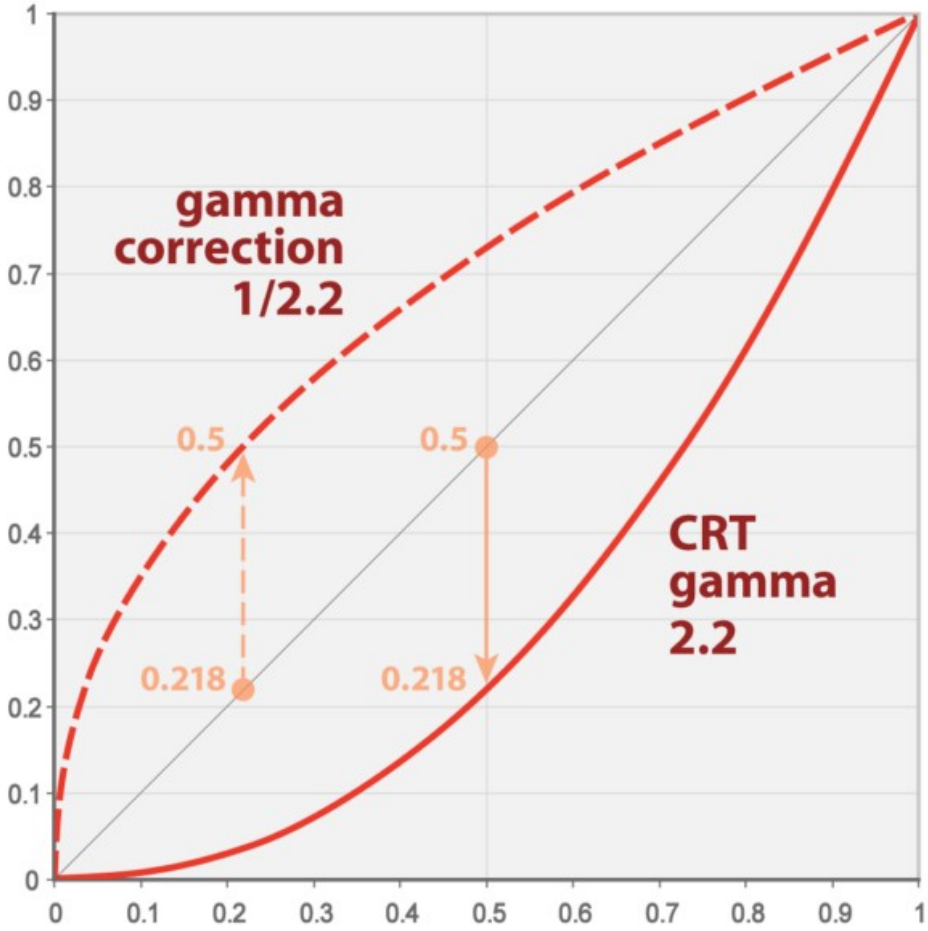


Quantização

- Se aplicamos uma quantização linear nos valores de cor, percebemos mais claramente os passos na regiões mais escuras.

- Utilizando uma codificação de potência, a quantização se torna menos perceptível..

Gama



Fotos já utilizam codificação Gamma, produzindo uma imagem adequada para visualização

Computação gráfica utiliza relações lineares então as quantidades devem ser corrigidas com gama.

Resumindo

- O Sistema Visual Humano
  - É mais sensível a variações locais
  - É mais sensível a luminância relativa
  - Percebe mais detalhes nas áreas escuras

Codificações HDR

- Maior número de bits devido a codificação linear e a necessidade de representar todos os valores de luminância visíveis.

- Normalmente ponto flutuante.

Formatos

- Pixar Log Encoding (TIFF)
- Radiance RGBE Encoding (HDR)
- SGI LogLuv (TIFF)
- ILM OpenEXR (EXR)
- Microsoft/HP scRGB Encoding

Pixar Log Encoding (TIFF)

- Primeiro padrão HDR. Criado pela Divisão de computação gráfica da LucasFilm, agora Pixar
- Filme, resposta logarítmica -> capaz de armazenar uma alcance maior que um CRT.
- TIFF com codificação logarítmica, implementado como um codec para a biblioteca TIFF de Sam Leffera
- Armazenado em três canais, mas com codificação logarítmica de 11 bits ao invés da representação gama de 8 bits. Capaz de codificar 3.6 ordem de magnitudes com passos de 1%

Radiance RGBE Encoding

- Saída do sistema de renderização RADIANCE do Lawrence Berkley Laboratory
- Representação de 4 bytes com três mantissas de 8 bits compartilhadas com um expoente de 8 bits
- Precisão absoluta de 1% com um alcançe de 76 ordens de magnitude!
- Distribuição do erro não é uniforme perceptualmente

SGI LogLuv (TIFF)

- Agora baseado na percepção visual, com passos de quantização adequados para a percepção humana de contraste e cor.
- Canais de luminância e crominância separados, com codificação log na luminância. Similar com a codificação YCC mas com alcance dinâmico
  - 10 bits de luminância com tabela CIE 14 bits = 24 bits
  - 16 bits de luminância = 38 ordens de magnitude e passos de 0,3 %
  - 16 bits de luminância + 8 bits para cada CIE = 32 bits/pixel com todas as cores visíveis

ILM OpenEXR (EXR)

- Industrial Light and Magic, Código C++ disponível, 2002
- Encapsulamento para o formato de 16 bits derivado do IEEE-754 e adotado nos buffers Nvidia e ATI
- Pode representar valores negativos e portanto todo o gamut visível com um alcance de 10.7 ordens de magnitude e passos de 0.1%.
- Suporte para canais extra de alfa, profundidade ou amostragem espectral.

Microsoft/HP scRGB Encoding

- Extensão da codificação sRGB de 24 bits para 16 bits por cor primária com codificação linear ou 12 por primária com codificação gama.
- A codificação linear gasta a precisão no lugar errado, dos valores baixo de luminância. Apenas 3.5 ordens de magnitude. Permite primárias negativas mas foge do gamut visível na parte superior.
- 36 bits/pixel com gama ramp with a linear subsection near zero. Com 25% menos bits consegue 3.2 ordens de magniturde e também permite primárias negativas.

Comparação de formatos

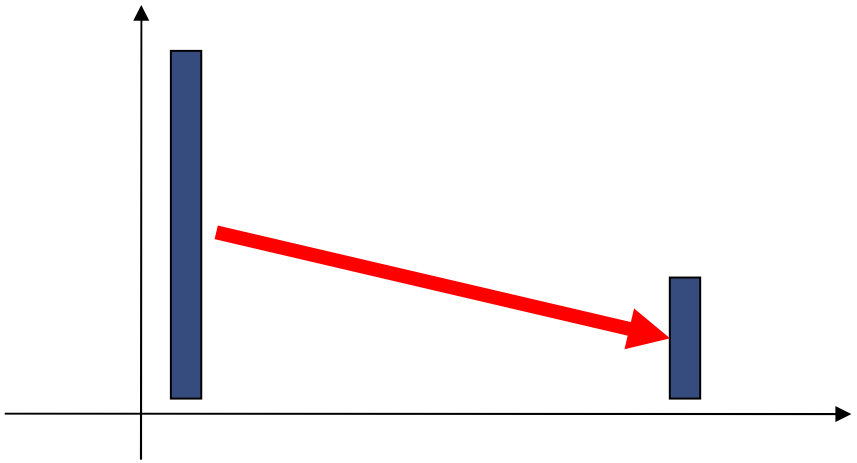
Encoding	Covers Gamut	Bits / pixel	Dynamic Range	Quant. Step
sRGB	No	24	1.6 (1.0:0.025)	Variable
Pixar Log	No	33	3.8 (25.0:0.004)	0.4%
RGBE XYZE	No Yes	32	76 (1038:10-38)	1%
LogLuv 24	Yes	24	4.8 (15.9:0.00025)	1.1%
LogLuv 32	Yes	32	38 (1019:10-20)	0.3%
EXR	Yes	48	10.7 (65000:0.0000012)	0.1%
scRGB	Yes	48	3.5 (7.5:0.0023)	Variable
scRGB-nl scYCC-nl	Yes Yes	36	3.2 (6.2:0.0039)	Variable

Fontes

- Renderizadores fotométricos
  - Iluminação de cenas reais utilizando unidades reais (watts/steradian/m2)
- Combinação de fotografias em diferentes exposições
  - Paul Debevec, SIGGRAPH 1997 presented his paper entitled

Tone mapping

- Técnica para aproximar a aparência de imagens HDR (~10000:1) em meios com alcance mais limitado (200:1).
  - Ex: Revistas, monitores, projetores real image



Tone mapping

- Efeitos especiais
- Maximizar o número de detalhes
- Maximizar o contraste
- Imitar a percepção real

Tone Mapping

- Tone Reproduction Curve
  - (single scale/ global)
- Tone Reproduction Operator
  - (multi scale / local)

Tone Reproduction Curve

- Idéia: Manipular as distribuições de pixels definindo uma função que mapeia as intensidades originais no conjunto final.

  Mapeamentos da forma:

  $$T(I)=s*I^p \text{ ou } T(I) = s*\log(I)$$

- Comprime o alcance dinâmico mas não preserva as intensidades relativas

Tone Reproduction Curve

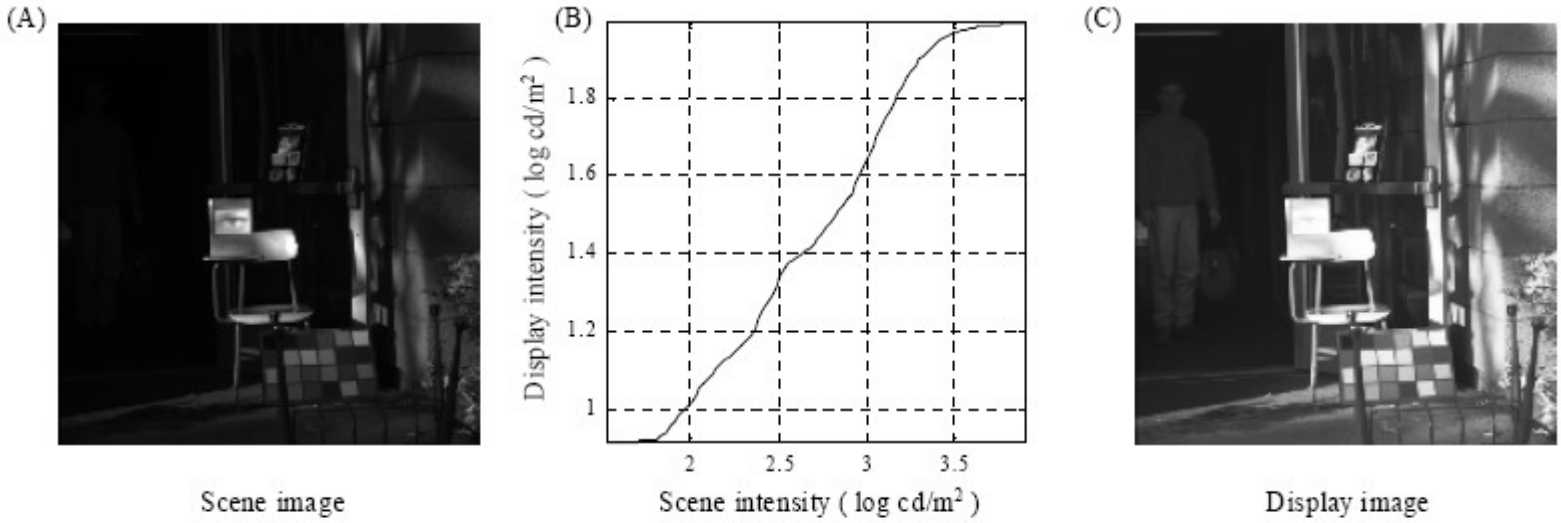


Figure 3. A tone reproduction curve is used to reduce dynamic range. (A) The original image. (B) The tone reproduction curve. TRCs are one-to-one and monotonic mappings. (C) The resulting image after the dynamic range has been compressed.

De: **Rendering high dynamic range images,** Jeffrey M. DiCarlo**a* and Brian A. Wandell

Tone Reproduction Curve

- TRC dependentes da imagem

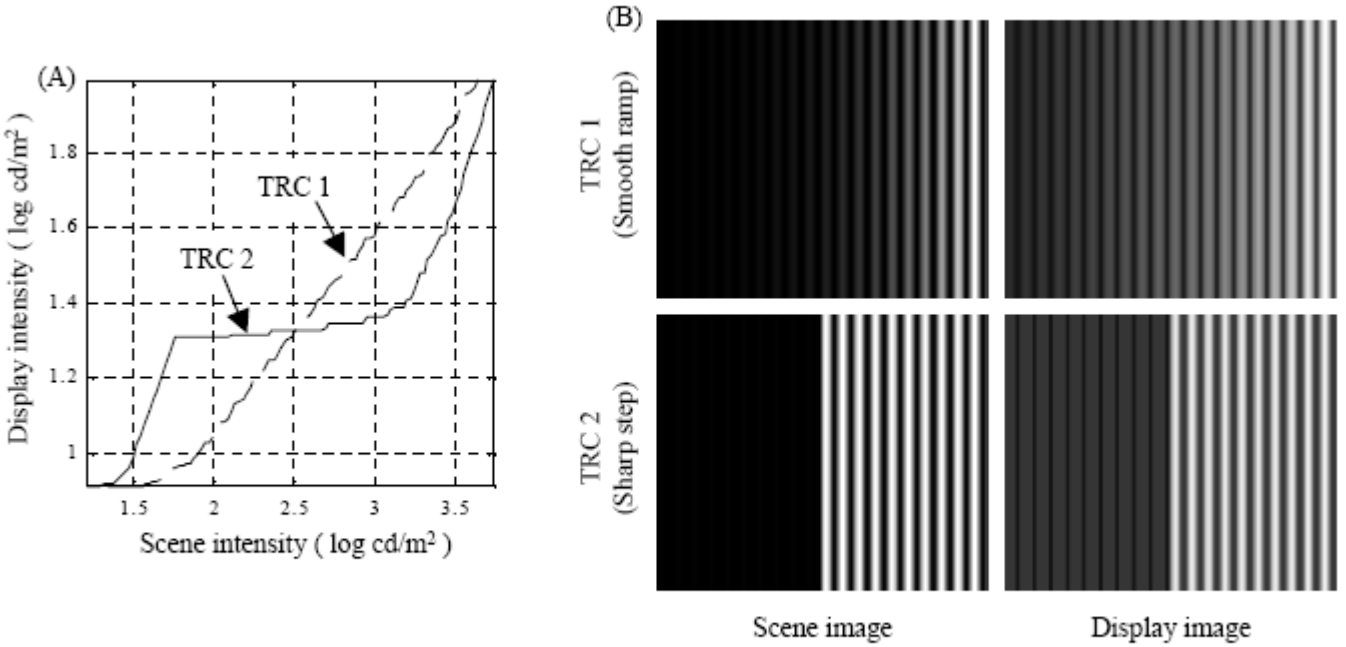


Figure 4. Larson's algorithm is applied to two scene images shown on the right. (A) The TRCs computed for the two images. (B) The scene and display images corresponding to the TRCs. See text for details.

Tone Reproduction Curve

- Trabalhos:
  - **Tone reproduction for realistic images** (J. Tumblin and H. Rushmeier,1993)
  - "**A visibility matching tone reproduction operator for high dynamic range scenes**"- G. W. Larson, H. Rushmeier and C. Piatko,1997
  - Incorpora modelos de sensitividade a cores, contraste, ofuscamento e acuidade espacial

Tone Reproduction Curve

- Problema?

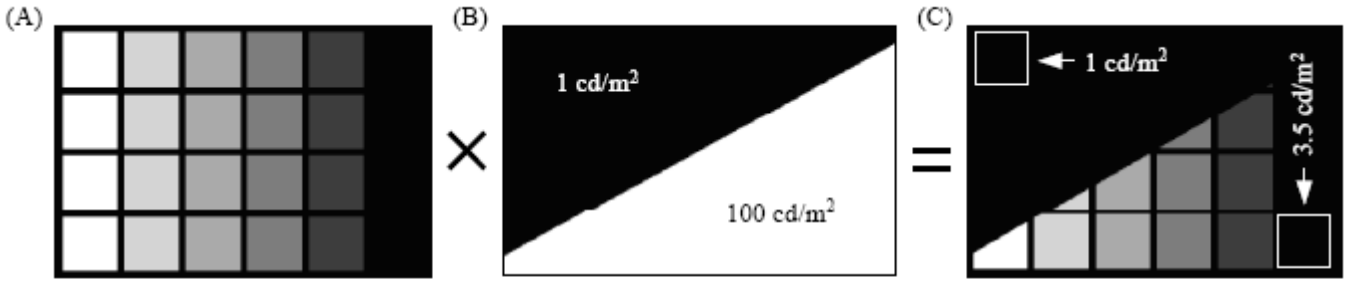


Figure 5. A test image with two spatially distinct illumination regions. (A) The surface reflectance image. (B) The illumination image. (C) The test image. The luminance of the white surface in the upper left corner is 1 cd/m^2. The luminance of the black surface in the lower right corner is 3.5 cd/m^2.

Tone Reproduction Operator

- Idéia: Manipular espacialmente os valores de pixels vizinhos
- Permitir que pixels de mesma intensidade sejam mapeados para valores diferentes dependendo do contexto.
- Decompor a imagem em variações de iluminação e variações de reflectância. Compactar a iluminação.

Tone Reproduction Operator

Multiresolution TRO

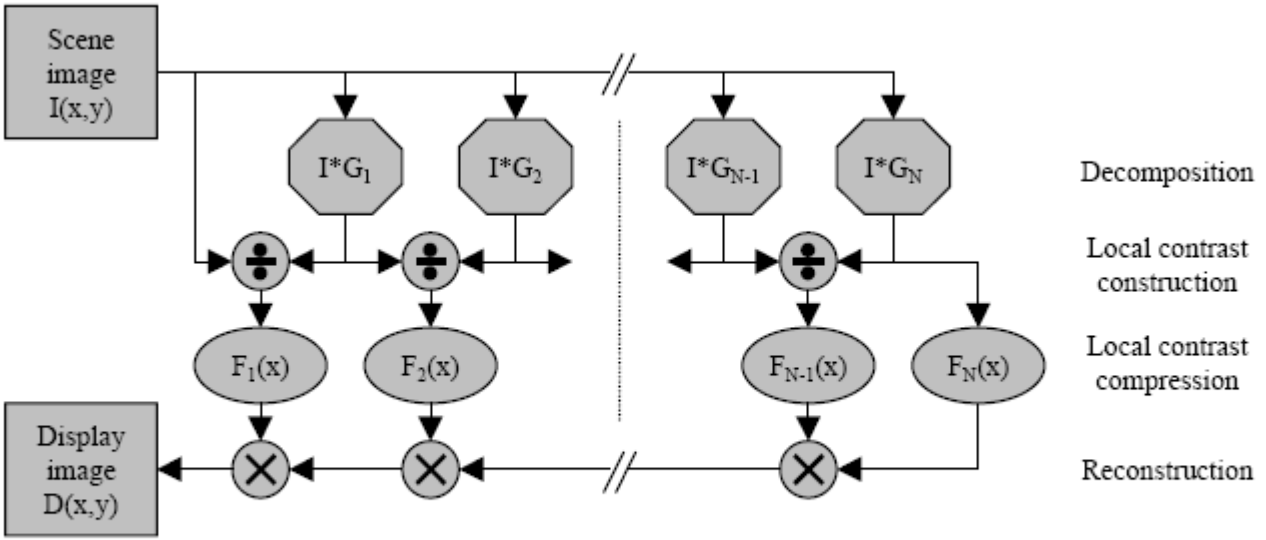


Figure 7. The basic multiresolution decomposition used by TRO algorithms. I is the scene image. G_1, G_2, G_{N-1}, G_N are Gaussian filters of increasing spatial size. The "*" denotes the convolution operator. $F_1(x)$, $F_2(x)$, $F_{N-1}(x)$, $F_N(x)$ are the compression functions.

Tone Reproduction Operator

- Trabalhos
  - **Spatially nonuniform scaling functions for high contrast image** K. Chiu, M. Herf, P. Shirley, S. Swamy, C. Wang and K.Zimmerman, 1993
  - **Fast bilateral filtering for the display of high-dynamic-range images**", F. Durand and J. Dorsey,2002

Tone Reproduction Operator

- Problema:
  - Assume variações locais como variações de reflectância.
  - Falha em sombras produzindo artefatos.

Algoritmos recentes

- *Lightness Perception in Tone Reproduction*
- Decomposição da imagem HDR em áres e cálculo local dos valores e iluminação.
- A iluminação final líquida é calculada fundindo as áreas proporcionalmente a sua influência.
- Não afeta o contraste local e preserva as cores naturais.

Tone mapping methods

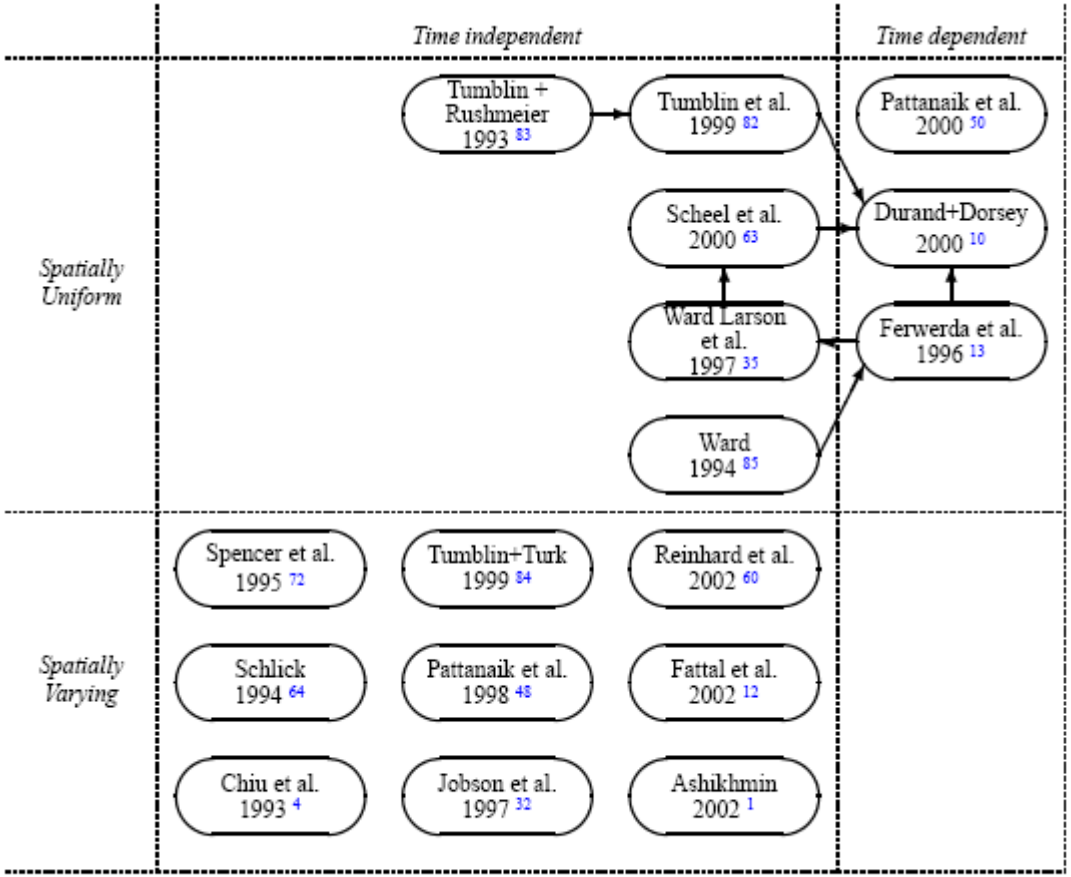


Figure 11: *Taxonomy of Tone Reproduction Methods*

From: Devling,Tone reproduction and Physically based Spectral rendering

Factor 5's Lair

Factor 5's Lair

Factor 5's Lair

- PS3
- Progressive mesh,
- HDR
- Luzes e sombras em tempo real
- Dynamics fluidos, personagens, objetos, tecido
- Nuvens volumétricas,
- Resoluções de 1920x1080
- Até 4 gigabytes de dados por fase

Factor 5's Lair

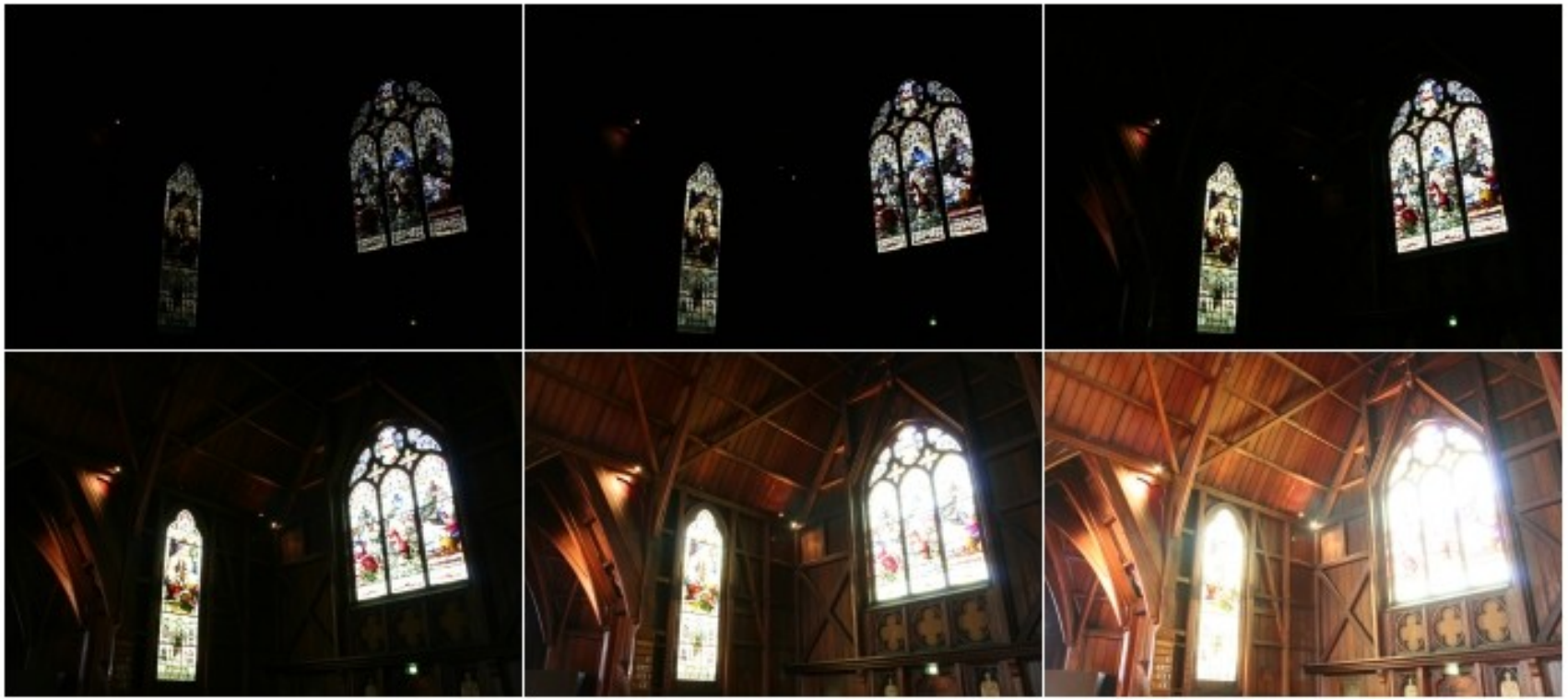
HDR - Opções

- Visualizar Imagens (HDRI)
- Renderizar Imagens (HDRR)

HDR – Visualizar

- Obtendo Imagens:
  - Utilizar várias imagens da mesma cena com tempos de exposições distintos

HDR – Obtendo Imagens



Wikipedia

HDR – Tone Mapping

Wikipedia

HDR - Renderizar

FarCry sem HDR

FarCry com HDR

HDR – Renderizar

- Valores de pixels podem ultrapassar intensidade de 100%.

HDR - Renderizar

HalfLife 2

HDR – Renderizar

- Geralmente em renderizações HDR se acrescenta o efeito de desfoque de imagens
  - Bloom ou Glow

HDR - Renderizar

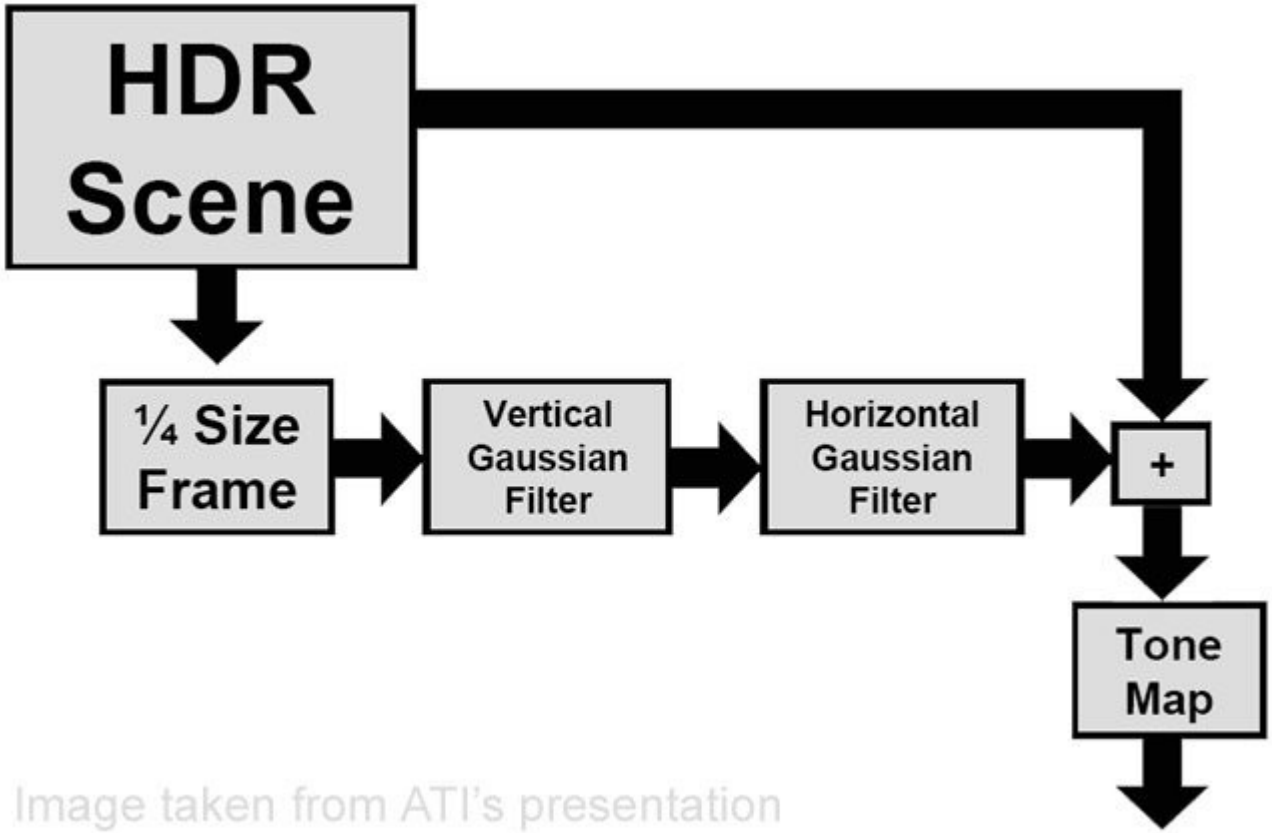
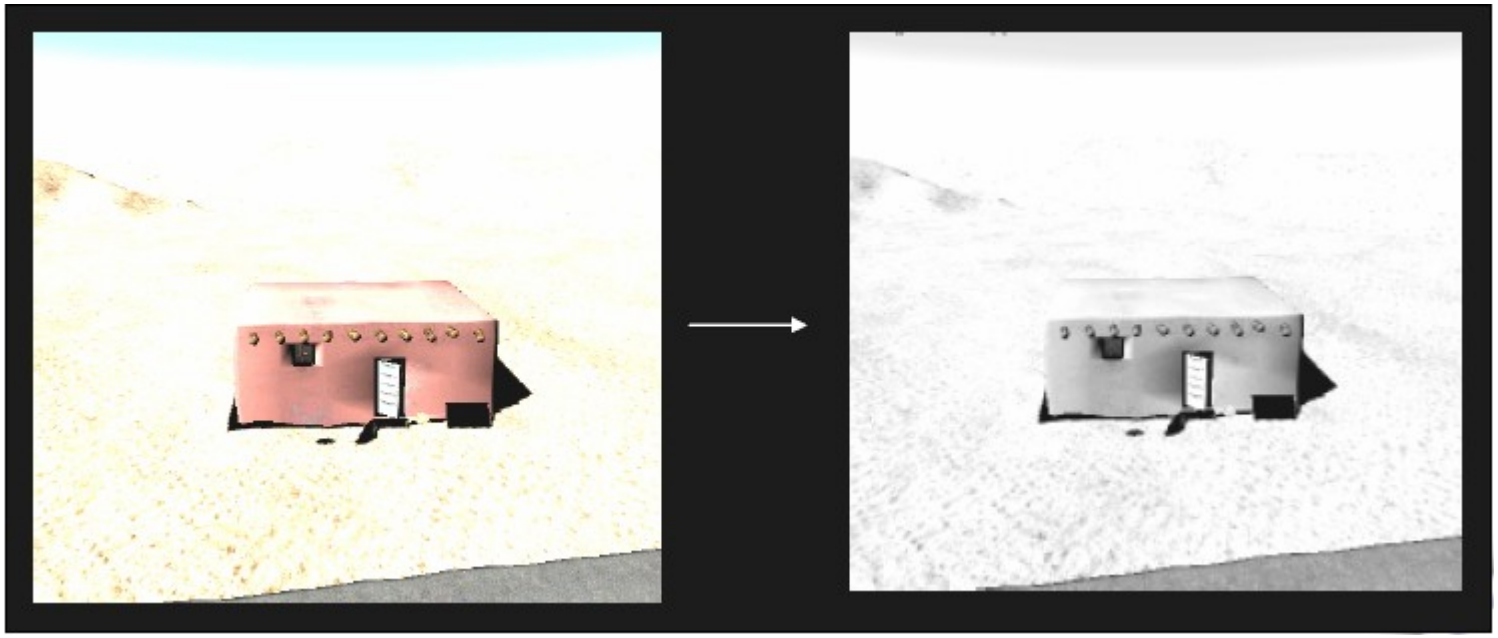


Image taken from ATI's presentation

Bloom

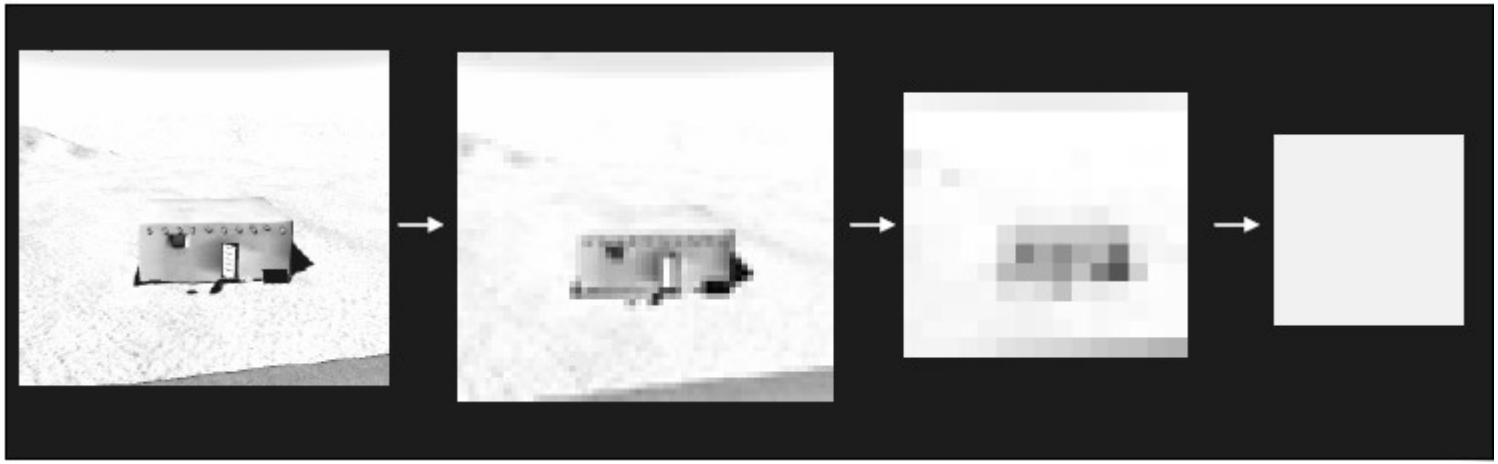
- Efeitos obtidos:
  - Partes claras da cena sobrepoem pixels vizinhos
  - Contorno dos objetos parecem mais suaves

HDR->Luminância



Nvidia

Obtendo a Luminância



Nvidia

HDR – Como implementar?

- Atualmente HDR pode ser implementado através de Shaders, para visualização ou renderização.

HDR – Como implementar?

- São necessários vários passos de renderização para se gerar uma cena
- Para implementar HDR é necessário no mínimo Shader Model 2.0

HDR – Shaders

- Shaders são programas que podem ser executados em uma GPU.
  - Transformam vertices e modificam pixels

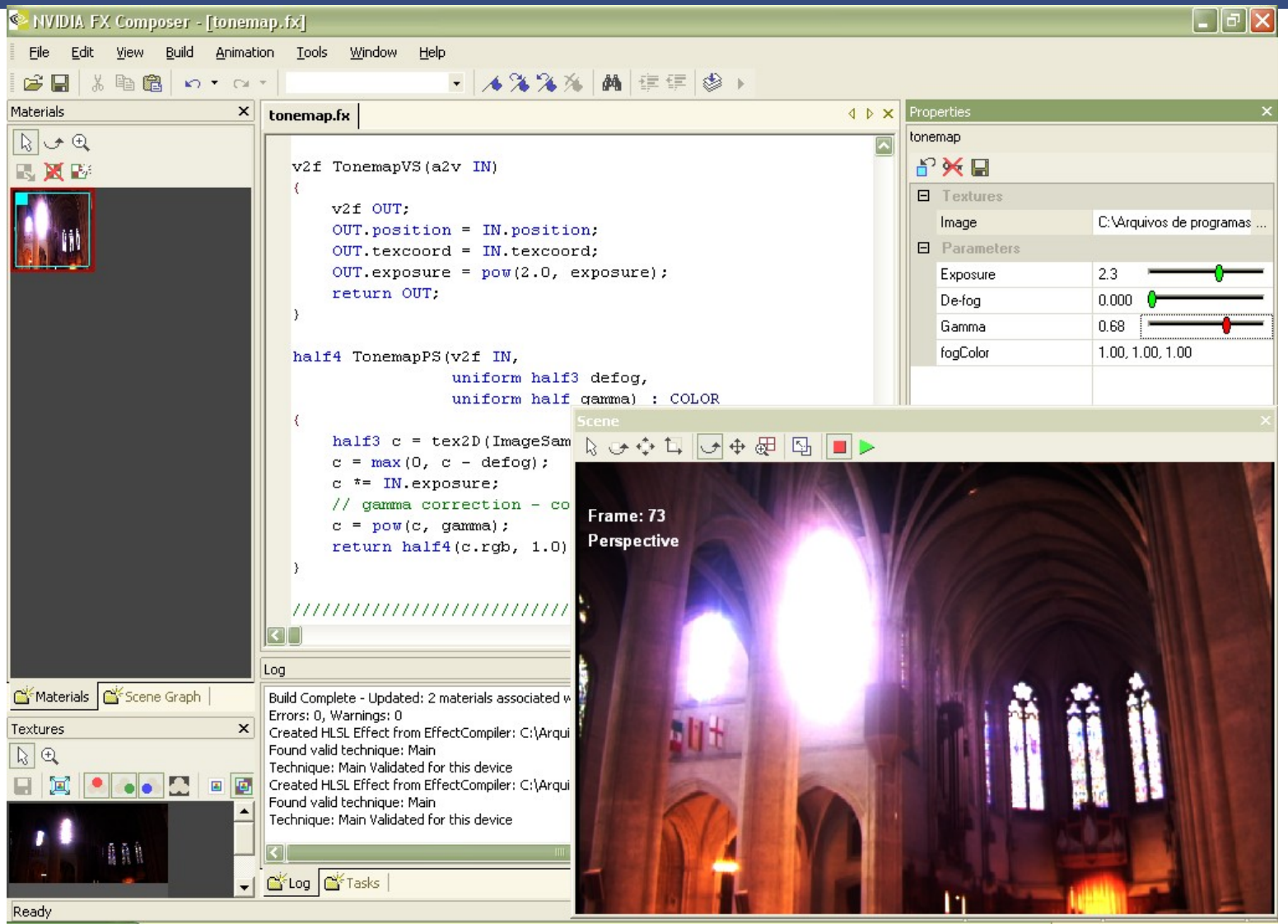
HDR – Shaders

- Linguagens de programação:
  - GLSL (Khronos Group)
    - Portável
    - Funciona com OpenGL
  - HLSL (Micro$oft)
    - Não portável
    - Funciona com DirectX (PC, XBOX, etc...)
  - Cg (Nvidia)
    - Portável
    - Pode ser utilizada juntamente com OpenGL ou DirectX

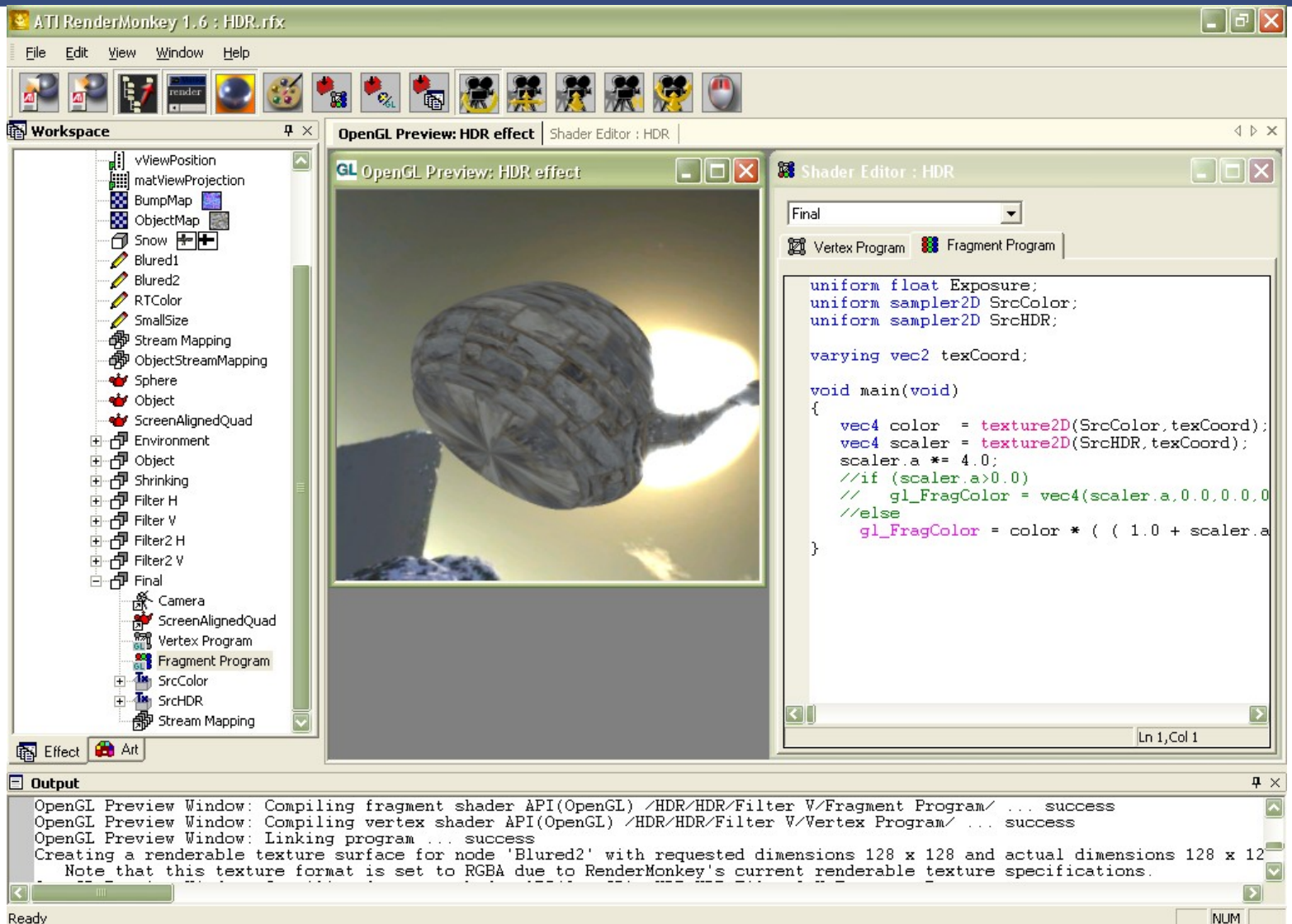
HDR – Ambientes de desenvolvimento

- FXComposer (HLSL)
  Nvidia
- RenderMonkey (GLSL e HLSL)
  ATI
- ShaderDesign (GLSL)
  ThypoonLabs3D

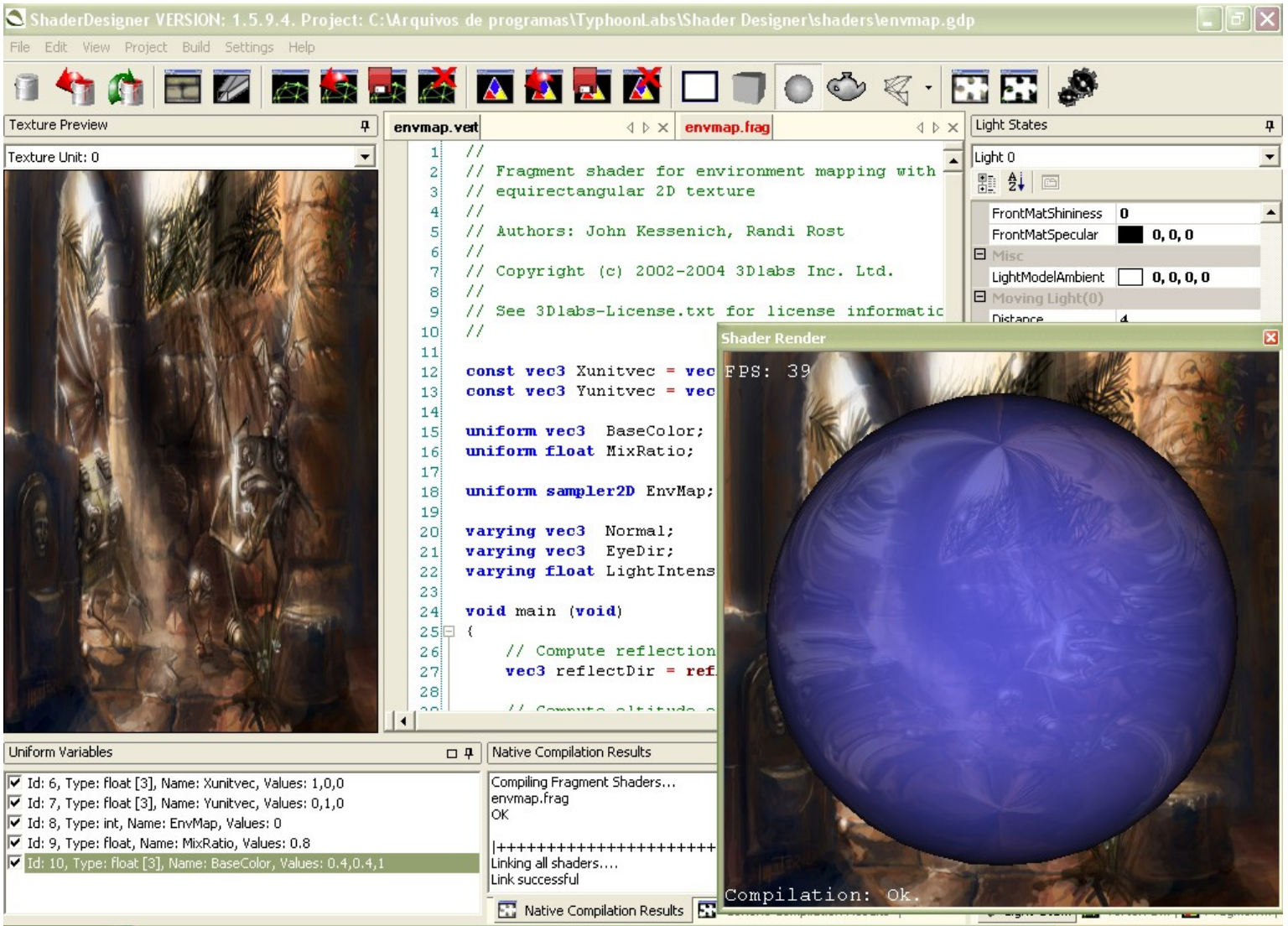
HDR – Ambientes de desenvolvimento



HDR – Ambientes de desenvolvimento



HDR – Ambientes de desenvolvimento



HDR – Shaders

Fxcomposer ToneMapping:

- Feito para suportar imagem .hdr

```
v2f TonemapVS(a2v IN){
    v2f OUT;
    OUT.position = IN.position;
    OUT.texcoord = IN.texcoord;
    OUT.exposure = pow(2.0, exposure);
    return OUT;
}
```

HDR – Shaders

Fxcomposer ToneMapping:

```
half4 TonemapPS(v2f IN, uniform half3 defog,
                        uniform half gamma) : COLOR {
    half3 c = tex2D(ImageSampler, IN.texcoord);
            c = max(0, c - defog);
    c *= IN.exposure;
    // gamma correction - could use texture lookups for this
    c = pow(c, gamma);
    return half4(c.rgb, 1.0);
}
```

HDR – Shaders

Fxcomposer ToneMapping:

VIDEO – tonemapping e bloom

HDR – Shaders

Implementações HDR:

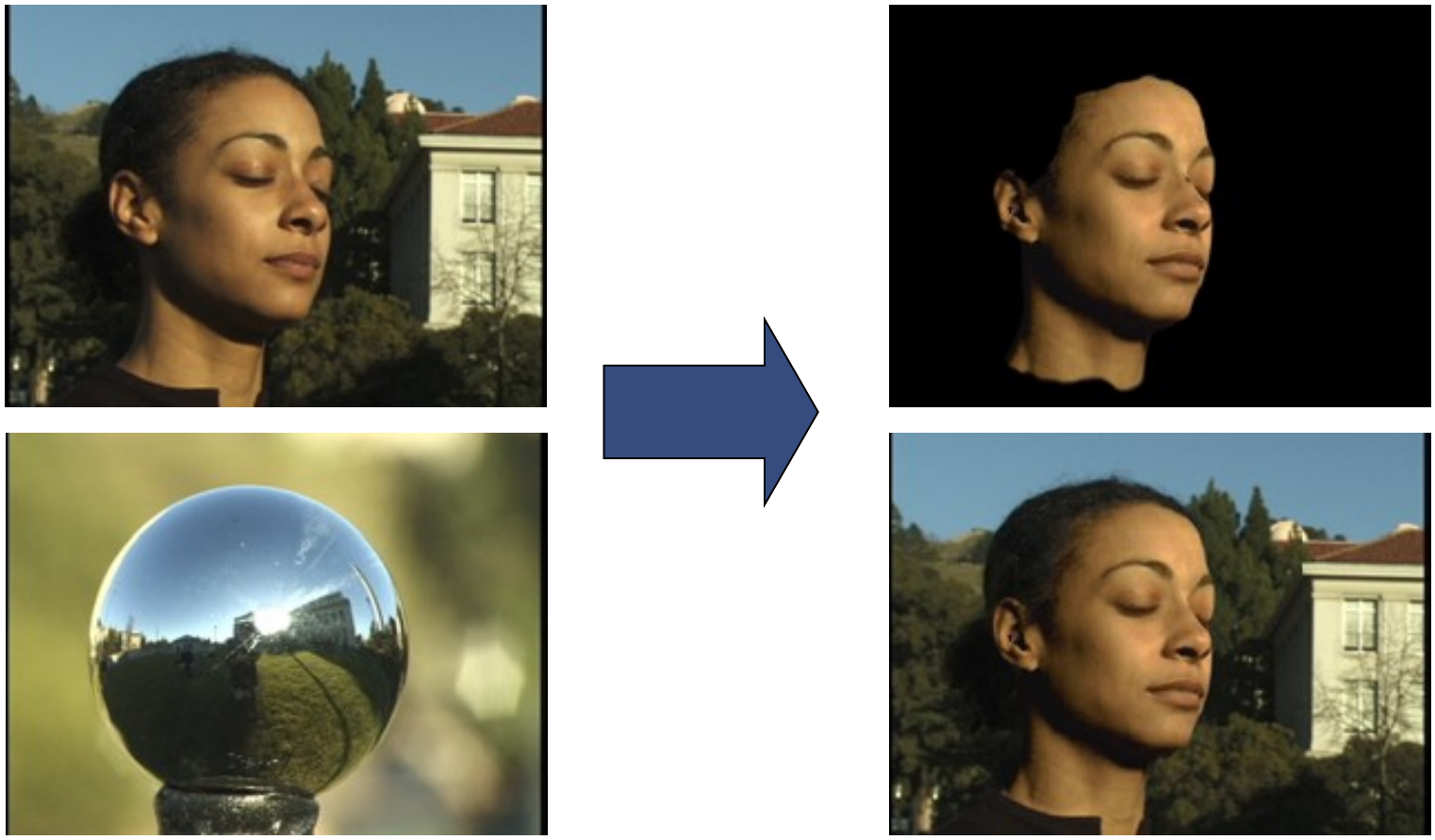
- RenderMonkey
  - Utiliza textura .dss e possui implementação Bloom. Utiliza buffer comum de renderização com 8bits para cada canal.
  - Implementa bump mapping.
- DX-SDK
  - Implementa Bloom + HDR + controle de exposição. Não utiliza textura.

HDR – Shaders

Implementações HDR:

VIDEO

Outros usos?

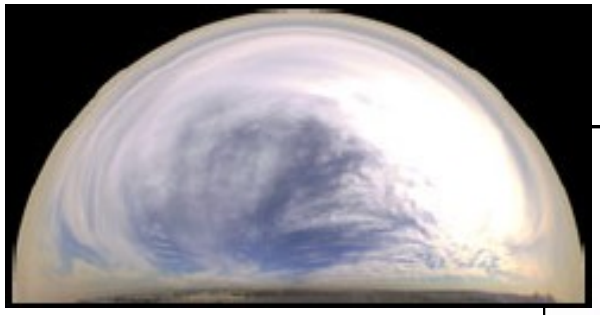


HDRI and Image-Based Lighting
Paul Debevec - SIGGRAPH 2003 Course #19

Iluminação baseada em Imagens

HDRI and Image-Based Lighting Paul Debevec -SIGGRAPH 2003

Iluminação baseada em Imagens



HDRI and Image-Based Lighting Paul Debevec -SIGGRAPH 2003

Obrigado!

- Perguntas ?

Alessandro Silva: asilva@dcc.ufmg.br
Wallace Lages: wsl@dcc.ufmg.br

Enquanto isso assistir Video Final Quest 3D