



**Tecgraf/PUC-Rio**  
Ambientes Imersivos de Realidade Virtual

por Luciano Soares

Tecgraf, Departamento de Informática, PUC-Rio - Rio de Janeiro, Brasil

## Fish Tank

- Many users enjoy because they are used to this solution and the perceived resolution, crispness, brightness are different from the current immersive solutions available.



## Sistemas Pessoais

-  Desktop Display
-  Domos
-  HMDs(Head-Mounted Displays)
-  Displays de projeção na retina



## Displays para Múltiplos Usuários

-  Mesas Colaborativas
-  Display Walls
-  Telas retilíneas
-  Telas curvadas



## Displays para Públicos

- Displays de Grandes Dimensões



- Displays de Espacialidade Aumentada



## Cave Automatic Virtual Environment

- **Primeiro sistema de multiprojeção cúbica**
  - Universidade de Illinois (1992)
  - Aglomerado de SGI Personal IRIS
  - Compartilhamento de memória



### StarCAVE



**Tecgraf** **PETROBRAS**

### Plana - Display Wall

- Solução Simples;
- Similar a um monitor grande;
- Porte de aplicações simples;
- Menos imersivo;
- Audiências médias;
- Escolha principal do mercado.



**Tecgraf** **PETROBRAS**

### CAVEs

- Solução famosa
- Altamente imersiva
- Diferentes tipos:
  - 4, 5 ou 6 lados
- Um usuário rastreado



**Tecgraf** **PETROBRAS**

### Ultra-high resolution



Calli2, University of California, San Diego

**Tecgraf** **PETROBRAS**

### Tecnologias de Projeção

- Diversas Soluções
- Diversos Parâmetros
  - Brilho
  - Contraste
  - Cor
  - Resolução
  - Lentes



Projektor Pathe Freres 28mm KOK

**Tecgraf** **PETROBRAS**

### Termos de Iluminação

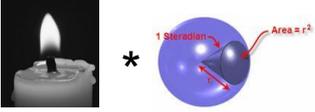
Term	Definition	Unit
Luz "Visível"	light that excite the retina	nm
Fluxo Luminoso	energina luminosa por unidade de tempo	lumen
Intensidade Luminosa	fluxo luminoso por esferorradiano	cd
Lumância	intensidade luminosa por área projetada	cd/m <sup>2</sup> (nit)
Iluminância	fluxo luminoso por área projetada	Lux (fc)
Fluxo Radiante	Energia total emitida (incluindo UV e InfraV)	W
Radiance	amount of light from area in a solid angle	w/sr*m <sup>2</sup>
Brilho	percepção subjetiva do olho humano	-

**Tecgraf** **PETROBRAS**

### Como trabalhar com estas unidades?

Lumen é uma unidade de fluxo luminoso definido pela SI\*.

Fórmula :  $1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \times \text{sr}$



**Conversões:**

- 1 candela / metro<sup>2</sup> = (lm / area) \* gain /  $\pi$
- Lux = 1 lumen / metro<sup>2</sup>
- Foot-lambert = (1 /  $\pi$ ) candela / Pê<sup>2</sup>

indústria de cinema (SMPTE) recomenda 16fL (55 candela / metro<sup>2</sup>) para filmes de 35mm e 14 para projetores digitais embora 5,4fL seja usado em cinemas estereoscópicos

\* (Le Système International d'Unités)



### Displays Brightness

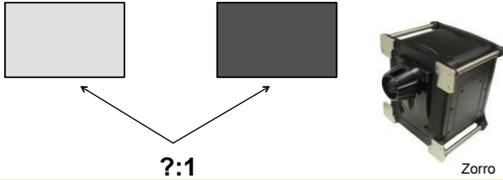
Display	Brightness (cd/m <sup>2</sup> )
CRT monitor	50 - 150
LCD monitor	250 - 450
Plasma monitor	1000 - 1500
DLP TV	450 - 700
LED TV	450 - 550

*FPDM—the Flat Panel Display Measurements Standard offered by the Video Electronics Standards Association*



### Contraste

- Expresso na razão entre a imagem com maior brilho e a mais escura (Black Level).
- Contraste = (máxima intensidade – mínima intensidade) / mínima intensidade

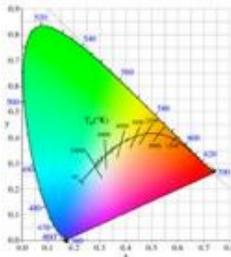


Zorro



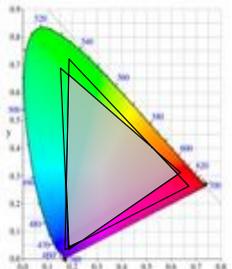
### Color Temperature

Temperature	Source
1,700 K	Match flame
1,850 K	Candle flame
2,700–3,300 K	Incandescent light bulb
3,350 K	Studio "CP" light
3,400 K	Studio lamps, photofloods, etc.
4,100 K	Moonlight, xenon arc lamp
5,000 K	Horizon daylight
5,500–6,000 K	Typical daylight, electronic flash
6,500 K	Daylight, overcast
9,300 K	CRT screen




### Calibração de Cores

- Encontrar um gamut comum;
- Trocar a curva de gamma curve nas placa gráficas
- Final
  - Lookup Table de Cores
  - Pode ser aplicado via PShader
  - Já suportado em alguns sistemas como o OpenSG





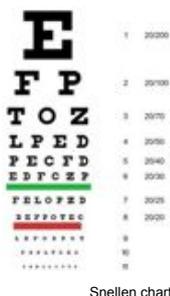
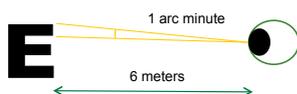
### Resoluções

Padrão	Resolução (pixel dimensions)	Aspect Ratio	Pixels
VGA	640x480	4:3	307,200
SVGA	800x600	4:3	480,000
XGA	1024x768	4:3	786,432
SXGA	1280x1024	5:4	1,310,720
SXGA+	1400x1050	4:3	1,470,000
Full-HD	1920x1080	16:9	2,073,600
WUXGA	1920x1200	16:10	2,304,000
WQXGA	2560x1600	16:10	4,096,000
4K	4096x2160	256:135 (1.896:1)	8,847,360
8K	8192x4096	2:1	33,554,432



## Acuidade Visual

- 6/6 visão (metros)
  - 20/20 (pés)
- Distância na qual a separação visível é de 1 arco minuto (1/60 de um grau)



Snellen chart



## Lentes

- Curtas, olho de peixe x tele zoom
- Motorizadas x Fixas
  - Lens Shift
  - Zoom
- Comprimento Focal
- Proporção de Distância
 

Distância de recuo = Largura da Tela X Fator da Lente

5m (500cm) = Horizontal 384cm \* 1.3:1

5m (500cm) = Horizontal 625cm \* 0.8:1



## Tecnologias de Projeção



**CRT** Cathode Ray Tubes



**LCD** Liquid Crystal Displays



**DLP** Digital Lighting Processing



**LCoS** Liquid Crystal On Silicon



**GLV** Grating Light Valve



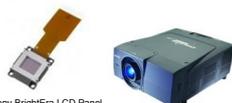
## CRT (Cathode Ray Tubes)

- Baseada em três tubos independentes (Vermelho, Verde e Azul);
- Vantagens: flexibilidade para calibração, alta taxa de atualização (>120MHz), alta-resolução, anti-aliasing, ótimo preto;
- Desvantagens: baixo brilho, ruído nos sinais, convergência complexa das cores primárias;
- Possibilidade de desenho vetorial
- Cuidados:
  - Fósforo de alta velocidade P43
  - Acoplamento líquido lente
  - Controle de temperatura.



## LCD (Liquid Crystal Displays)

- Baseado em tecnologia de cristal líquido
- Vantagem: baixo custo, compacto, diversas opções no mercado;
- Desvantagens: em geral baixa taxa de atualização < 80MHz, quadriculado, tecnologia fácil de reparar no local.



Sony BrightEra LCD Panel



## DLP (Digital Lighting Processing)

- Baseado na tecnologia de semicondutores DMD (Digital Micromirror Devices);
- Vantagens: alto brilho, compacto, não queima filtros, suporta lâmpadas de alto brilho;
- Desvantagens: quadriculado, em geral alguns pixels apagados.



### Pico Projectors

- 1.5 polegadas de comprimento



Nokia




Texas Instruments, Inc.



### LCOS (Liquid Crystal On Silicon)

- Baseado em tecnologia de cristal líquido reflexivo
- Vantagem: alta resolução, alto brilho, alto contraste, mínimo quadriculado.
- Desvantagens: baixa taxa de atualização, apenas alguns modelos disponíveis.

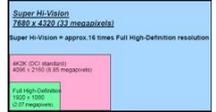


Silicon X-tal Reflective Display



### 33 megapixels

- 1.75-inch 8K4K D-ILA Device
- Mais de 17 vezes Full High-Definition
- D-ILA (Direct-Drive Image Light Amplifier)
- Resolução (8192 x 4320 pixels)
- 4.8µm pixel pitch
- 0.24µm espaço entre os pixels
- preenchimento = 90%


### GLV (Grating Light Valve)

- Baseado na varredura de uma barra 1D difratada de um laser;
- Vantagens: ultra alta resolução, suporte a estereo ativo, nenhum quadriculado, cores mais saturadas;
- Desvantagens: speckle, pouco brilho, caro, padrão de linhas



Evans and Sutherland



### Projetor Laser de varredura 2D

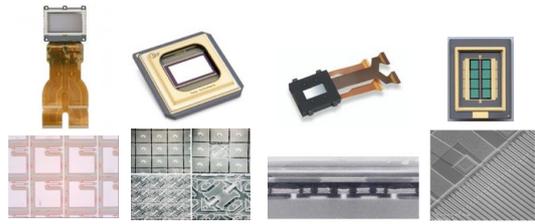
- Baseado em uma varredura 2D de um laser;
- Vantagens: cores mais saturadas, pode ser muito pequeno;
- Desvantagens: speckle, pouco brilho.



Laser Display Technology      Microvision (MVIS) Blog



### Comparação de chips



LCD – Epson/Sony      DMD (Texas)      LCOS (Sony SXRD)      GLV Evans&Sutherland



## Fill-rate / Fill-factor / Aperture ratio

- O espaço entre os pixels não tem imagem, este é o fator então da área que possui projeção da que não tem.

- LCD ~83%
- DLP ~88%
- LCoS ~93%
- GLV ~100%



## Lâmpadas

- Incandescente
- Lâmpadas de Arcos / descarga de Gás
  - UHP - Ultra-High Performance
  - Xenon (lâmpada de arco)
- LED - light-emitting diode
- LASER



## UHP

- A pressão de mercúrio (Hg) dentro da lâmpada é maior que 200 bars para um bom desempenho de cor e brilho. Requerendo que a temperatura esteja acima de 1190K no ponto mais frio dentro da lâmpada;
- Ao mesmo tempo a parte mais quente do bulbo de quartzo deve ser menor que 1400 K.



IWASAKI HSCR165Y5H



Philips UHP lamp



## Lâmpada de Xenon

- Lâmpada Xenon short-arc
  - Gás Nobre (número atômico 54);
  - Alto custo;
  - Tempo de vida menor.



automotive HID headlights  
1991 BMW 7-series.



Christie 3.0kW Xenon Lamp



Lâmpada de arco curto de 15 kW Xenon



## Lâmpadas LED

- Long life, little maintenance;
- Do not lose brightness as they age;
- Improvements in color reproduction;
- Small luminous flux;
- Avoids color wheel;
- Not yet very efficient.



Phlatlight - PHotonic LATice  
(Samsung)



## Prateleiras de Projetores

- Bandejas com 6DOF
- Controle sub-milimétrico
- Absover vibrações

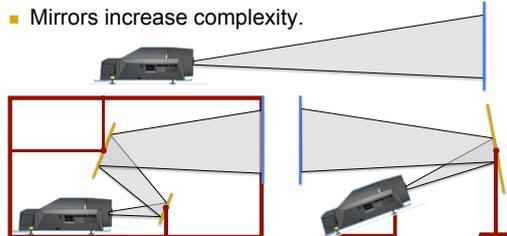


## Posicionamento alinhado



## Mirrors

- Used to fold projection image paths
- Mirrors reduces space necessary for projection;
- Mirrors increase complexity.



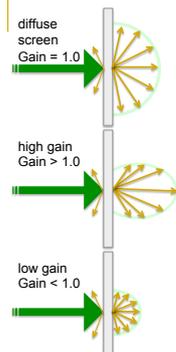
## Substrate

- Glass
  - Ease of fabrication
  - Rigidity
  - Scratch-resistant
  - Reflective material silver or aluminum
  - Heavy
  - May loose polarization
- Polyester film
  - Polyethylene Terephthalate (PET)
  - Usually known as Mylar
  - Thickness from 12um (0,0005")
  - Light
- Acrylic and Plastic Mirror



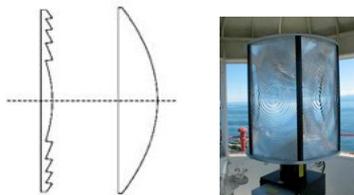
## Screen gain

- The gain is defined by the ratio of the light intensity in the perpendicular direction of the screen compared to the reflection of a standard diffuse screen (magnesium oxide, magnesium carbonate, MgCO<sub>3</sub>);
- This standard screen has a gain of 1.0;
- The name of this measurement is Peak Gain at Zero Degrees Viewing Axis.
- Screen gain level may reduce due deterioration of the screen



## Lentes de Fresnel

- Para garantir brilho uniforme para todos os ângulos de visão



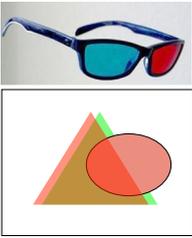
## Estereoscopia Técnicas

- Filtros Passivos
  - Anaglyph (vermelho x azul)
  - Polarização Linear & Circular
  - Difração
  - Infitec
  - ChromaDepth
  - Pulfrich
- Shutter Glasses (ativa)
  - Controles eletrônicos
- HMDs (Head Mounted Displays)
- Auto-estereoscopia
  - Reticulado
  - Holografia



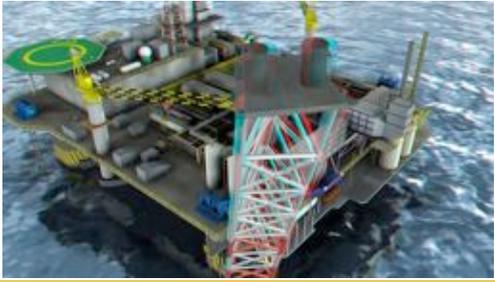
### Sistema Passivo

- Filtros polarizadores Anaglifo
  - Vermelho-verde
  - Verde-magenta
  - Vermelho-Azul
  - Vermelho-Ciano
  - Ambar-Azul
- Imagens
  - Monocromática
  - Falso-colorido



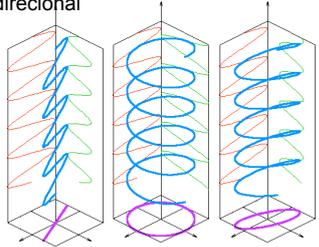

### Estereoscopia Passiva

#### Anaglifo: filtragem por cores



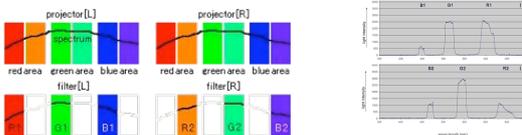

### Sistema Passivo

- Filtros polarizadores
  - Polarização direcional
    - Linear
    - Circular
    - Elipsóide




### Infitec

- Divide o espectro de Cores
  - Separa as cores primárias em duas partes
- Todas as cores são apresentadas
- Ótima separação
- Reduz muito o brilho
- Período curto de tempo para adaptação


### Estereoscopia ativa

- Obturadores (ativo);
- Tela não precisa manter polarizações
- Não tem problemas de alinhamento do par estereoscópico
- Precisa de baterias (que é um constante problem)
- Precisa de altas frequências
  - Idealmente 120Hz
  - Limita opções de displays (em geral CRTs e alguns DLPs e LCDs)
- Custo elevado (mas reduzindo)
- Sincronizados com displays



Kit da Cristal Eyes



### Hybrid Solutions

Infitec and Active



Barco Galaxy NW-12

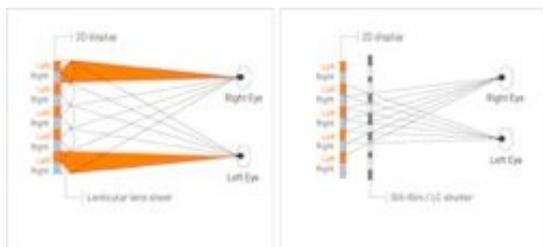
Active and Passive



Mechdyne Beacon



## Lenticular e barreira de parallax



## Futuro da Visualização



ePaper - Flexible, full-color  
OLED (Sony)

University of Washington



## Diodo Orgânico Emissor de Luz

- Não precisa de nenhuma iluminação traseira ou frontal;
- Custo de produção "teoricamente" baixo;
- Alto contraste e excelente visão lateral;
- Extremamente finos e flexíveis;
- Não consomem energia quando pixel preto;
- Curto tempo de vida (~14.000h);
- Azul em especial degrada mais rápido;
- Persistência de imagem (Screen burn-in);
- Brilho de cerca de 200 cd/m<sup>2</sup>;



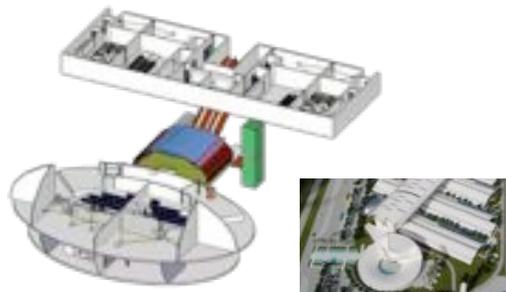
Sony XEL-1 OLED



## New System at PUC-Rio



## Future NVC Petrobras/CENPES



## Obrigado por sua atenção

Luciano P. Soares  
lpsoares@tecgraf.puc-rio.br

