



SBRT



XXI

CONGRESSO
DA SOCIEDADE
BRASILEIRA DE
RADIOTERAPIA

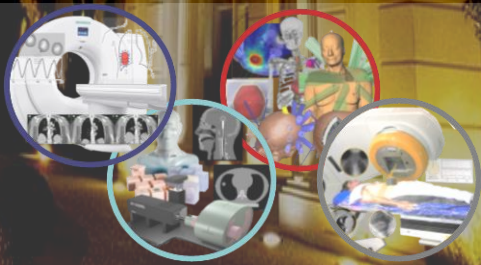
23 A 26 DE OUTUBRO

2019

RIO DE JANEIRO RJ

SISTEMAS DE POSICIONAMENTO E MONITORAMENTO ÓPTICO POR SUPERFÍCIE

Hospital Sírio Libanes



Wellington F. Pimenta Neves Jr.

Físico Médico

tonpimenta@yahoo.com.br

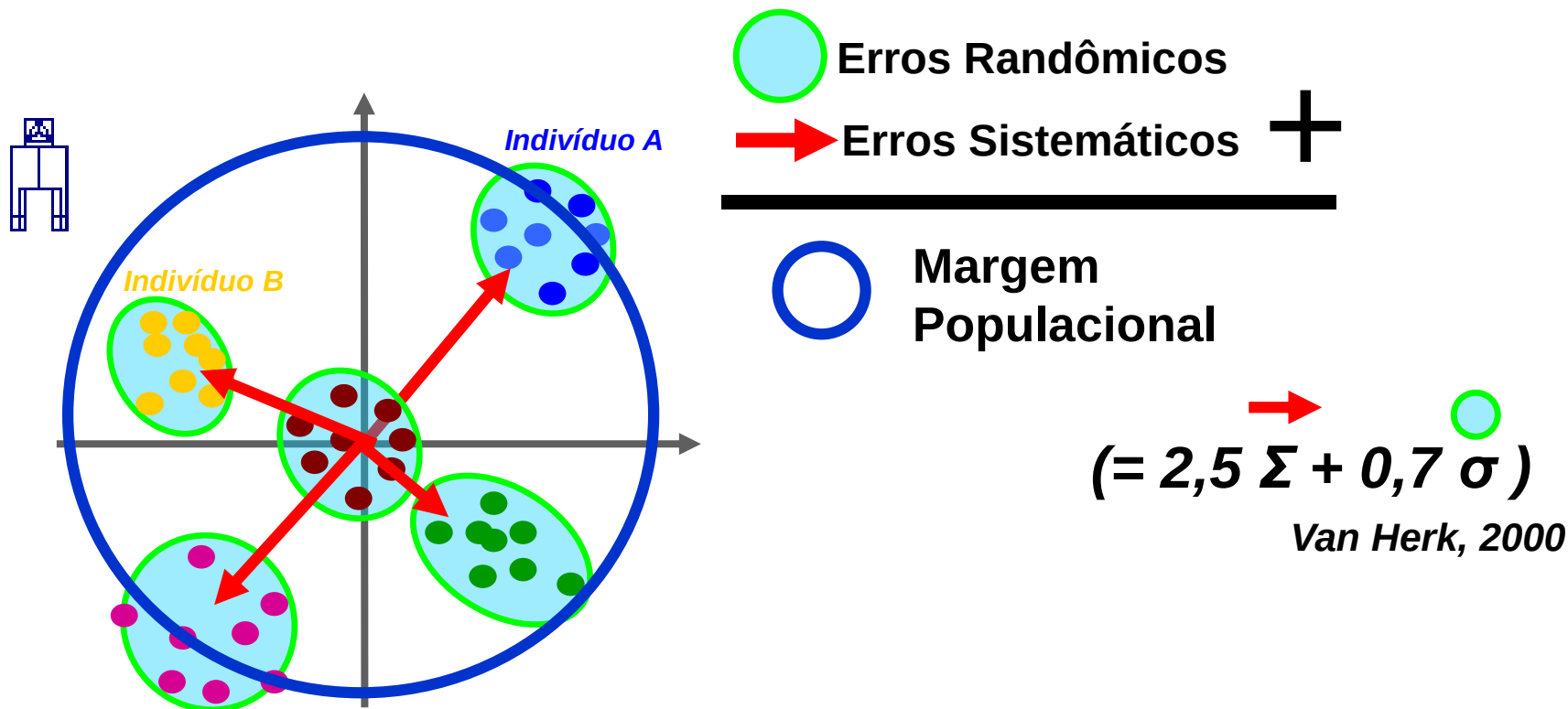


Disclosure

- “Speaker Agreement” with Varian

Erros em Radioterapia

- Existem diversas fontes de erro, desde o planejamento do tratamento até sua execução, que limitam a acurácia da Radioterapia.



- Como consequência, uma margem de segurança faz-se necessária para garantir que a dose planejada seja, de fato, entregue ao alvo .

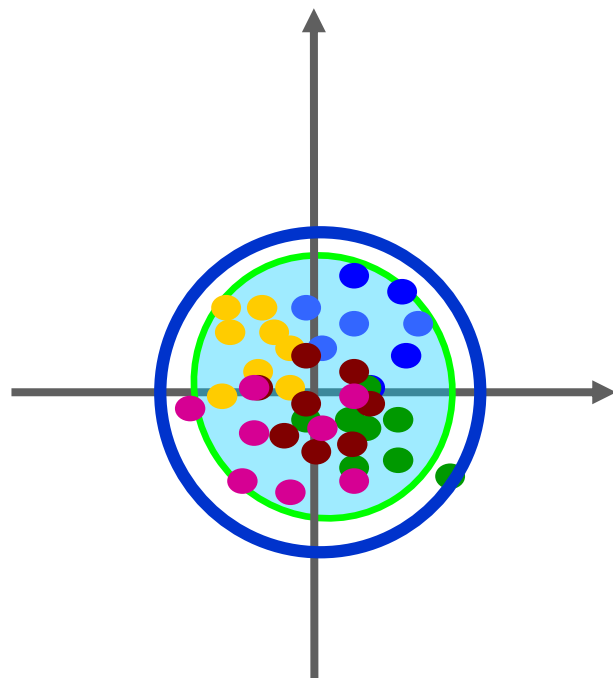
Margens

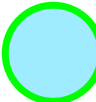


$$\text{Volume}_{\text{Esfera}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

Tipos de Erros

- Se os erros sistemáticos forem reduzidos, a acurácia pode ser melhorada



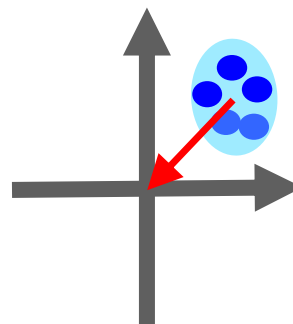
 Erros Randômicos

 Erros sistemáticos

 Margem Populacional

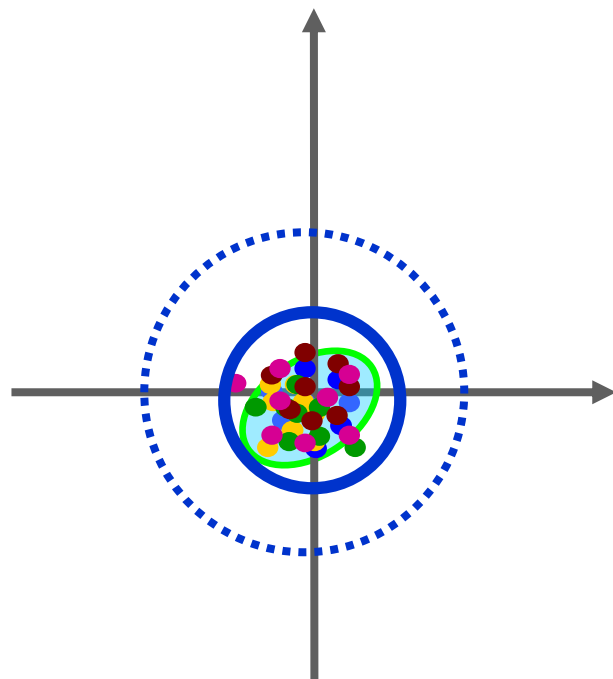
ESTRATÉGIA DE IGRT

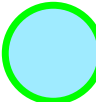
OFFLINE



Tipos de Erros

- Se os erros sistemáticos e randômicos forem reduzidos, a acurácia pode ser melhorada ainda mais!



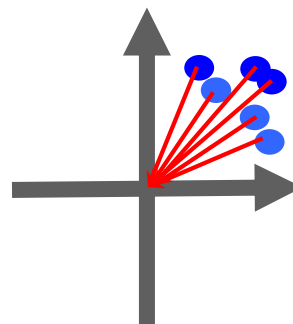
 Erros Randômicos

 Erros sistemáticos

 Margem Populacional

ESTRATÉGIA DE IGRT

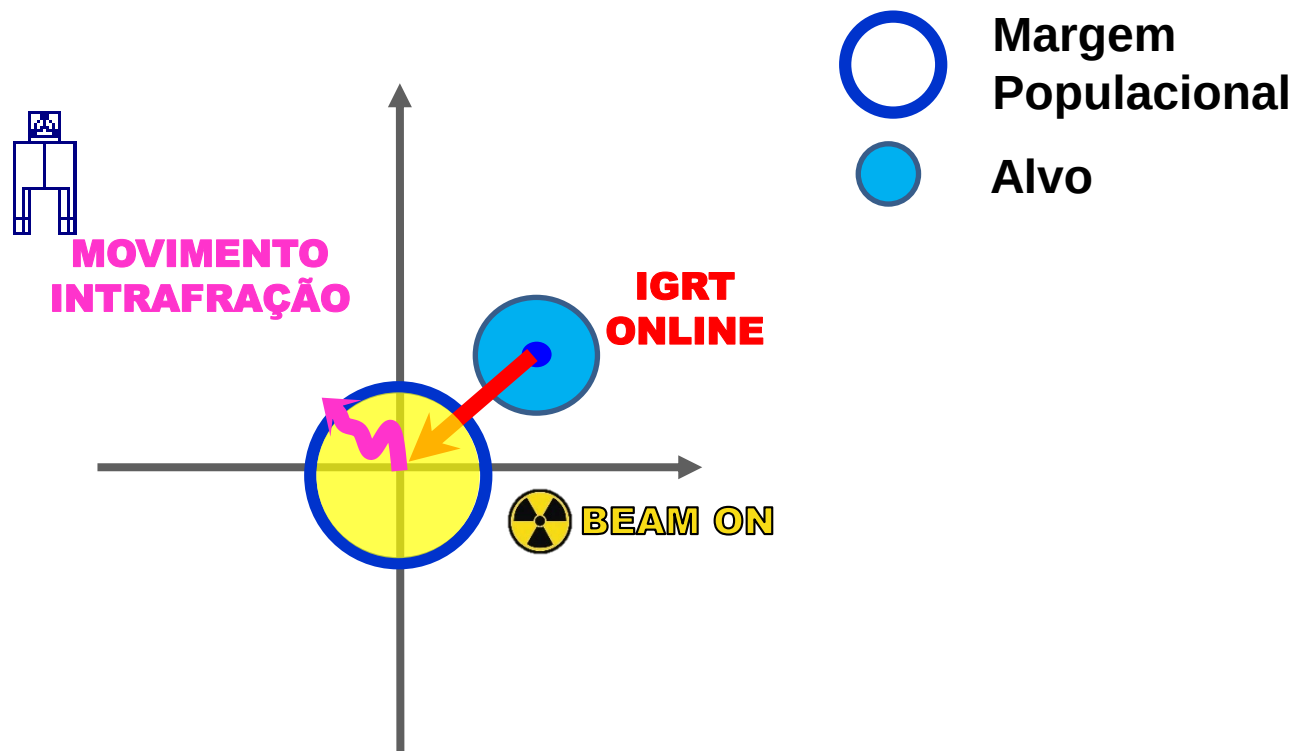
ONLINE



ATÉ AGORA SÓ ERROS INTERFRAÇÃO...

Tipos de Erros

- O uso de IGRT Online permite reduções mais agressivas nas margens... Mas...



ERROS INTRA-FRAÇÃO SE TORNAM IMPORTANTES EM CENÁRIOS DE MARGENS REDUZIDAS E HIPOFRACIONAMENTO

Limitações métodos de IGRT

- Imagens volumétricas 3D baseadas em Raios-X
 - **INTERFRAÇÃO**
 - Representação de um momento apenas
 - Não possibilita monitoramento em tempo real
 - Não possibilita gerenciamento de movimento / respiratório
- Métodos **INTRAFAÇÃO**:
 - Imagens estáticas:
 - Raios X (kV e MV): em geral 2D, qualitativa
 - Exactrac: 3D e quantitativa, uso limitado para monitoramento (aplicabilidade em osso/fiducial e referência absoluta apenas)
 - Tempo real
 - US: aplicabilidade limitada, imagem baixa qualidade torna interpretação difícil
 - Calypso: invasivo, aplicabilidade limitada, monitoramento coordenadas apenas
 - MR: imagem praticamente ideal, mas alto custo e complexidade

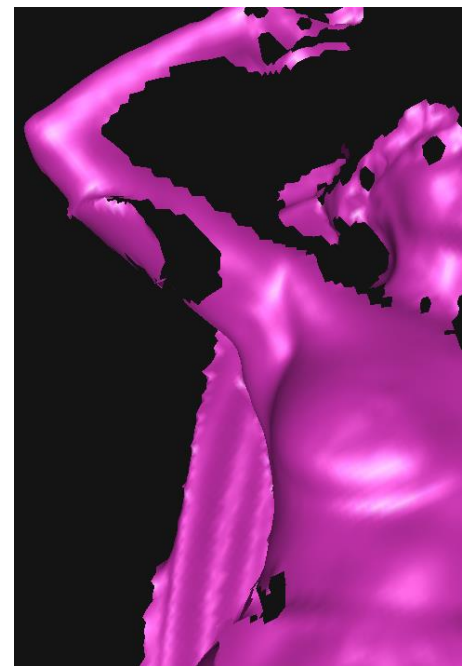
Controle de
postura do
paciente
limitada



SGRT = Surface Guided Radiotherapy

IGRT baseada em posicionamento e monitoramento de superfície

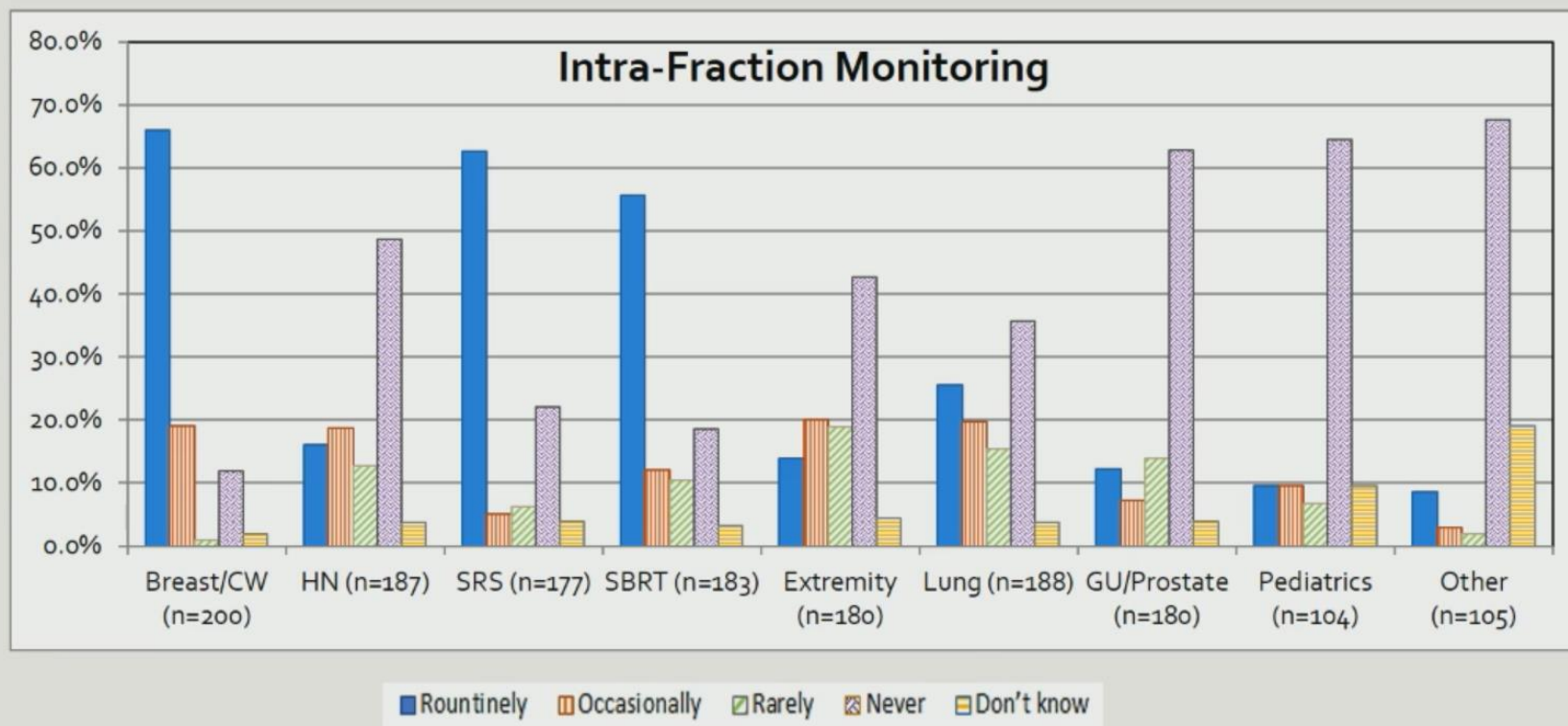
- Tempo real
- Imagens 3D com precisão submilimétrica
- Rotações e translações
- Visualização da postura do paciente
- Não ionizante e não invasiva
- Gating



LIMITAÇÃO: Superfície externa é a referência!

- Correlação Superfície $\Leftrightarrow$ Alvo ??
- SGRT é utilizada em conjunto com imagens volumétricas ou par de imagens planares

Uso Atual do SGRT nos EUA (2018)



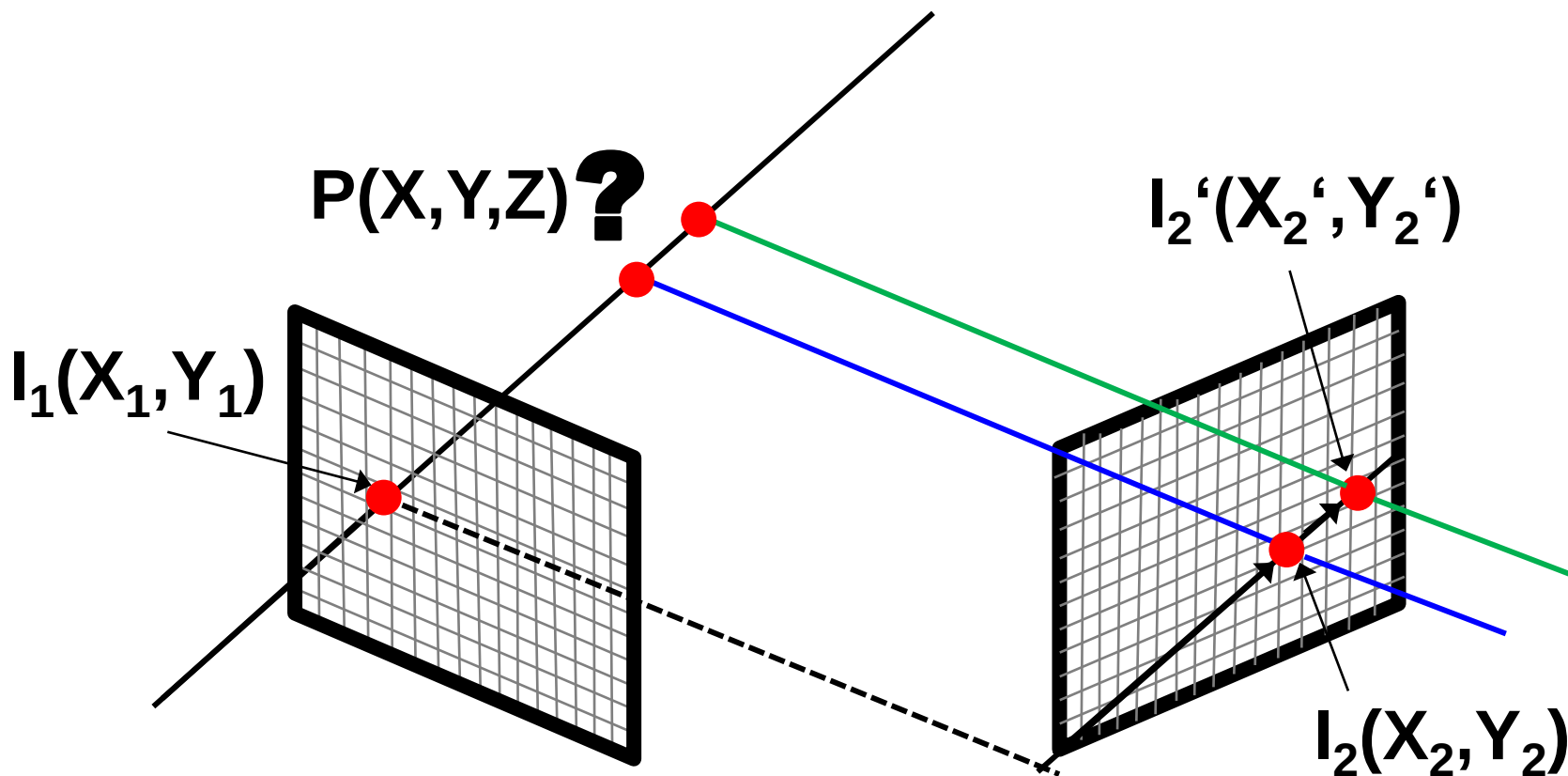
PO-GePV-P-82: A Survey of Surface Imaging Use in Radiation Oncology in the United States. Padilla, Havnen-Smith, Cervino, al-Hallaq.



**HOSPITAL
SÍRIO-LIBANÊS**

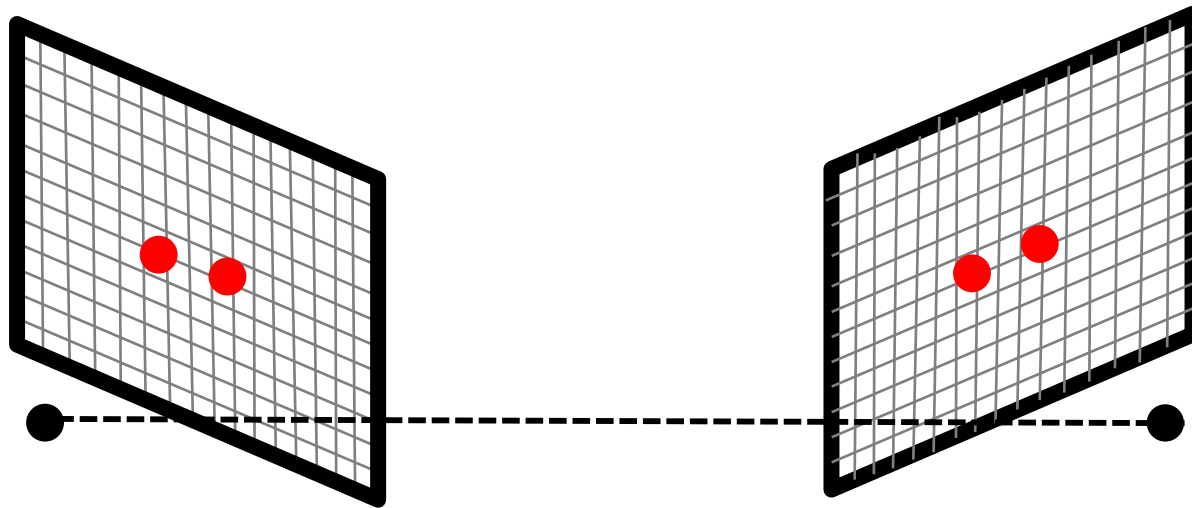
Sistema Estereoscópico

Geometria Epipolar



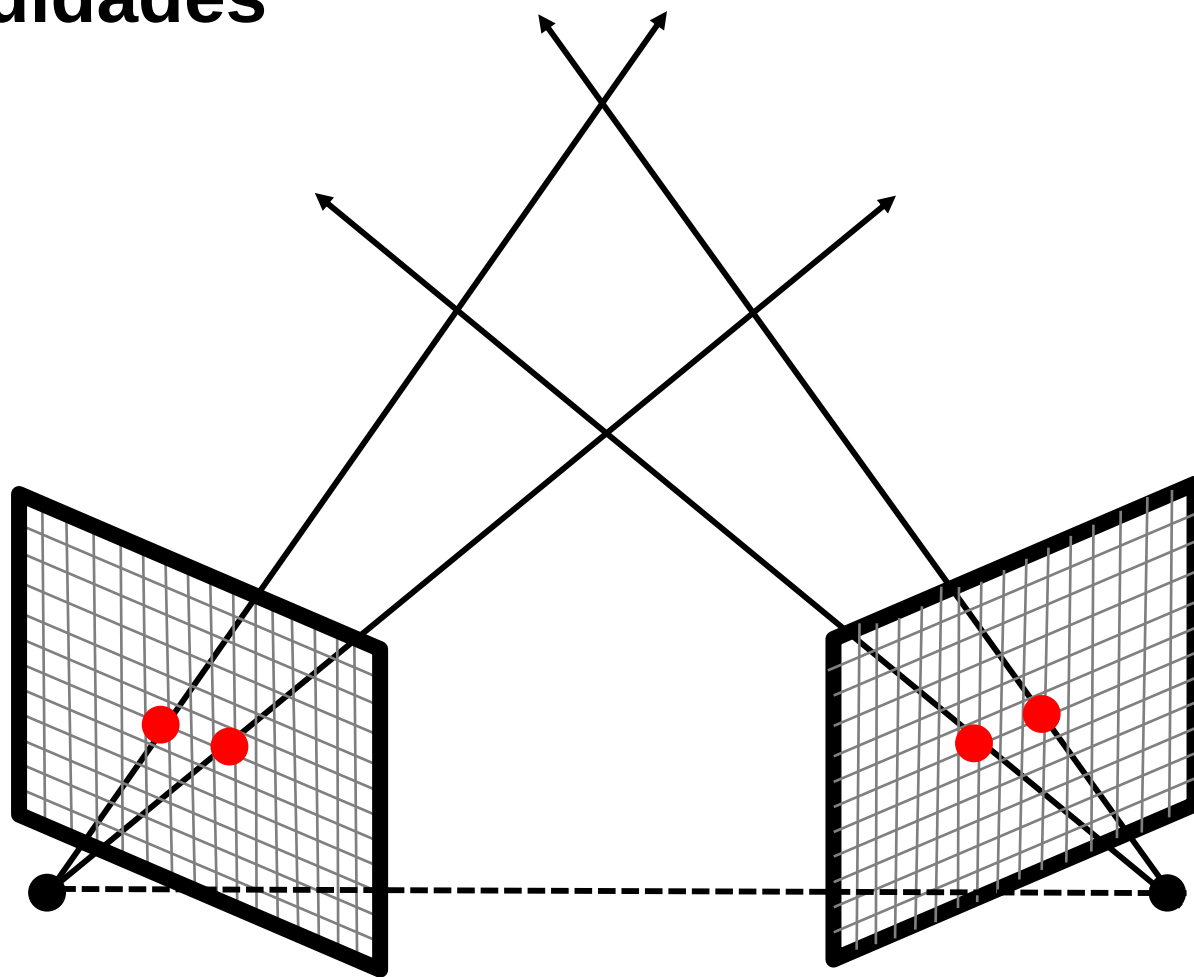
Sistema Estereoscópico

Ambiguidades



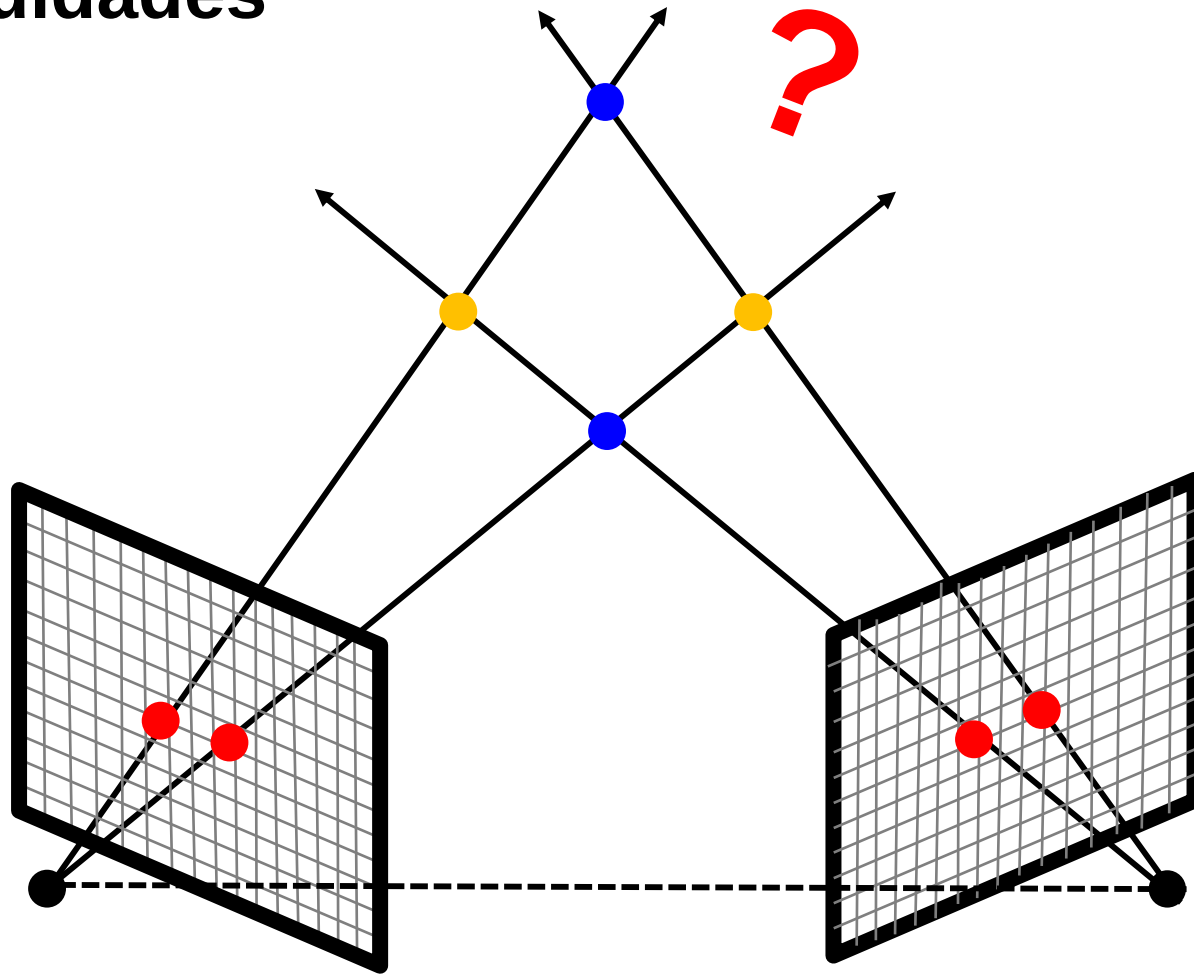
Sistema Estereoscópico

Ambiguidades



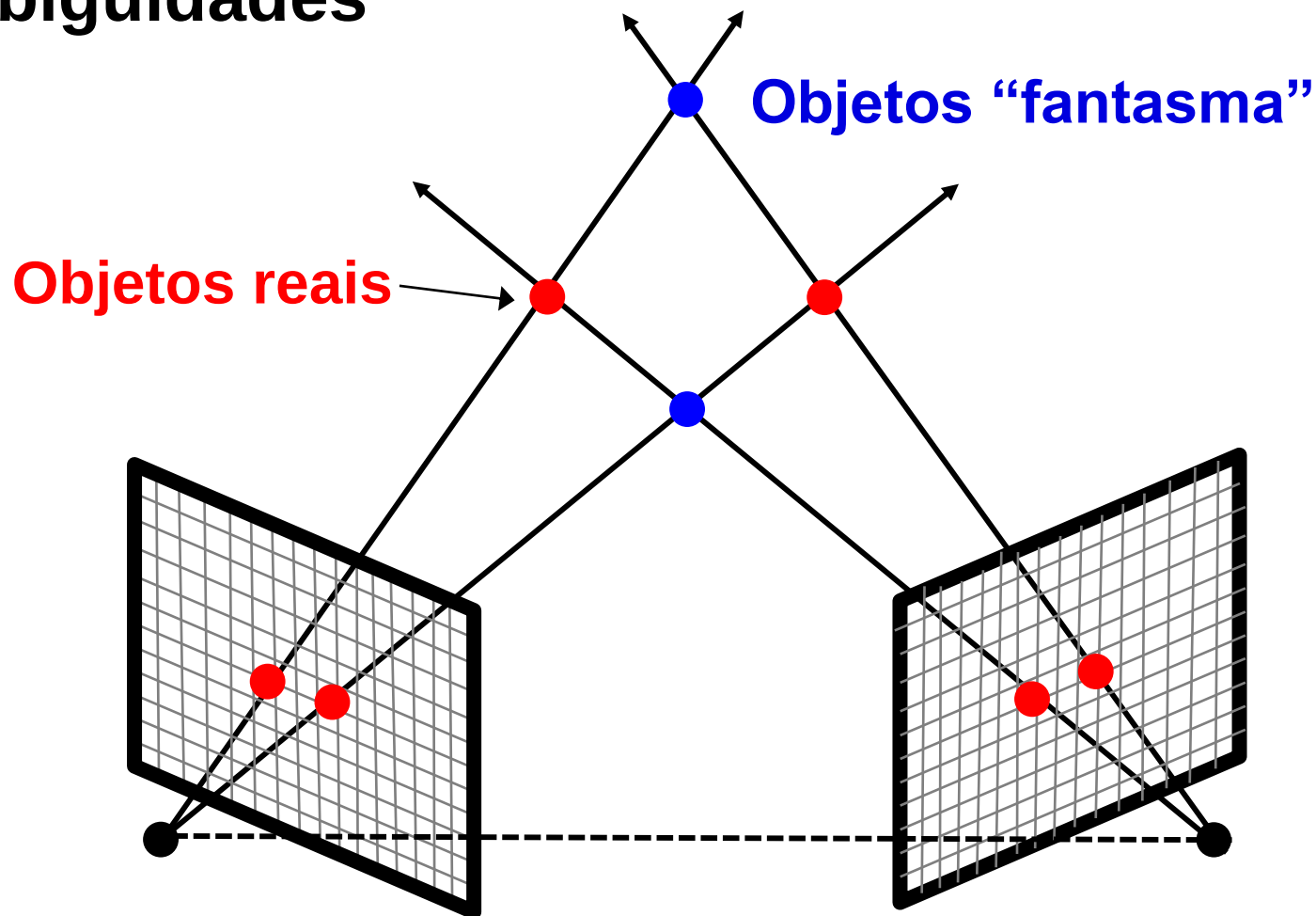
Sistema Estereoscópico

Ambiguidades



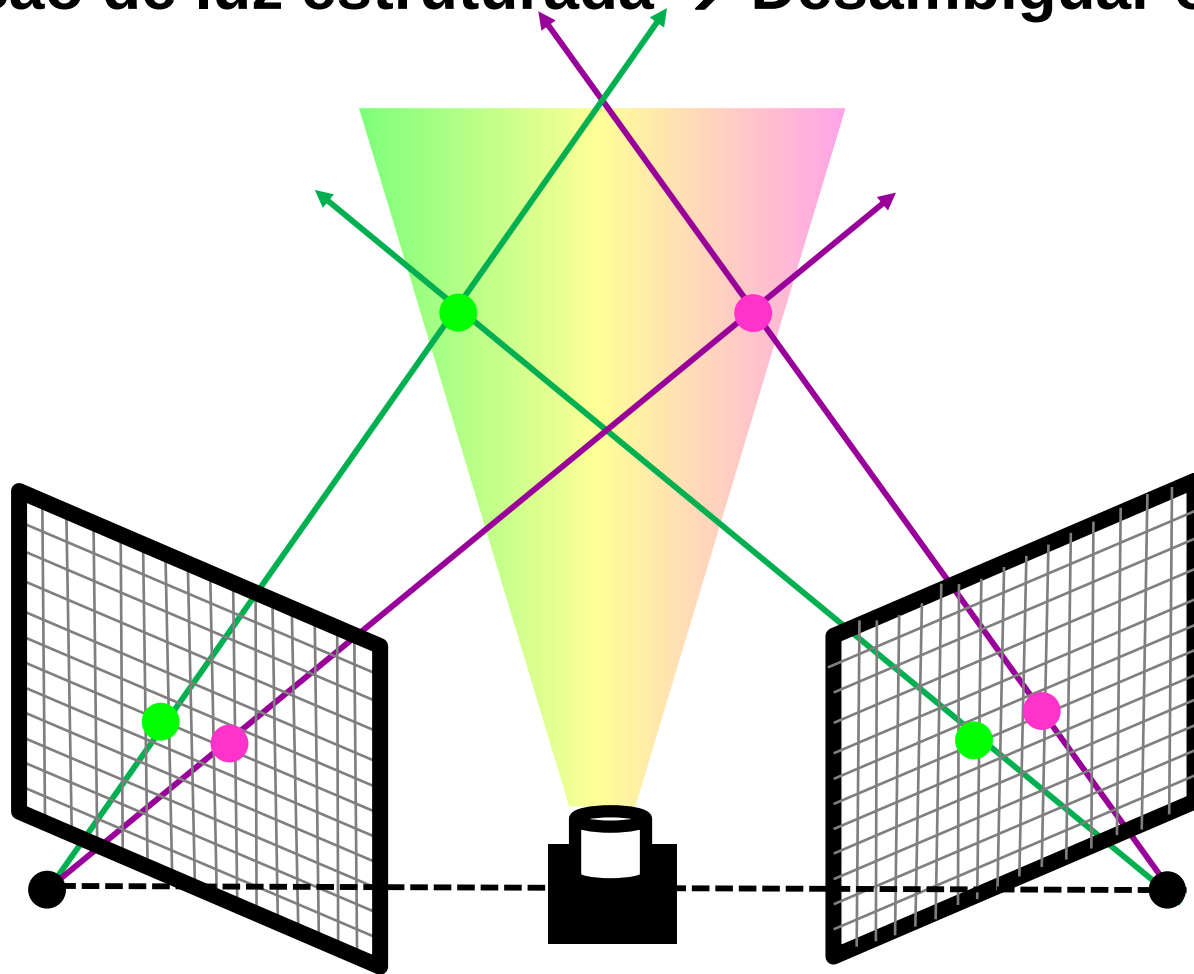
Sistema Estereoscópico

Ambiguidades

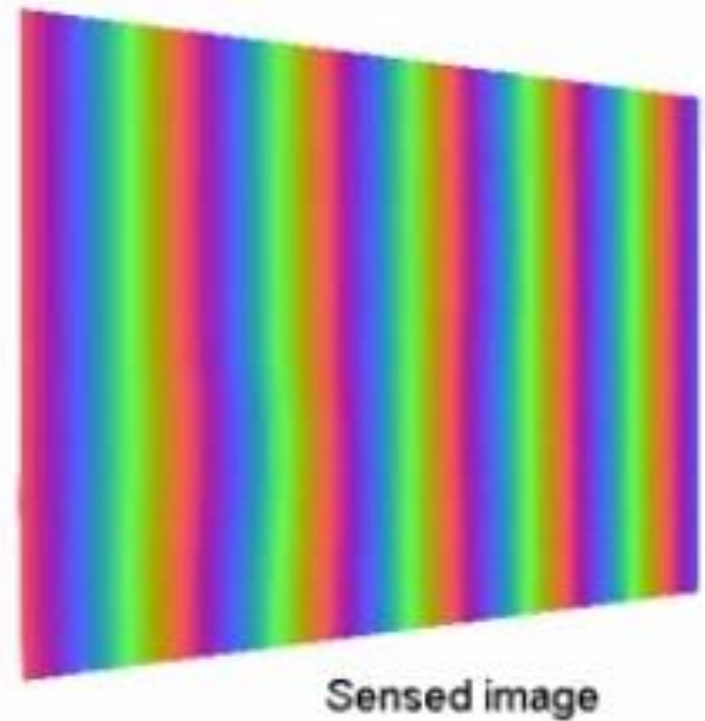
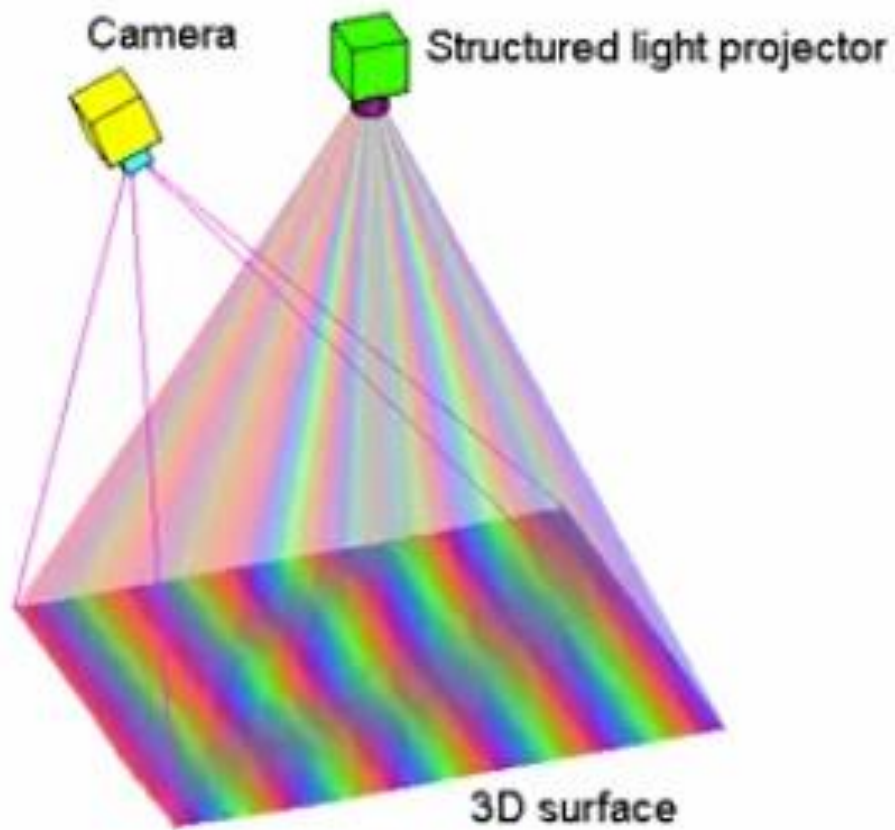


Sistema Estereoscópico

Introdução de luz estruturada → Desambiguar objeto 3D

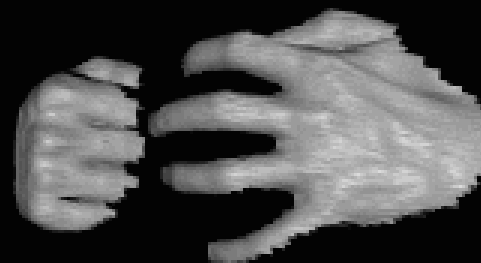


Luz Estruturada

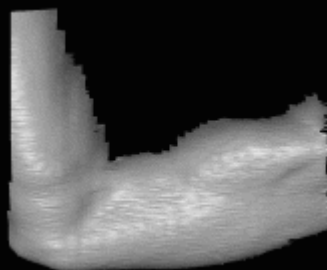
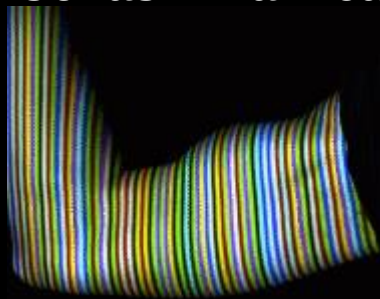


Luz Estruturada

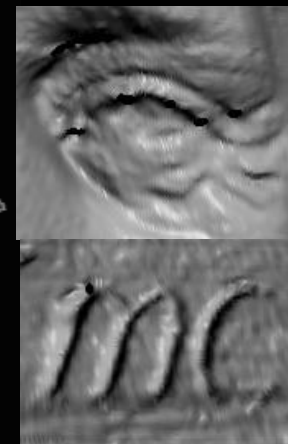
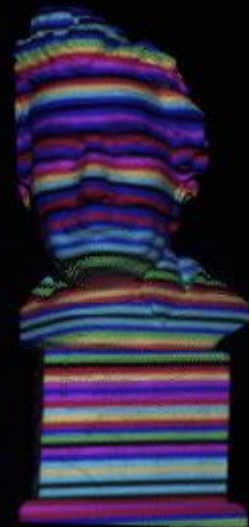
Imagem Estática



Cenas Dinâmicas



Escaneamento alta resolução

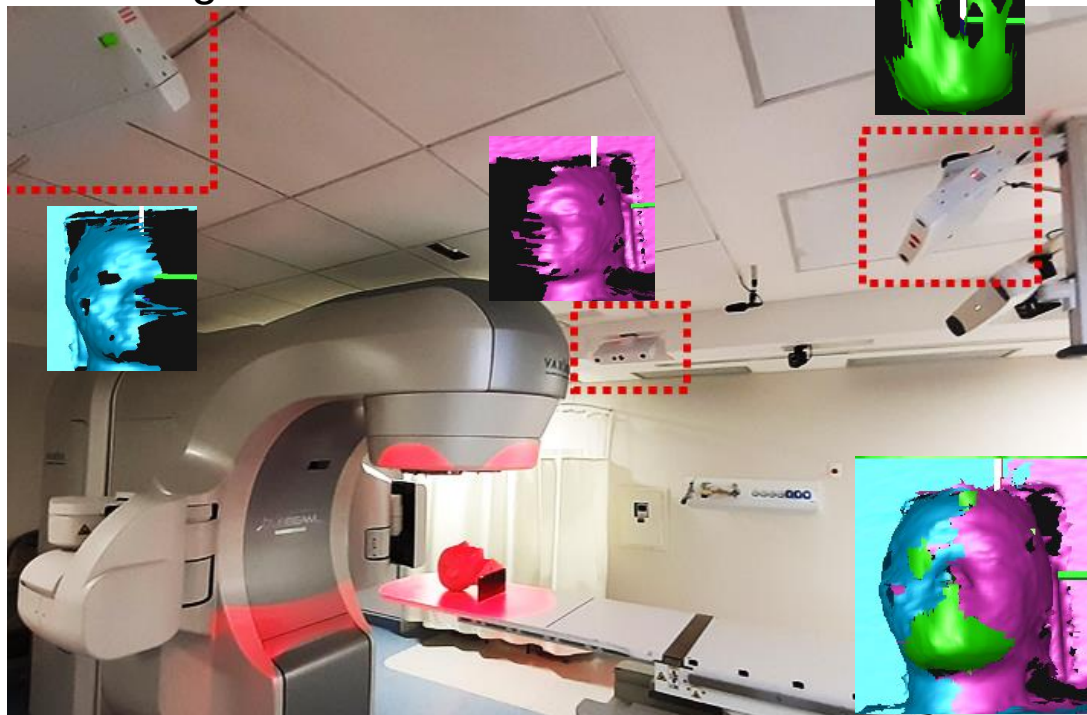
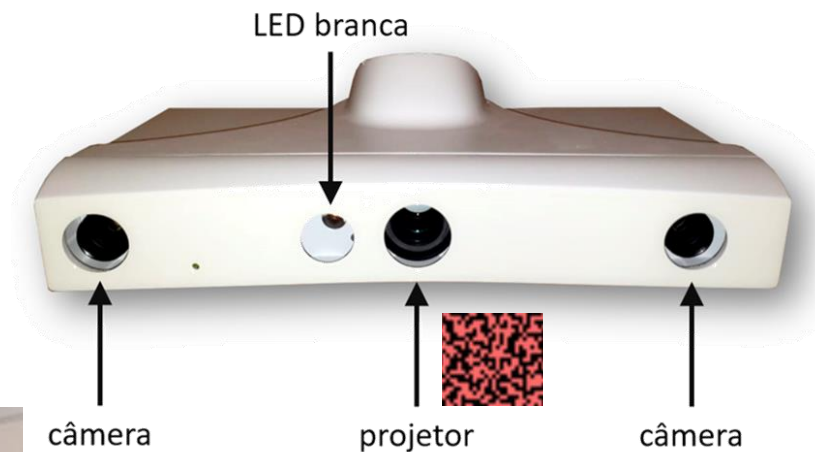


SGRT = Surface Guided Radiotherapy

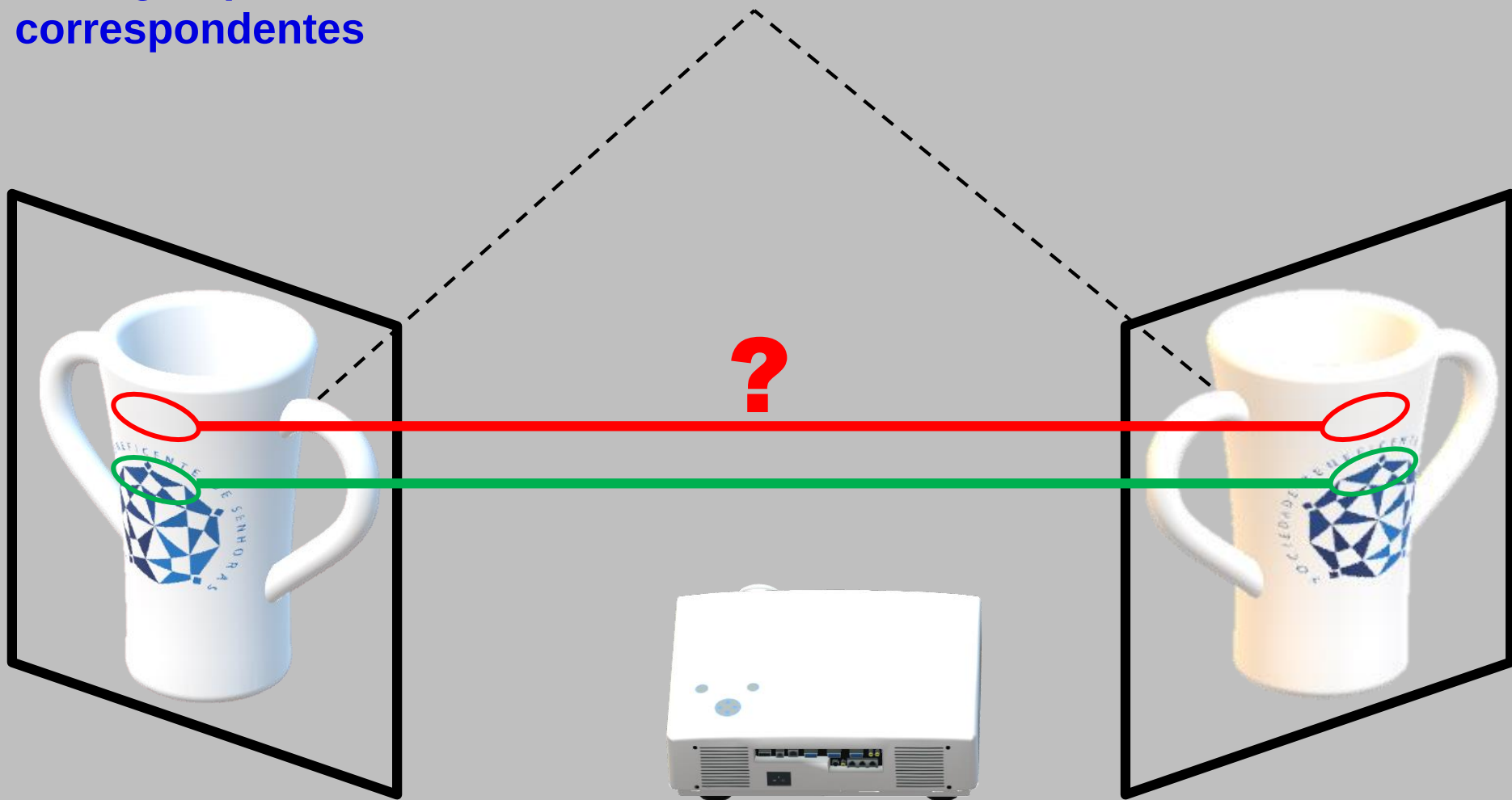
OSMS / RT Align[®] (VisionRT[®])

Posicionamento e monitoramento baseada em superfície em tempo real

- Avaliação em 6D, Precisão <1mm, 1°
- Não ionizante, não invasivo
- Gating



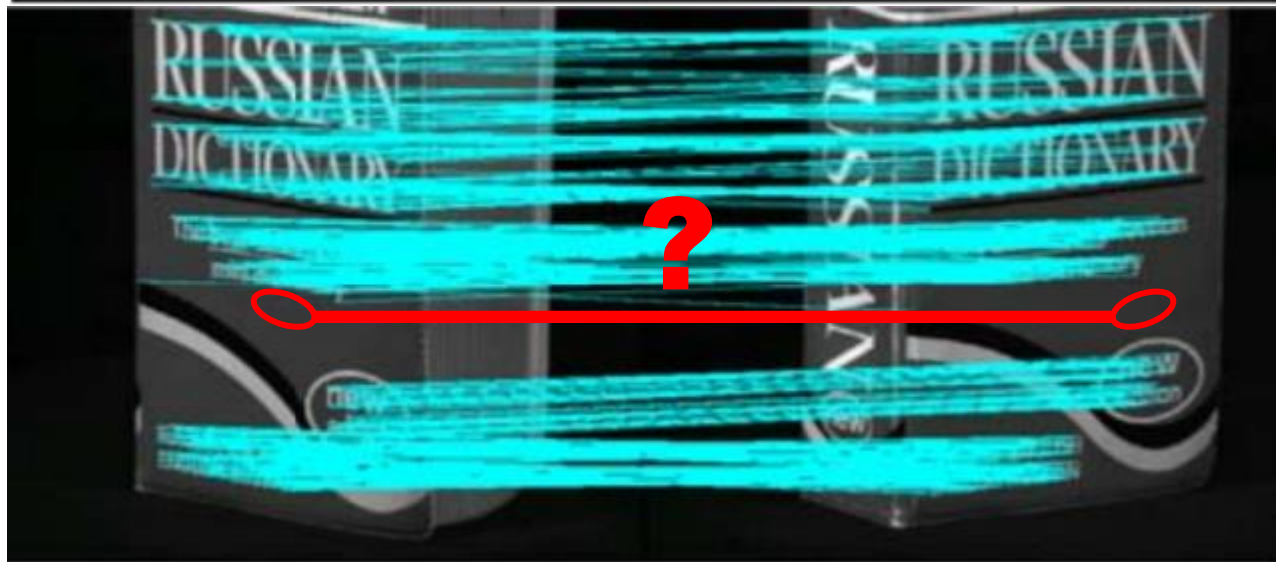
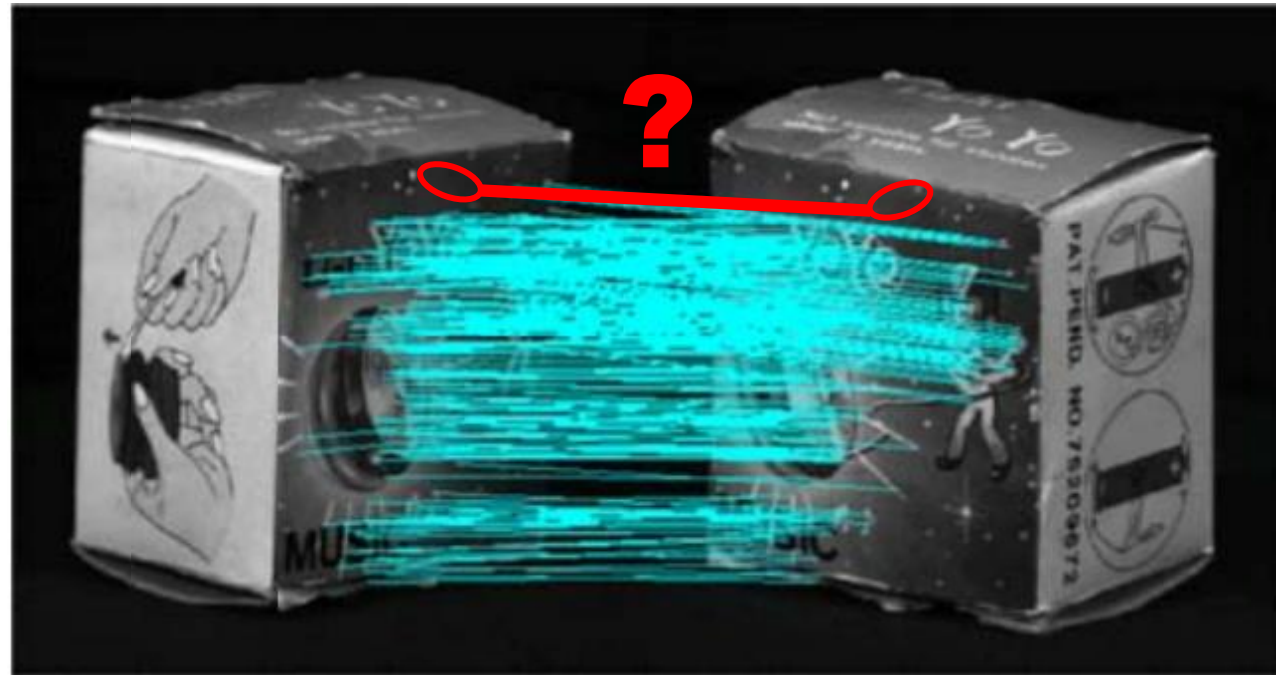
Existem regiões onde
não é possível
distinguir pontos
correspondentes



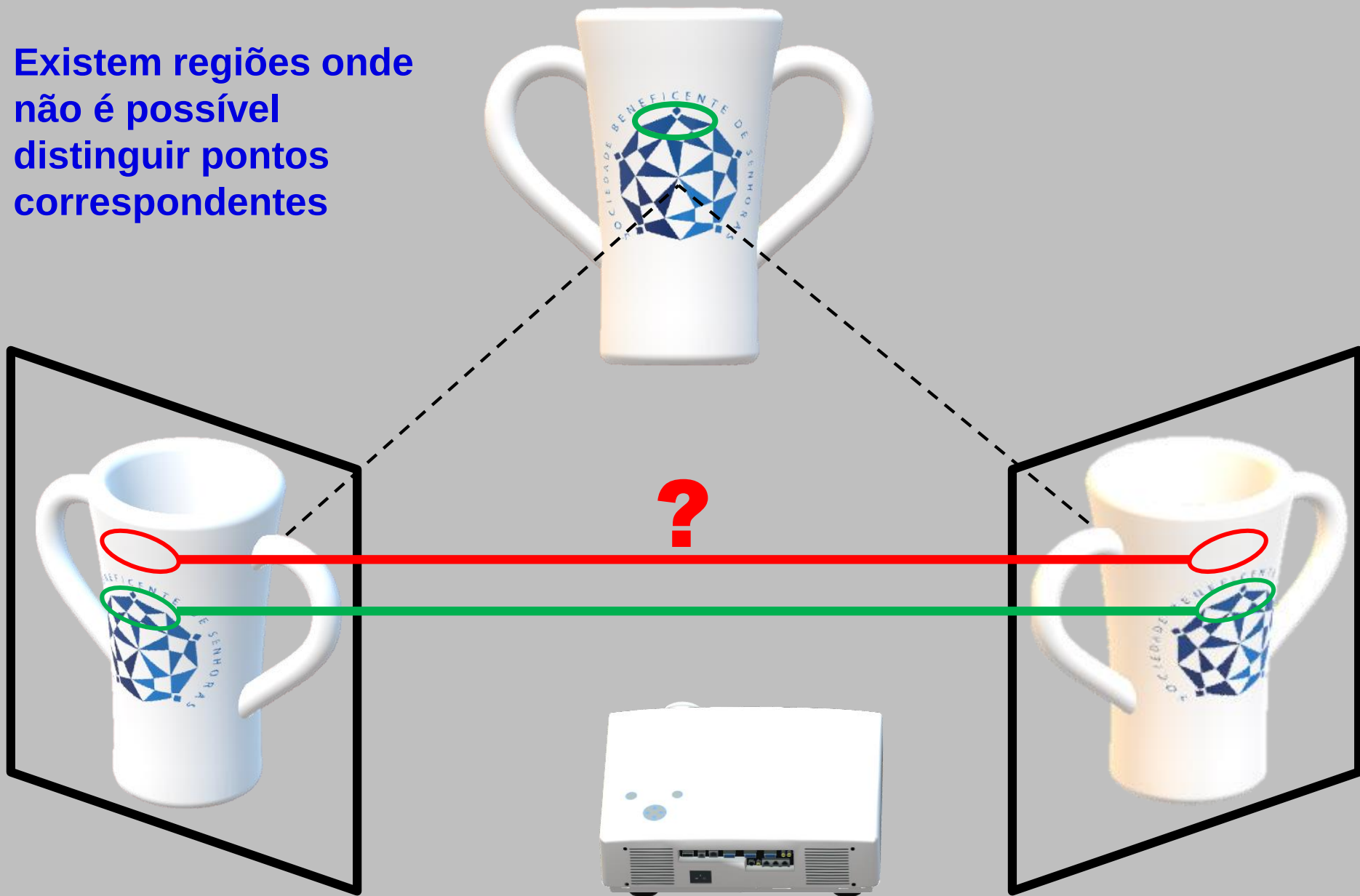
Reconstrução 3D de Superfícies

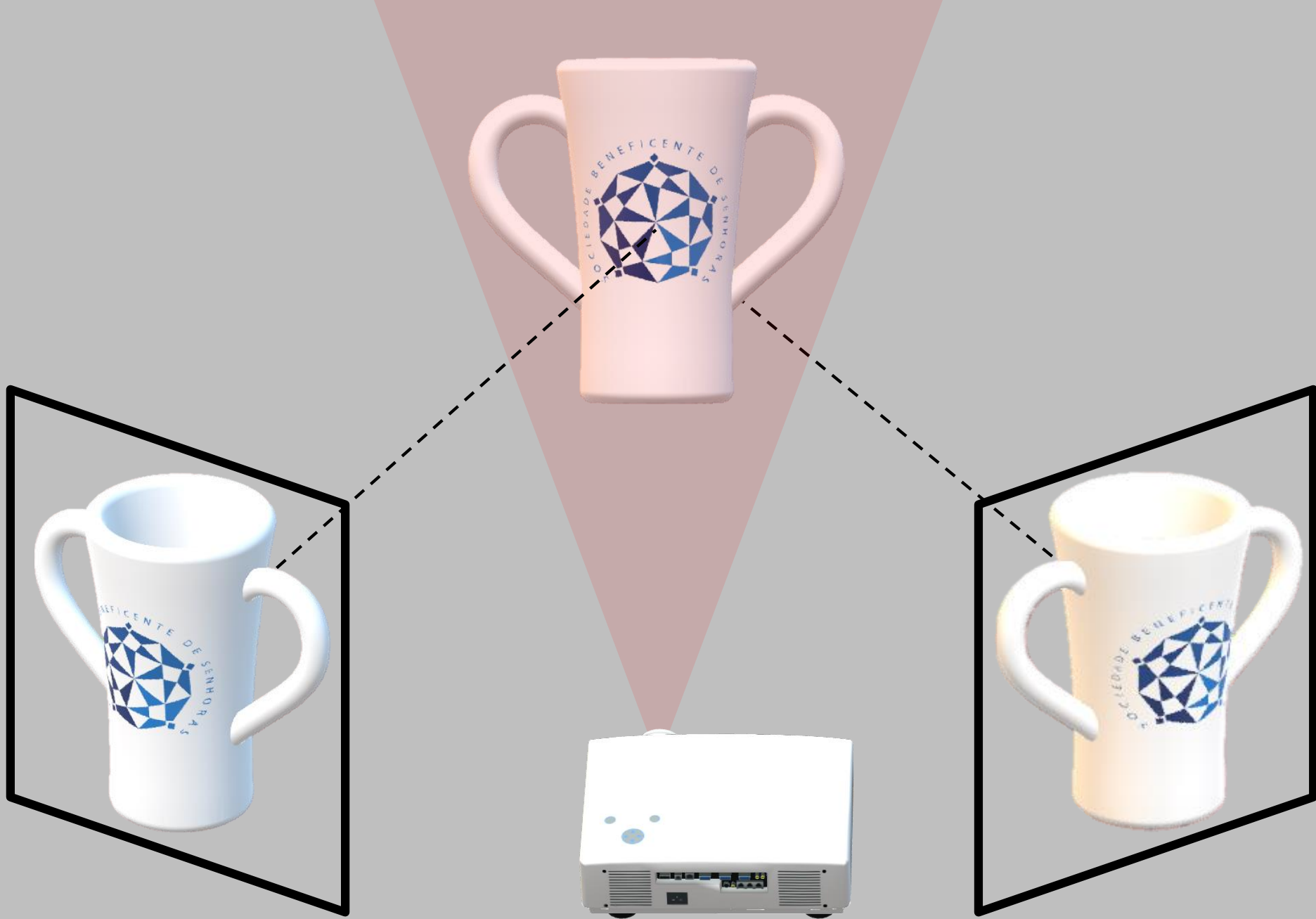
DESAFIO:

Busca por pontos correspondentes



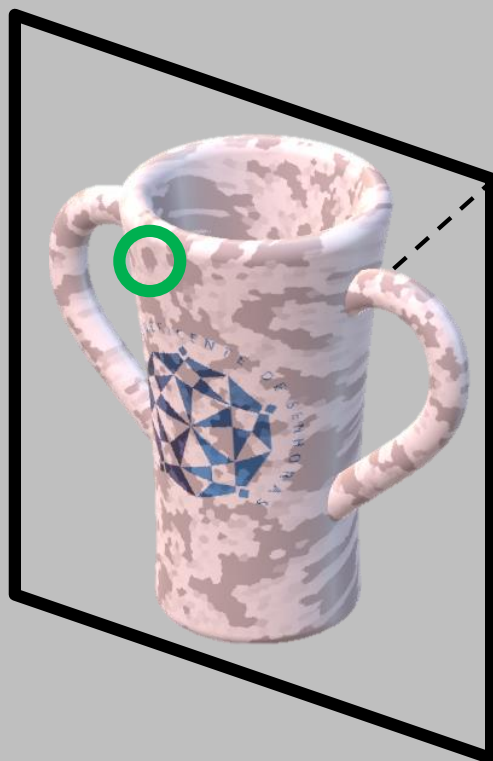
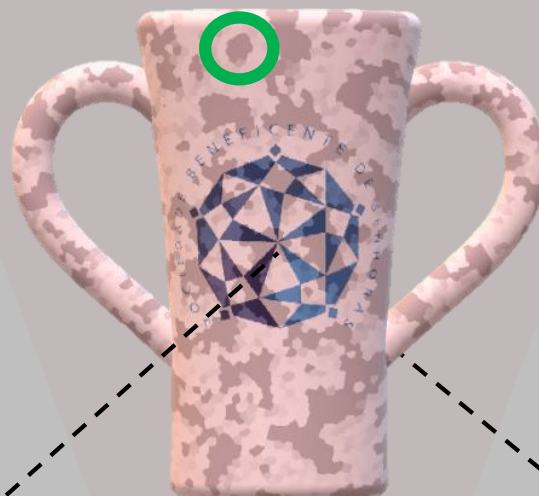
Existem regiões onde
não é possível
distinguir pontos
correspondentes



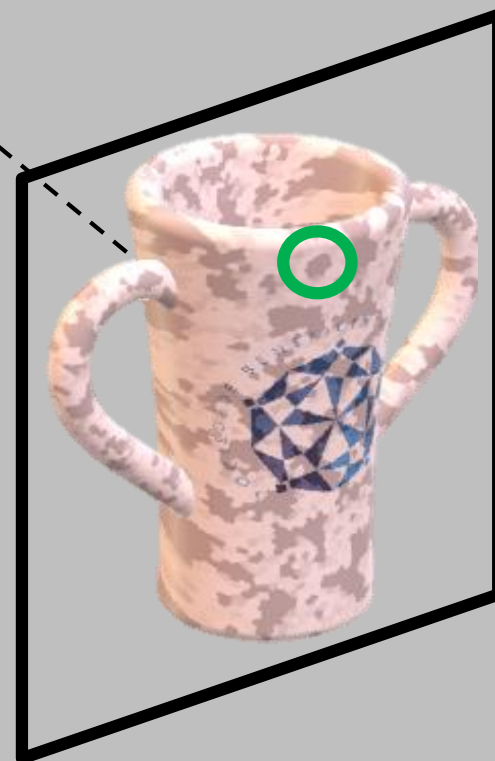


**HOSPITAL
SÍRIO-LIBANÊS**

Cada ponto do objeto
se torna único



Projeção de Padrão
Pseudo-Randômico



HOSPITAL
SÍRIO-LIBANÊS

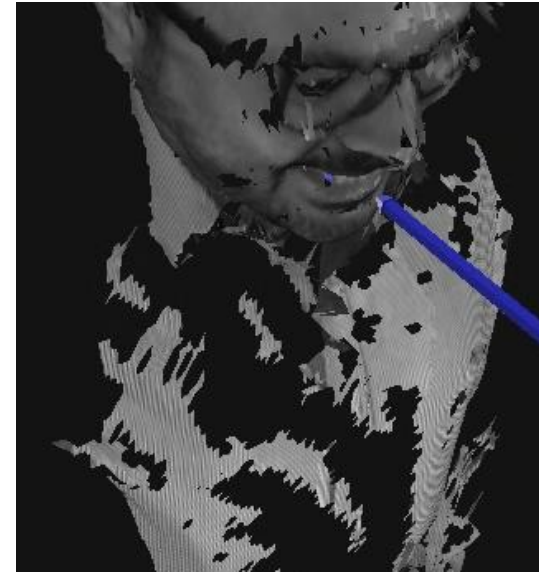
Reconstrução 3D de Superfícies do Corpo Humano



Left input



Right input



Funcionalidade

POSICIONAMENTO

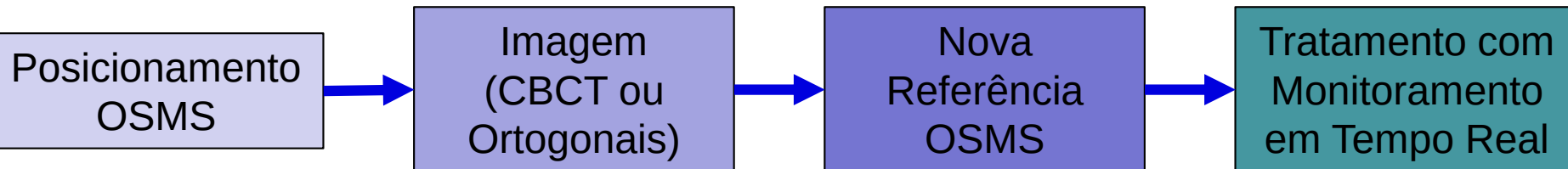
- 6D baseado em superfície
- ~24 frames/s
- Delocamento de mesa automático
- Superfícies de referência possíveis
 - “Body” da CT feito no TPS
 - Superfície adquirida num dado momento

MONITORAMENTO

- 6D em tempo real
- Amostragem ~ 200ms
- Origem resetável 0,0,0
- Sensibilidade sub-mm
- Possível verificar correções do IGRT com kV ou CBCT
 - Suspensão automática de feixe com tolerância paciente específica



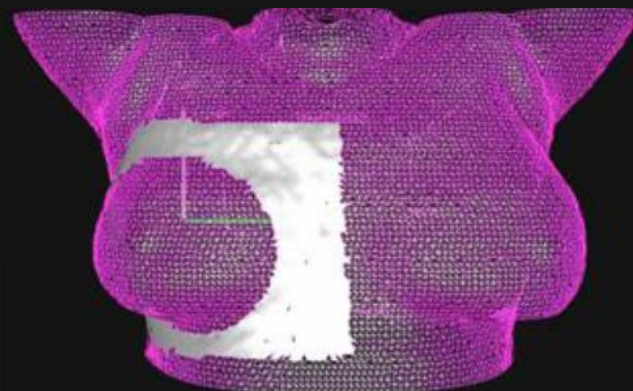
SGRT = Surface Guided Radiotherapy



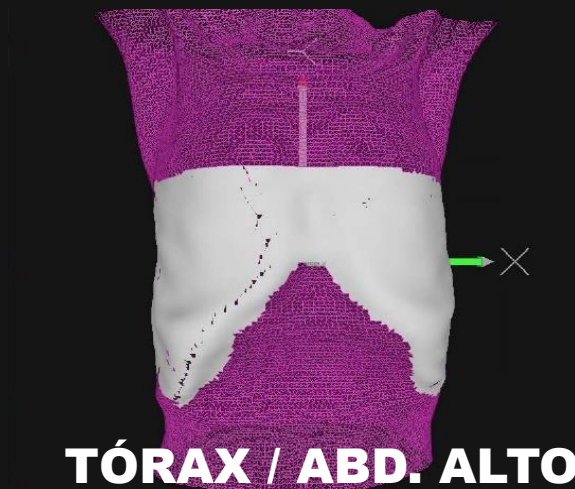
MUITO IMPORTANTE: DEFINIÇÃO DA ROI



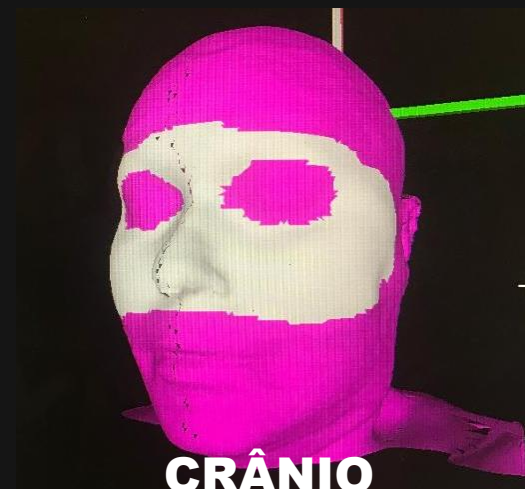
Exemplos ROIs



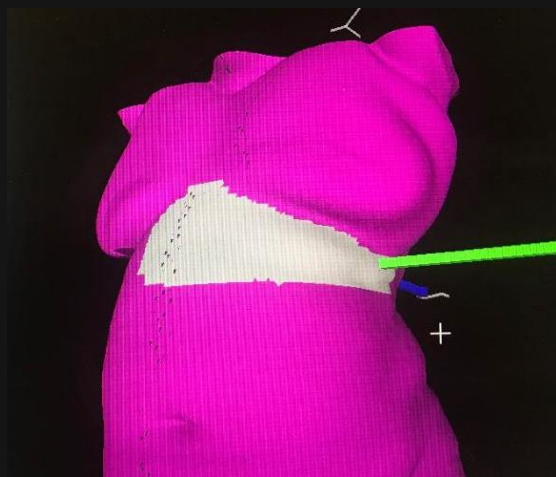
MAMA PENDULAR



TÓRAX / ABD. ALTO



CRÂNIO



ARCO COSTAL



PELVE



PERNA

SGRT = Surface Guided Radiotherapy

Exemplo: Mama

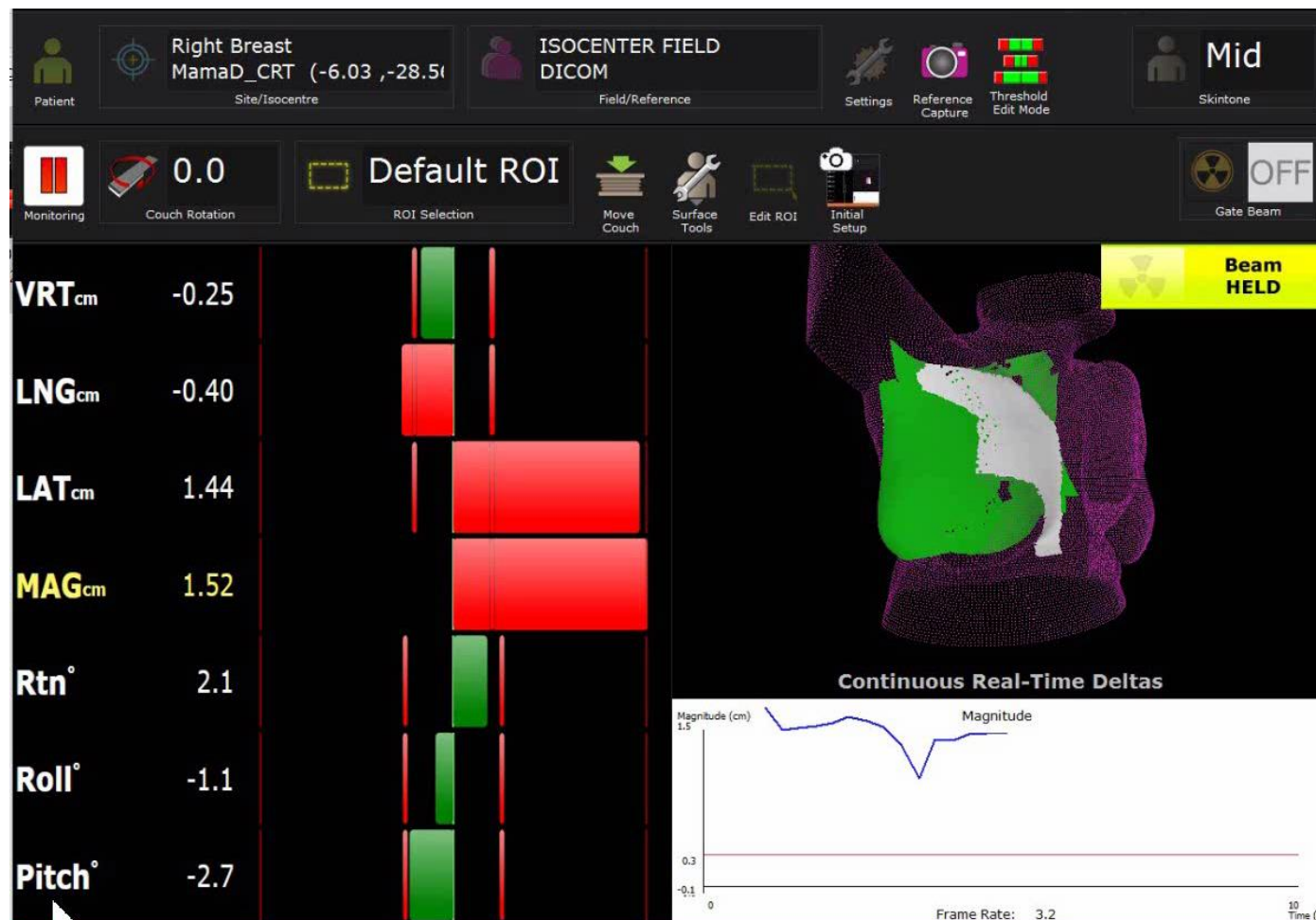
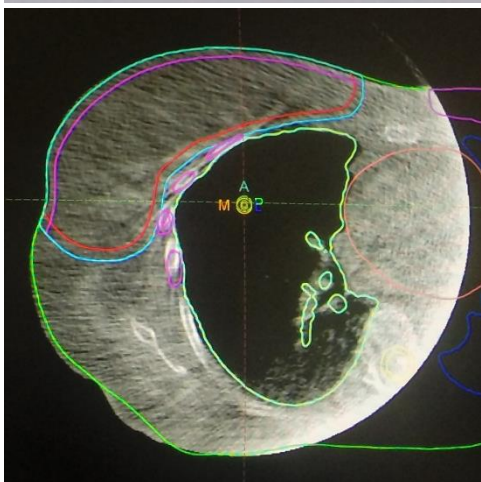
CBCT após OSMS

Mudança da mesa [cm]

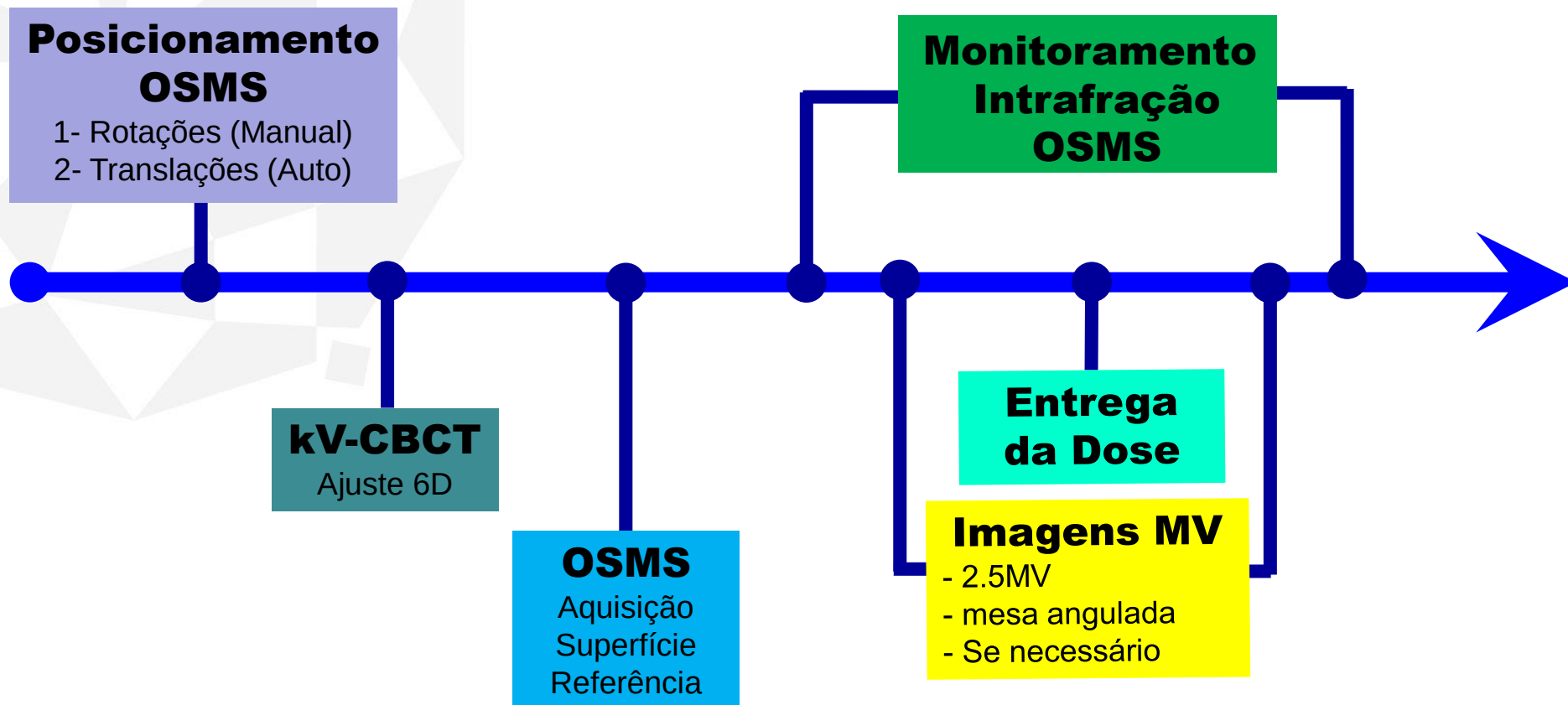
Vrt +0.12

Lng +0.36

Lat +0.03

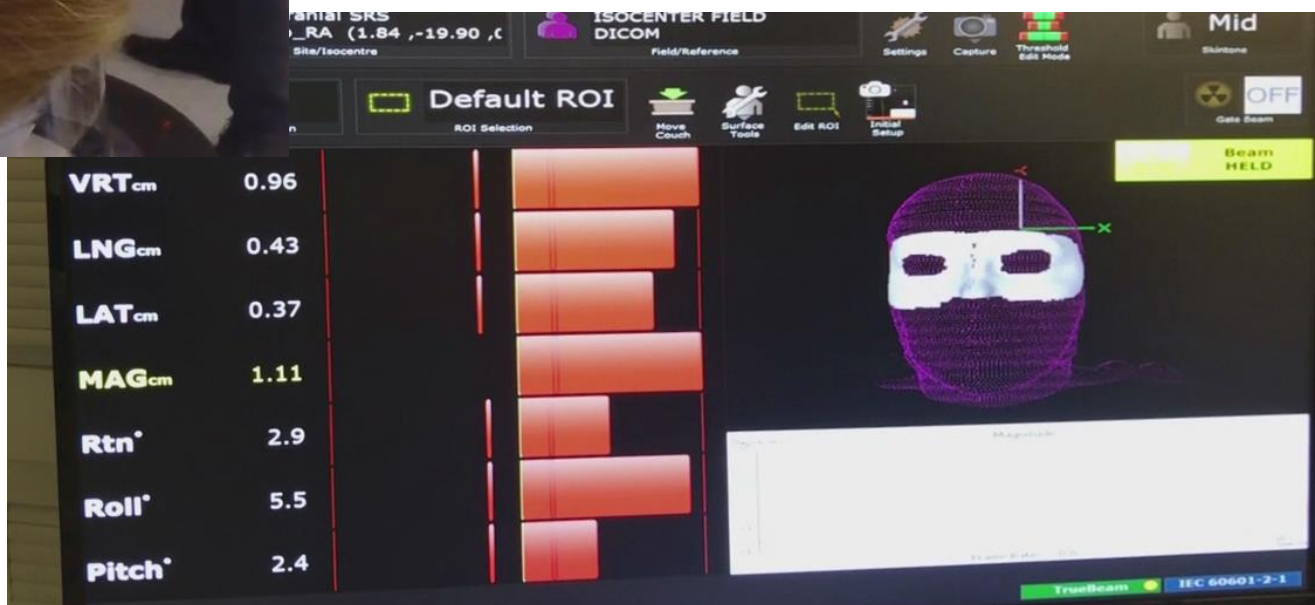


Processo: SRS em Crânio



SGRT = Surface Guided Radiotherapy

Exemplo: Crânio



HOSPITAL
SÍRIO-LIBANÊS

SGRT = Surface Guided Radiotherapy

Exemplo: Crânio

Mudança da mesa [cm]

Vrt -0.17

Lng +0.03

Lat -0.04

CBCT após OSMS



**TOLERÂNCIA:
1 mm (VETOR 3D)**

$$\vec{V}(0,7/0,5/0,5) \sim 1 \text{ mm}$$

$$\vec{V}(0,7/0,7/0,0) \sim 1 \text{ mm}$$

VRT_{cm} 0.00

LNG_{cm} 0.00

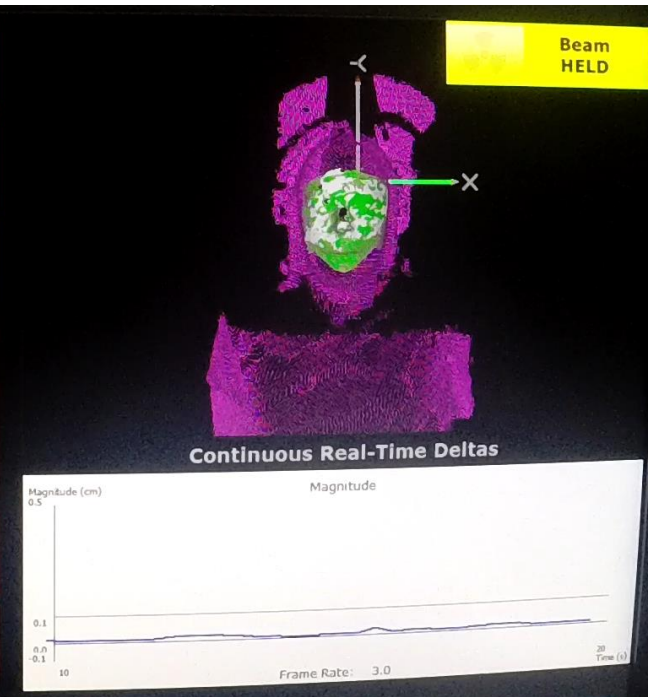
LAT_{cm} -0.01

MAG_{cm} 0.01

Rtn° 0.0

Roll° 0.1

Pitch° 0.0

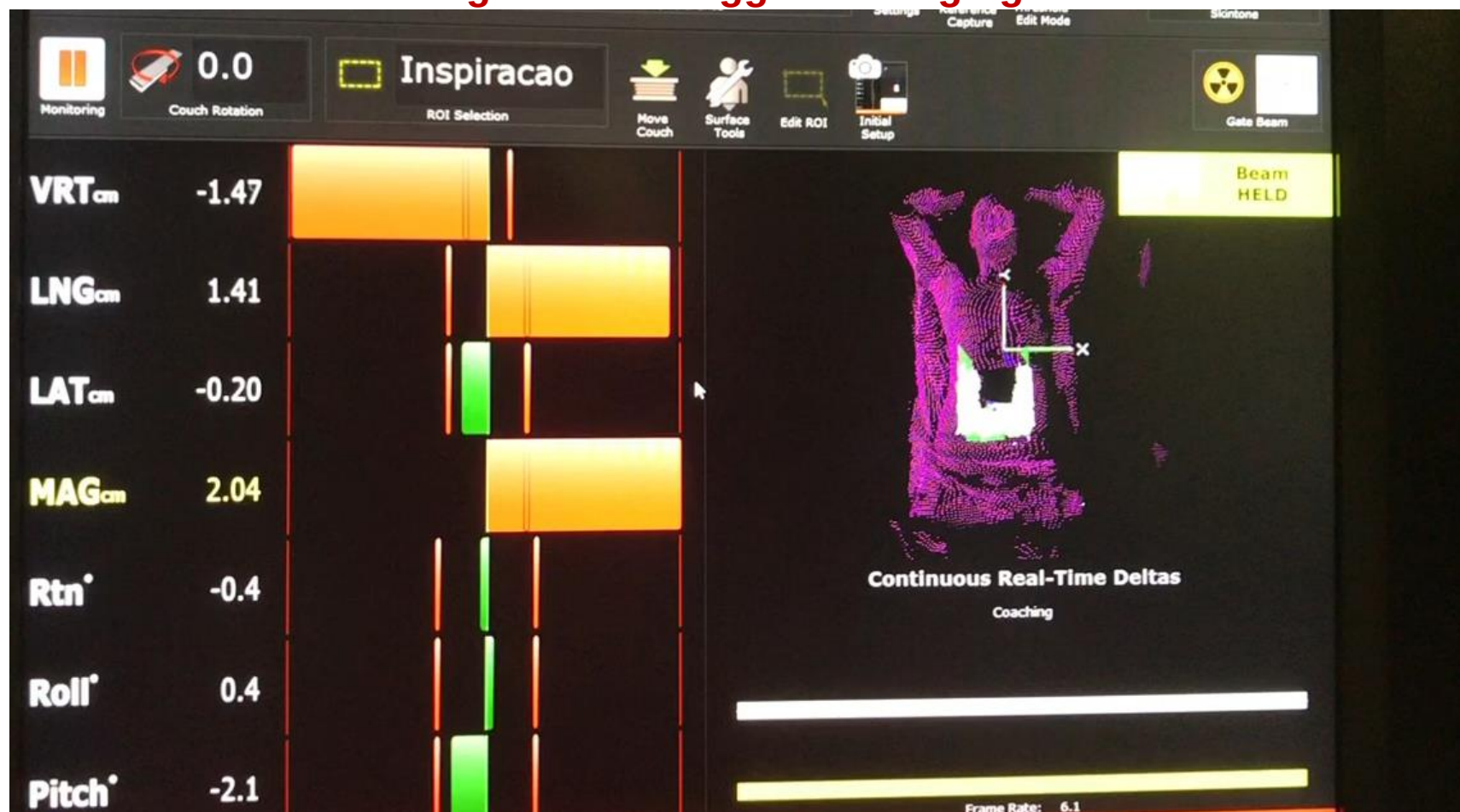


**HOSPITAL
SÍRIO-LIBANÊS**

SGRT = Surface Guided Radiotherapy

Exemplo: SBRT em Pulmão Inspiração Profunda

→ OSMS com Coaching Visual + Triggered Imaging

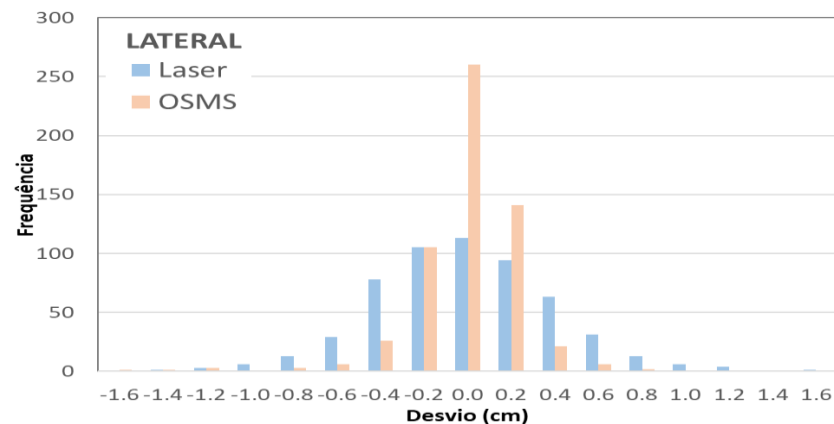
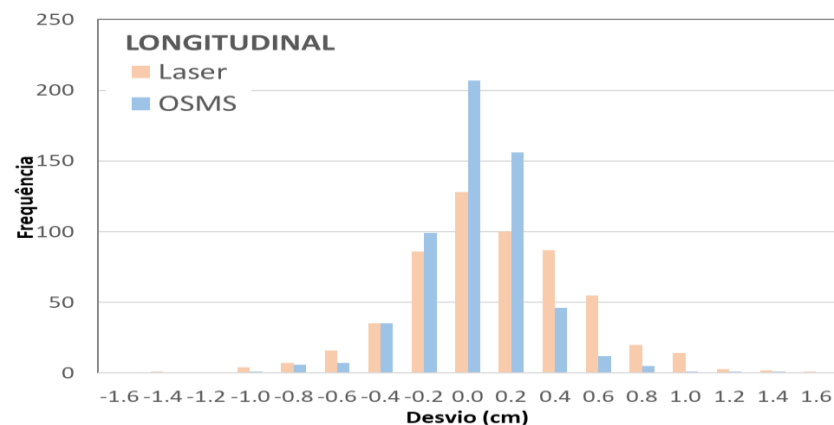
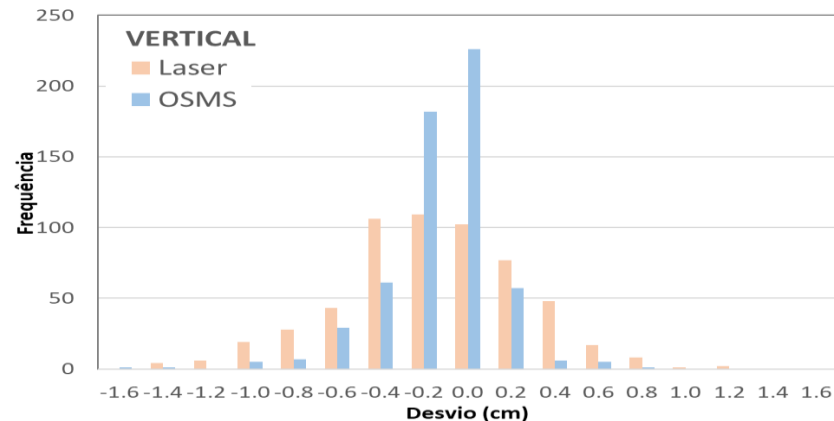
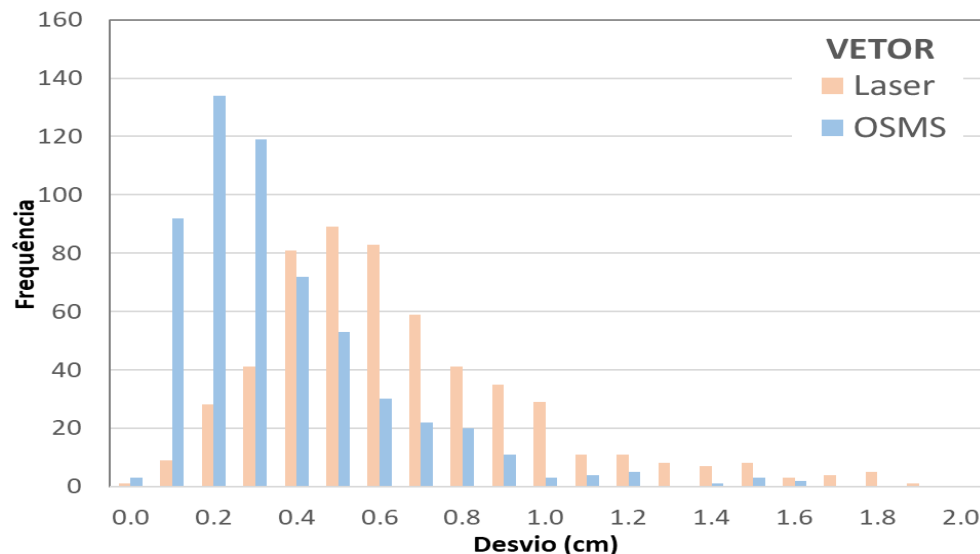


SGRT - Mama - HSL

(Dados institucionais preliminares)

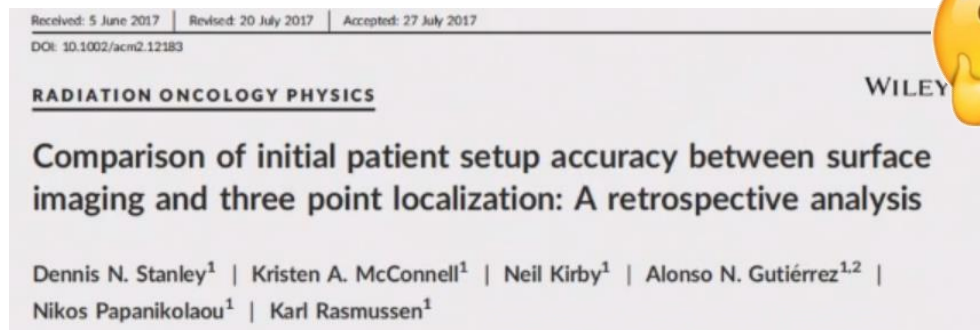
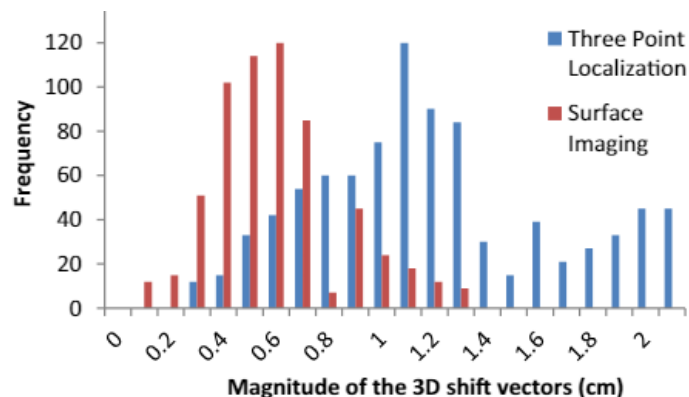
Avaliação com CBCT, Valores em (cm)

LASER (N=27/558)	M	Σ	σ	Margem
Vrt	-0.18	0.26	0.45	0.97
Lng	0.11	0.23	0.36	0.84
Lat	-0.04	0.24	0.44	0.92
OSMS (N=31/577)	M	Σ	σ	Margem
Vrt	-0.13	0.13	0.21	0.48
Lng	0.04	0.17	0.22	0.57
Lat	-0.02	0.12	0.23	0.47



Experiência U. Texas – San Antônio

N = 6000 frações	LASER		SGRT	
	Three point localization		Surface imaging	
	Average(cm)	σ (cm)	Average(cm)	σ (cm)
Pelvis/lower extremities	0.9	0.4	0.6	0.3
Abdomen	1.0	0.5	0.5	0.3
Chest/upper extremities	0.9	0.6	0.5	0.3
Breast	1.4	0.7	0.6	0.2
Breast – My Institution	0.7	0.5	0.4	0.3



Stanley DN et al. Journal of Applied Clinical Medical Physics. 2017;18(6):58–61.



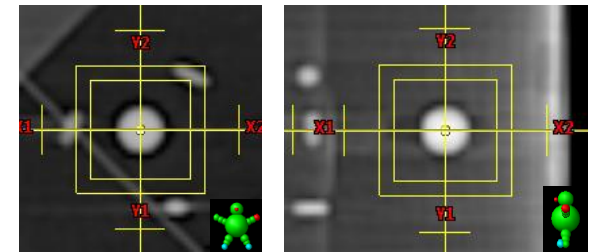
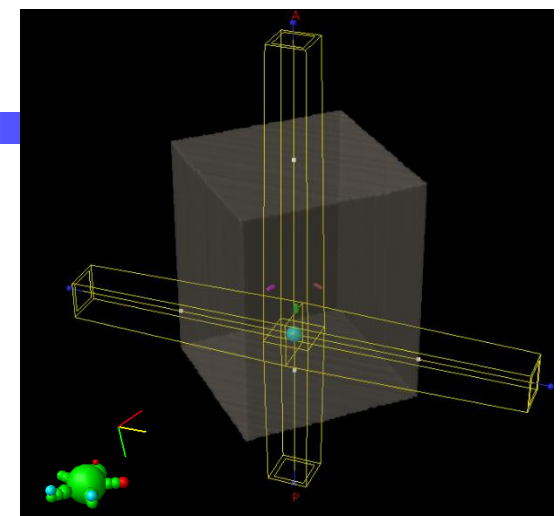
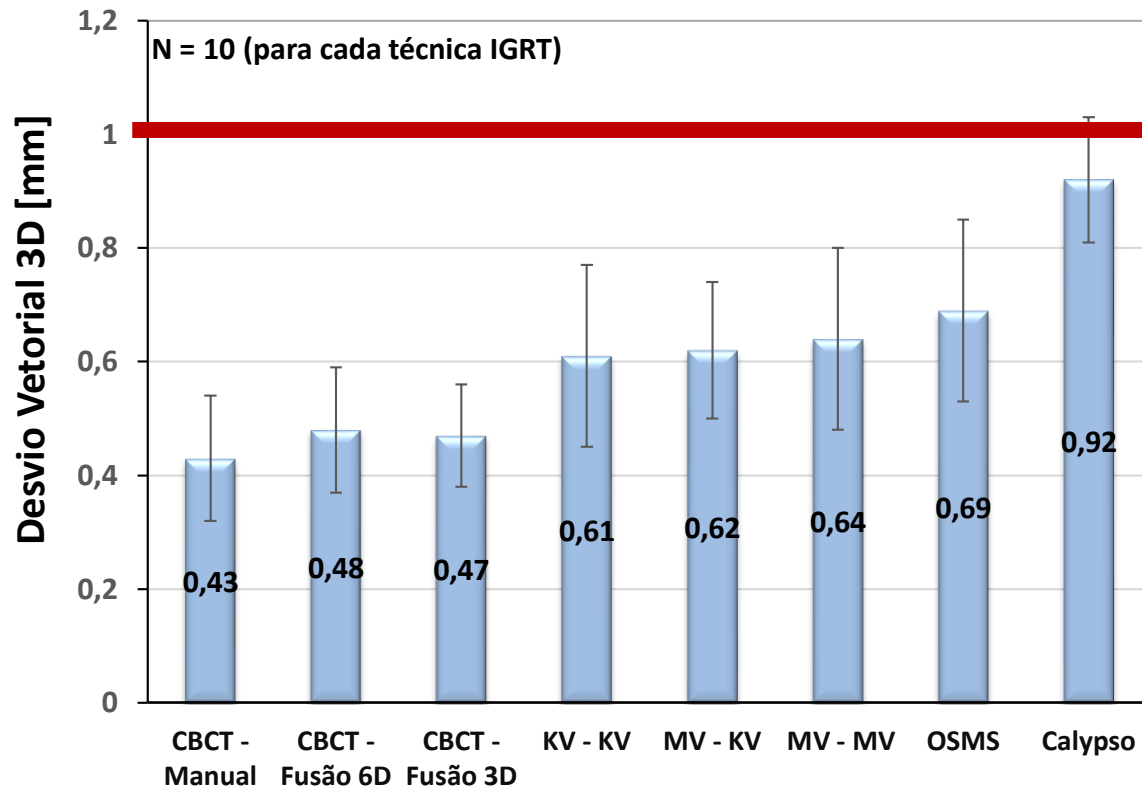
HOSPITAL
SÍRIO-LIBANÊS

Precisão dos Sistemas IGRT

Testes End-to-End:

Incerteza Global de posicionamento em relação ao isocentro de radiativo

Resultados de Teste End-to-End - Truebeam STX\Edge



Winston-Lutz Report (2019-07-10)

G0T0C270.dcm

G0T90.dcm

G270T0.dcm

G90T0.dcm

G0T270.dcm

G0T0.dcm

G180T0.dcm

G0T0C90.dcm

File	Long(mm)	Lat(mm)	Vert(mm)
G0T0.dcm	0.64	-0.16	---
G0T0C90.dcm	0.45	-0.17	---
G0T0C270.dcm	0.37	0.12	---
G0T90.dcm	0.44	-0.08	---
G0T270.dcm	0.45	0.08	---
G90T0.dcm	0.27	---	0.08
G180T0.dcm	-0.1	-0.23	---
G270T0.dcm	0.3	---	0.02

Rotation	Long(mm)	Lat(mm)	Vert(mm)
Couch	0.16	-0.05	---
Collimator	0.49	-0.07	---
Gantry	0.28	-0.2	0.05

Final Result
Long(mm) Lat(mm) Vert(mm)
0.31 -0.11 0.05

Comments

Físico R2 Otávio Sasseron

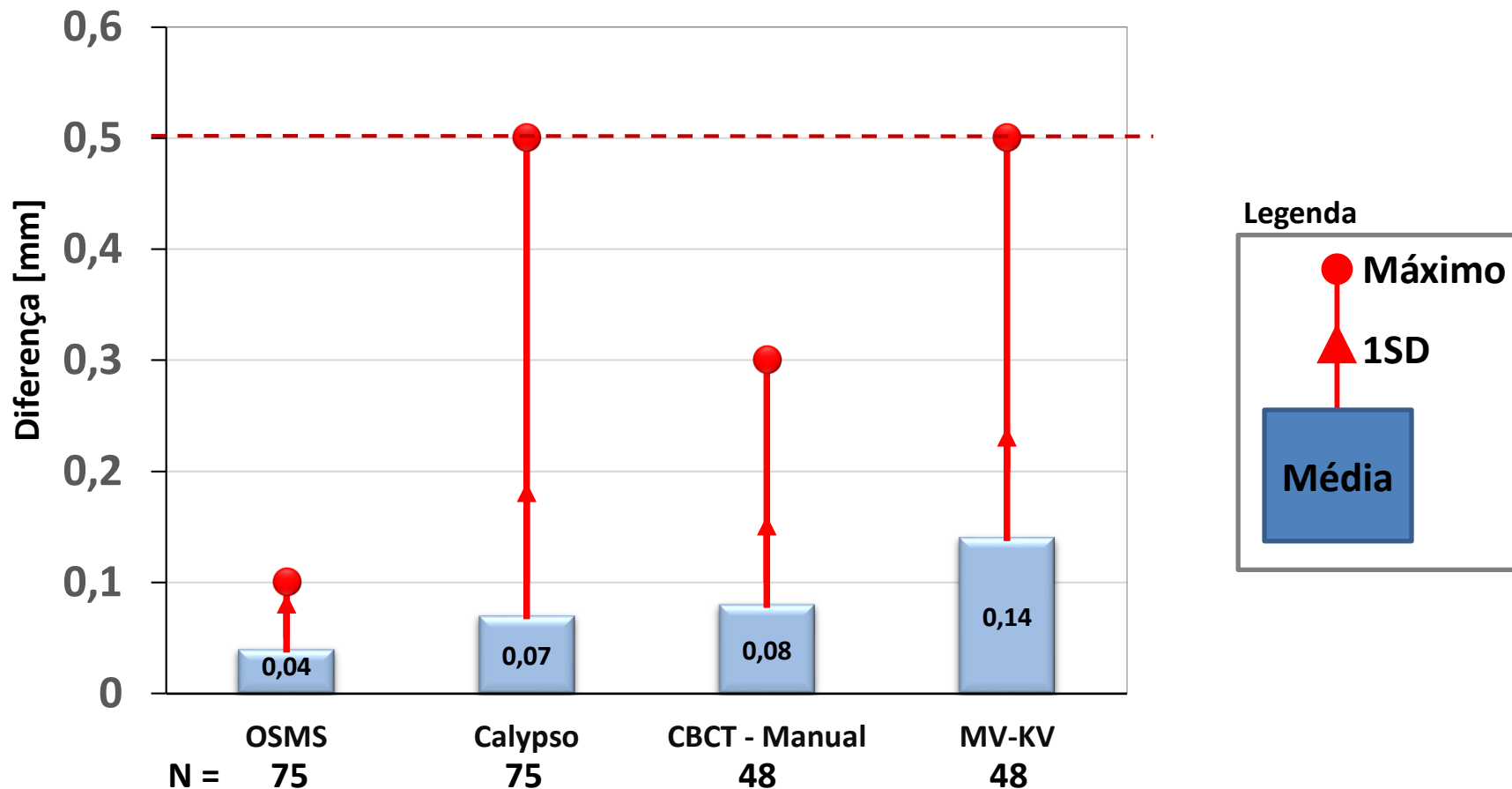


HOSPITAL
SÍRIO-LIBANÊS

Precisão dos Sistemas IGRT

Teste de Sensibilidade em Detectar Deslocamentos intencionais (-15 até 15 mm, com passo mínimo de 0,1mm)

Resultados de Teste de Sensibilidade - IGRT



Conclusões

- Monitoramento intrafração traz **mais segurança** aos tratamentos, garantindo que, de fato, o tratamento foi correto → principal papel da SGRT
- Tecnologias SGRT são extremamente dependentes da ROI utilizada para monitoramento
- **Tecnologias devem ser avaliada de maneira crítica levando em conta suas limitações e aplicabilidades possíveis**

