



Simulação e Planejamento de Mama com Inspiração Forçada (Breath Hold)

Roberta Oliveira

Dosimetrista do Real Hospital Portugues – Recife / PE

Tecnóloga em Radiologia pelo Instituto Federal de Pernambuco - IFPE

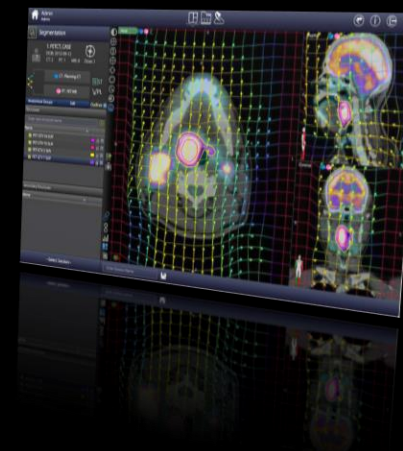
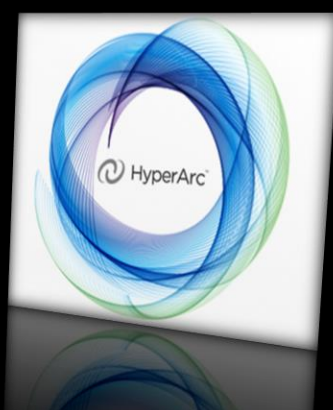
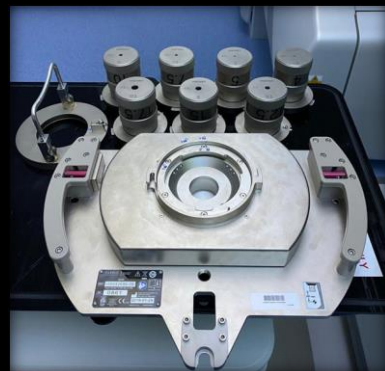
Física pela Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP



Lista de Equipamentos



- 2 TrueBeam® STX com “beam matching” HDMLC, 6X, 10X, 15X, 6FFF e 10FFF;
- Mesa Robótica, OBI;
- Eclipse 16.0 e Aria® 16.0 Rapidplan® e MCO (com GPU)
- HyperArc®
- Integrated Conical Collimator Verification & Interlock (ICVI) ®
- OSMS®
- Velocity
- GammaMedplus® iX



O que é o *Deep Inspiration Breath Hold* (DIBH) ?

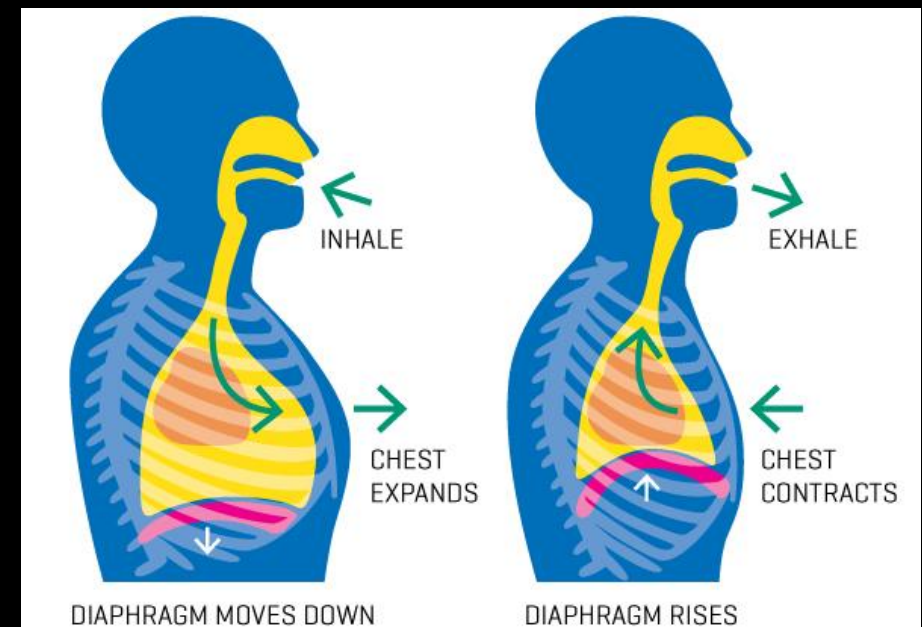
- **Retenção da respiração** por **inspiração profunda**, o paciente enche o pulmão e **segura** a respiração durante **± 20 a 30 segundos**

INDICADO NO TRATAMENTO DE
MAMA

Vantagens

Afasta o **Coração** do
campo de tratamento
(**Mama Esquerda**)

Aumenta o Volume do
Pulmão
(**Mama Direita e Esquerda**)



DIBH – Deep Inspiration Breath Hold

Durante a Inspiração

Coração:

- Se movimenta **posteriormente e inferiormente** devido a **expansão pulmonar** e movimentos diafragmático
- No **DIBH** temos a **distância máxima** entre a **parede torácica** e o **coração**

Pulmão:

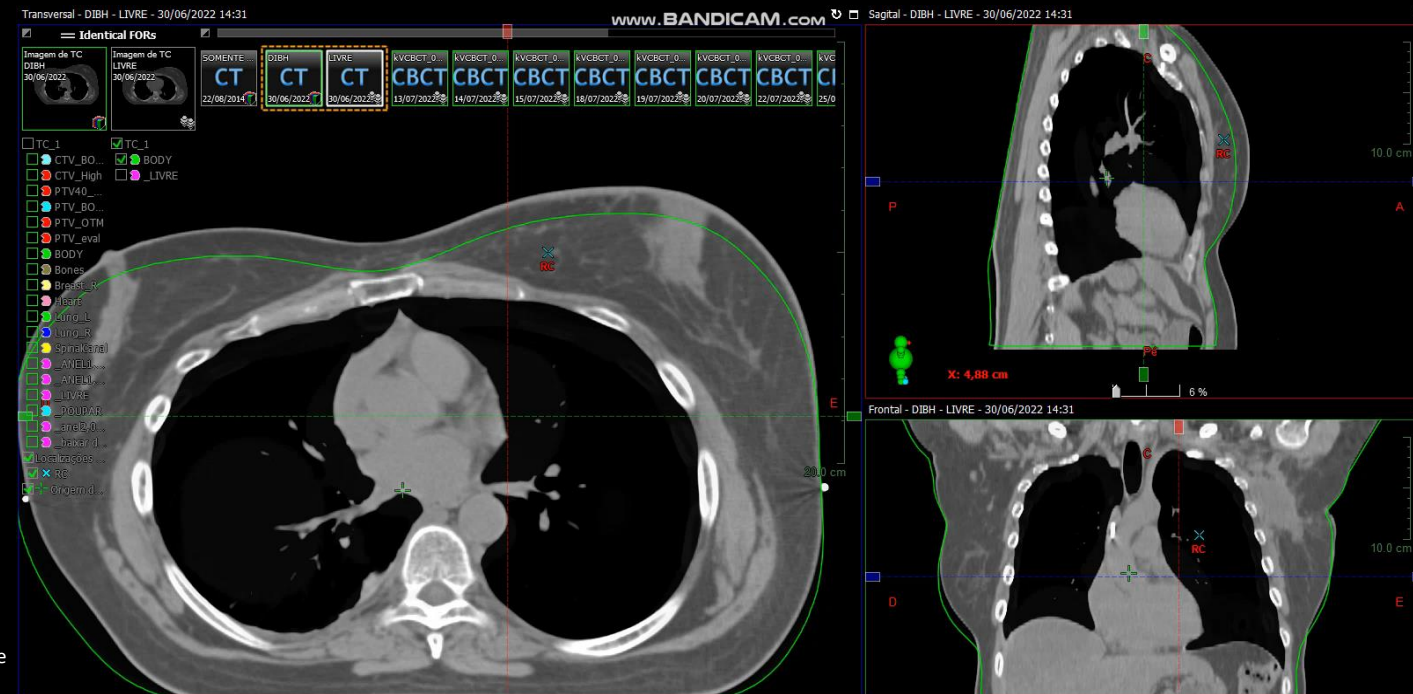
- Consequentemente, temos **maior volume**

Coração

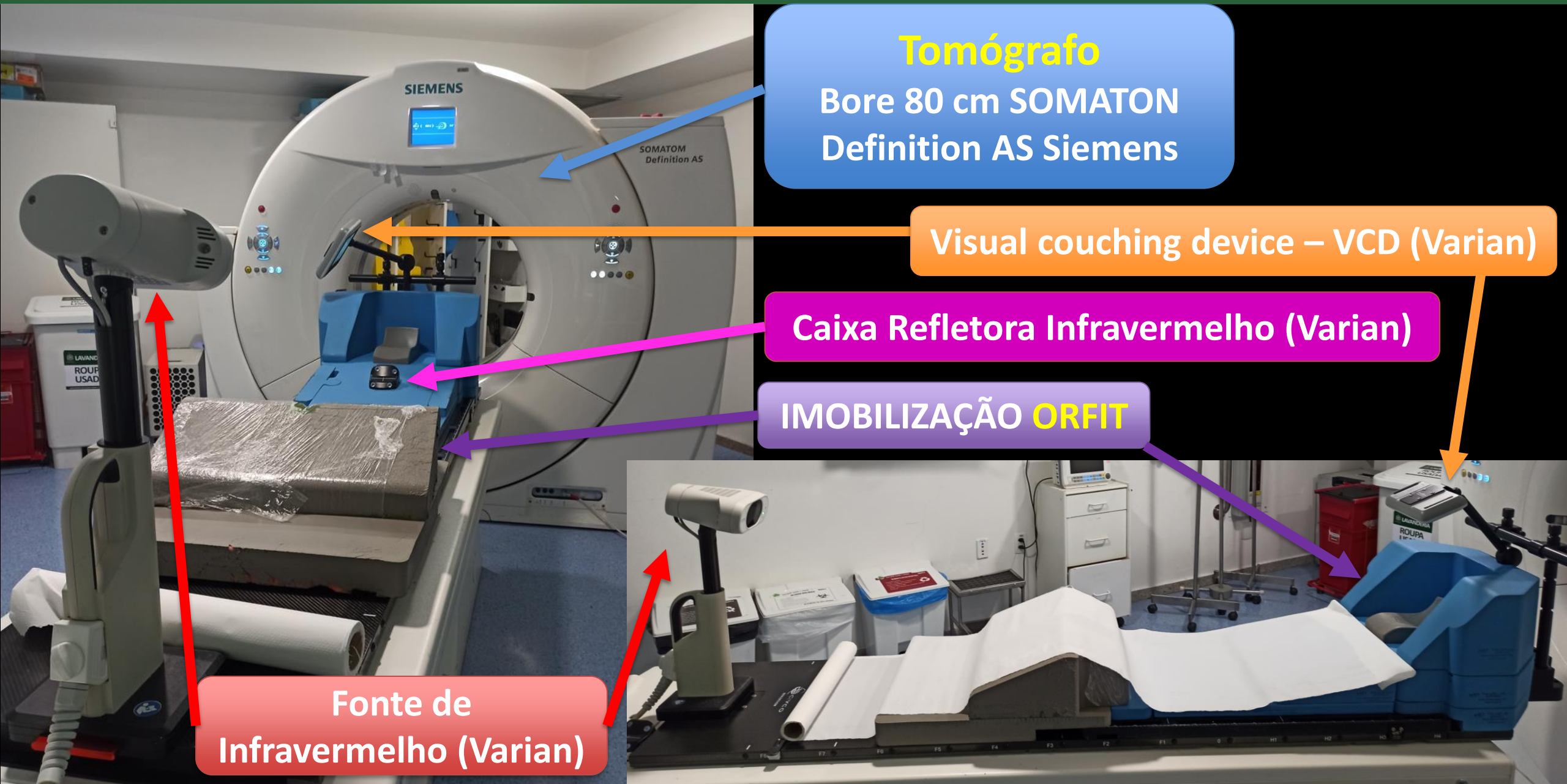
A taxa de eventos coronários principais (infarto e revascularização do coração) **aumenta 7,4%** para cada **aumento de 1 Gy na dose média** de radiação entregue ao coração.

Pulmão

A exposição do Tecido Pulmonar aumenta a incidência de complicações como **Pneumonite e Fibrose**



Nossa estrutura para realizar MAMA DIBH



Tomógrafo

Bore 80 cm SOMATON
Definition AS Siemens

Visual couching device – VCD (Varian)

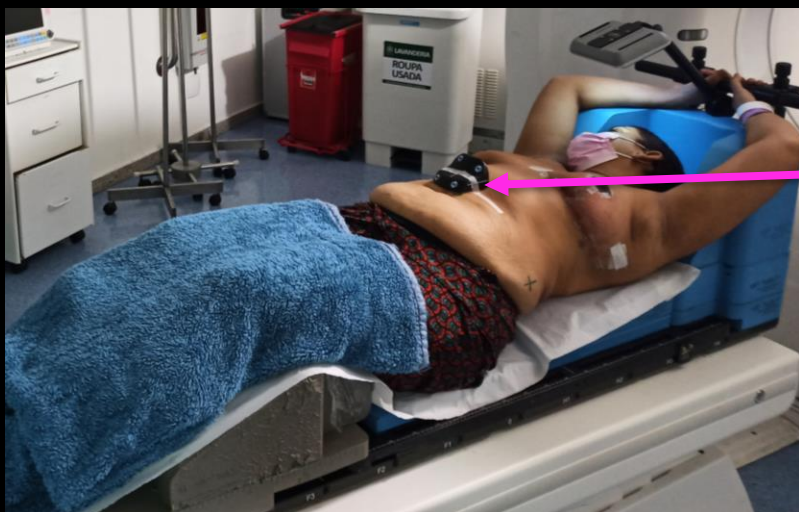
Caixa Refletora Infravermelho (Varian)

IMOBILIZAÇÃO **ORFIT**

Fonte de
Infravermelho (Varian)

Simulação: Treinamento Inicial

Posicionamento



➤ **Decúbito dorsal**, braços apoiados acima da cabeça e rosto voltado para o lado oposto

➤ **CUIDADO!!!** Paciente não encolher ou suspender os ombros

Caixa Refletora

Deve ser posicionada na região onde tem a **maior Amplitude de movimentação** (**Tórax** ou **Abdômen**)



Sucesso do DIBH está na **Simulação**

1. **Explicar Todo o procedimento a paciente**
 - Respirar pelo **Nariz** enchendo o pulmão de Ar e Segurar a Respiração de **20 a 30 seg**
 - Repetir o procedimento **3 a 5** vezes **SEM** o paciente ver o **VCD**, enquanto do lado de fora da sala, **pré determina amplitude DIBH**
 - **DEFINIR OS LIMIARES SUPERIOR E INFERIOR (0,5 – 0,6 cm)**



Simulação

Com o **VCD** – Repetir o Treinamento

2. O tecnólogo dá o comando para o paciente realizar o procedimento do **DIBH**:

Respirar pelo Nariz enchendo o pulmão de Ar e
Segurar a Respiração de 20 a 30 segundos.

Repetir o procedimento de 3 a 5 vezes antes

3. Adquirir a **TC** em **DIBH**

4. Adquirir a **TC** em **LIVRE**

Tomografia

2 Aquisições

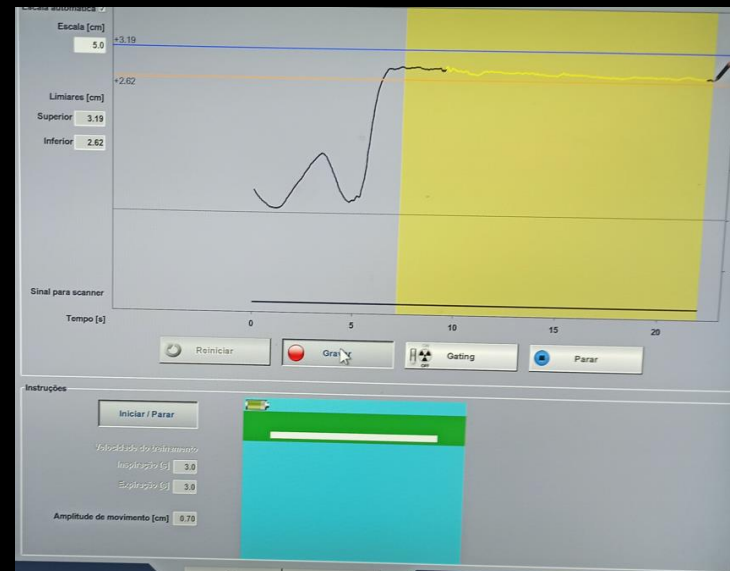
➤ **DIBH**

➤ **LIVRE**

Renomear as
Tomografias



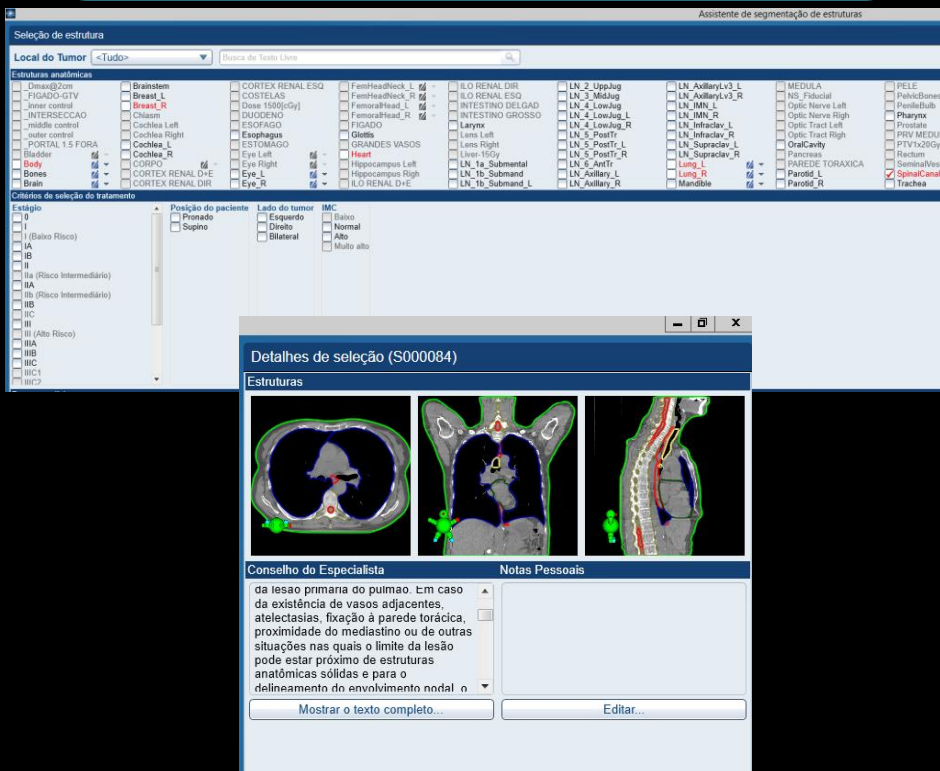
Orientar a paciente a
Repetir o Treinamento
do **DIBH** em **casa**.



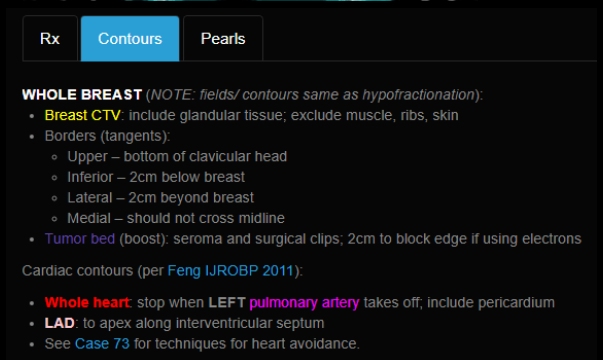
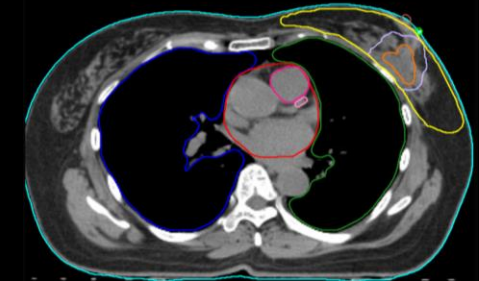
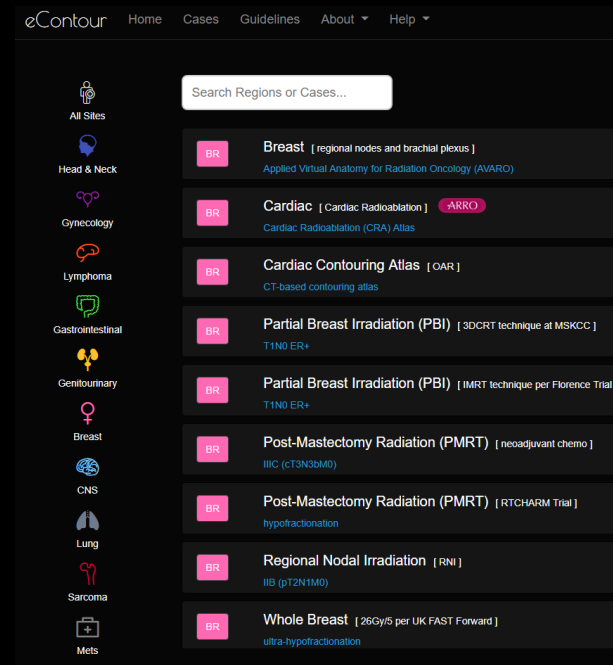
Simulação – Contorno e Protocolo

Contorno de órgão de risco

Smart Segmentation – Ferramenta de segmentação inteligente (Atlas Based)



E- Contour



<https://econtour.org/>

Principais Protocolos

Convencional	25X200	RTOG 0413
Hipo-fracionado	15X267	RTOG 1005
Ultrahipo-fracionado	5x520	Fast-Forward
Irradiação Parcial	5x600cGy	Parcial-Florence Trial

Avaliação do Contorno

Contorno

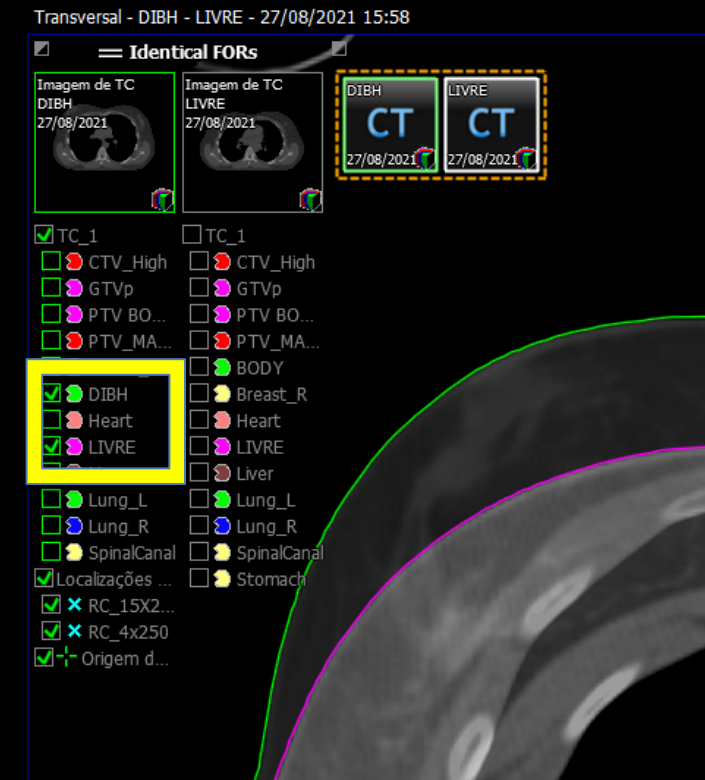
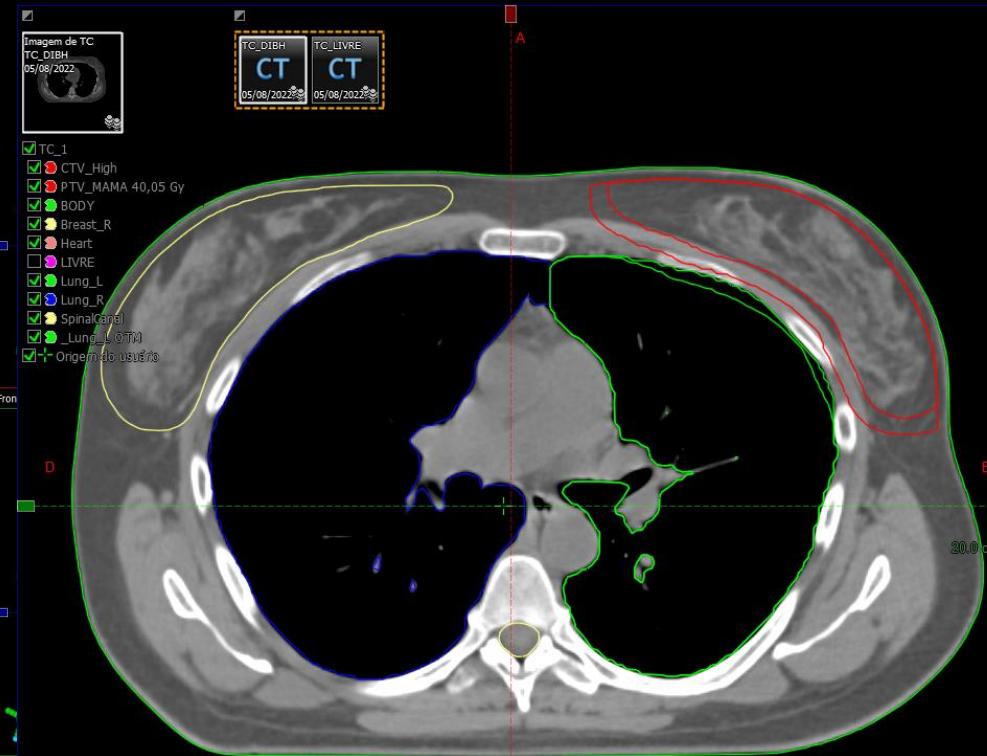
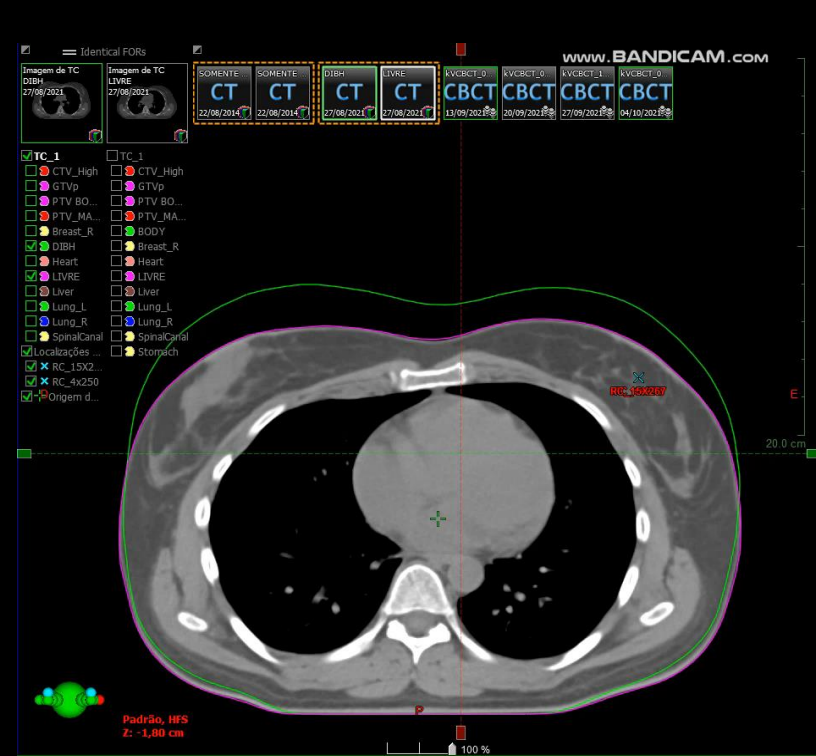
Analisar as Tomografias

TC_DIBH x TC_LIVRE



- Verificar as estruturas desenhadas
- Criar estruturas de Otimização

Fazer cópia do contorno do Body da TC LIVRE para a TC DIBH (será utilizado no OSMS)



Planejamento de Mama DIBH - Setup

Setup de Arcos

Mama ESQ

- **4 Semi-Arcos**

- 1.1 IDA horário Início ≈ 300 até 10 graus

- 1.2 IDA horário início ≈ 90 até 179.9

- 1.3 VOLTA Anti-horário início ≈ 179.9 até 90

- 1.4 VOLTA Anti-horário início ≈ 10 até 300

- **Energia**

- **6FFF**

- **Taxa de dose**

- **1400 UM/min**

- **Método de Cálculo**

- **Acuros XB**

Propriedades - Campo

Imagem de referência	Notas de setup	Histórico	Comentário	Debug	
Geral	Geometria	Geometria da sala	Acessórios	Cálculo	Pontos de controle

ID
1. 1

Nome

Máquina TrueBeam3982_02

Físico

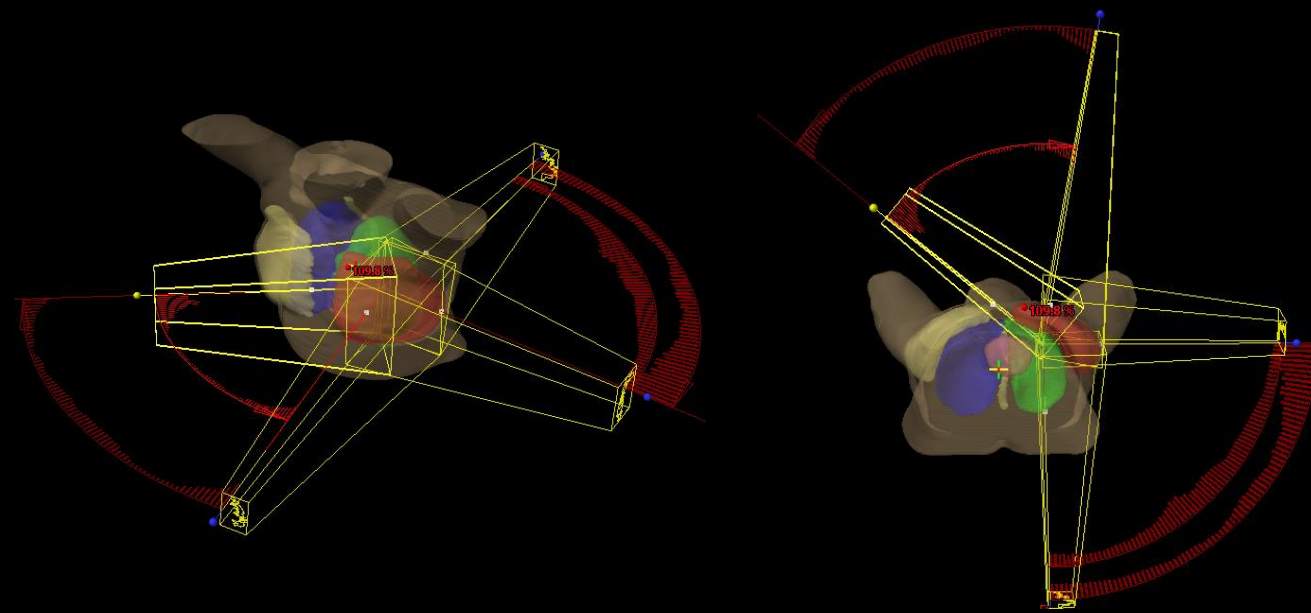
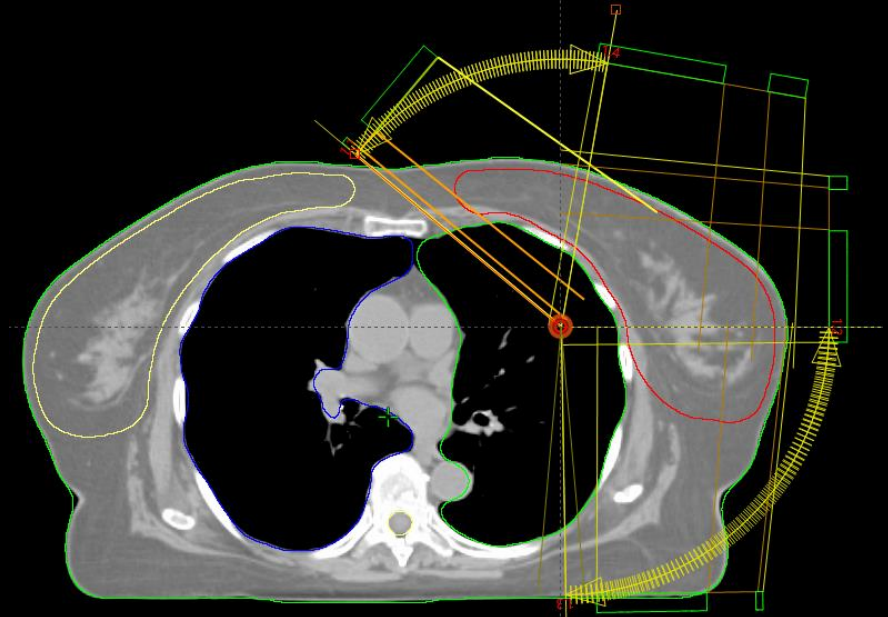
Energy 6X-FFF

Dose Rate 1400 UM/min

MU

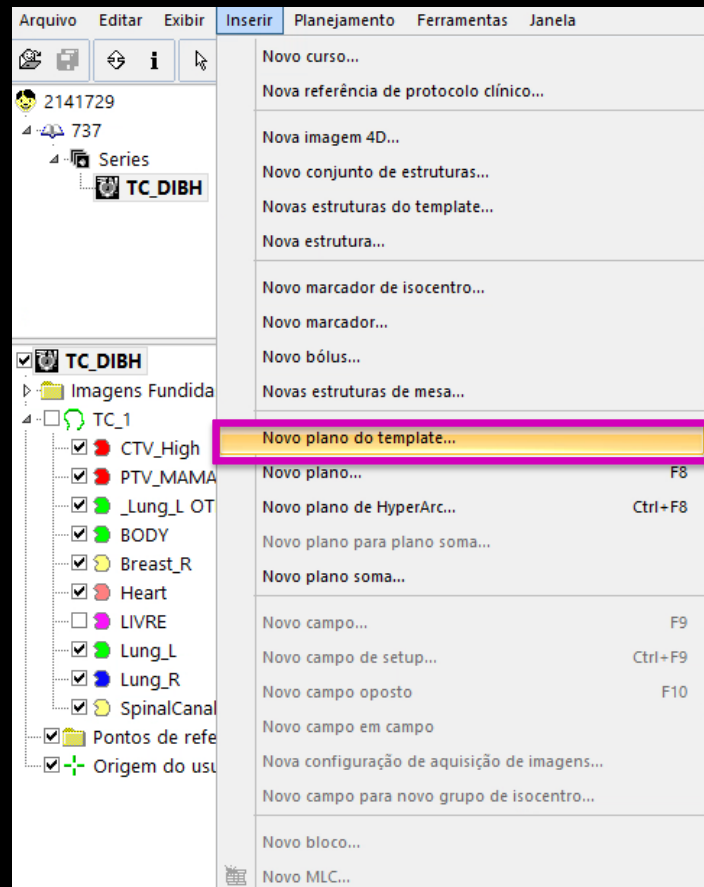
Dose do campo planejada

Modelo de cálculo	Usar GPU
AcurosXB_1610	☒
CDC_1610	☐
DVH Estimation Algorithm [16.1.0]	☐
PDIP_15605	☐
PGO_15151	☐
PO_1610	☒



Planejamento de Mama DIBH - Setup

Templates

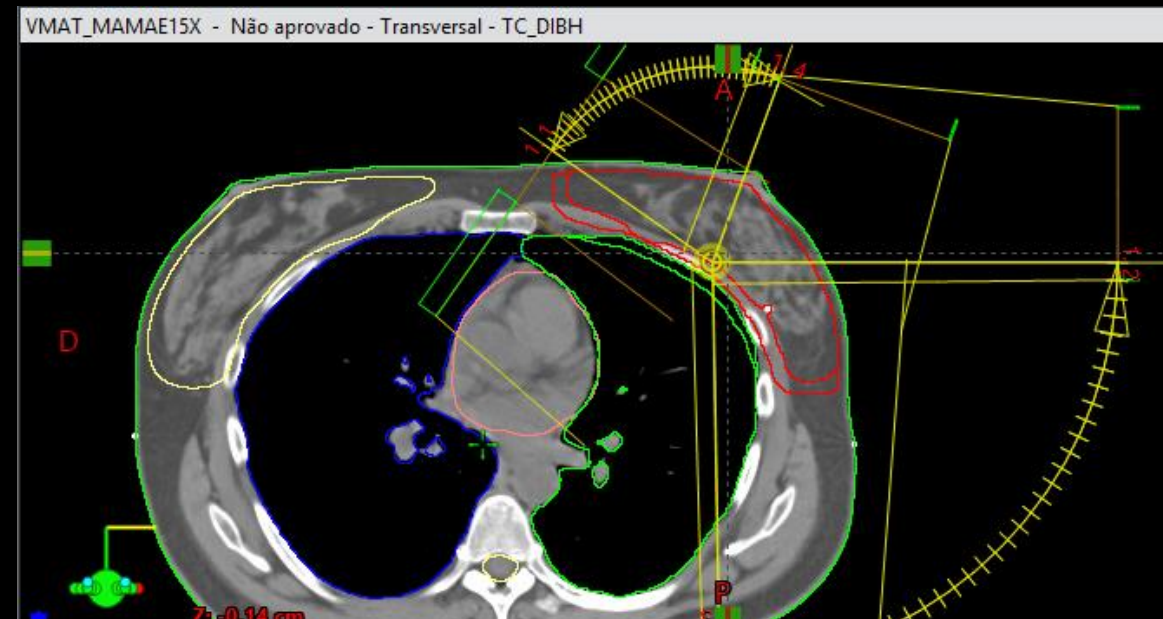


Seleção do template do plano

ID	Aprovação	Usuários	Diagnóstico	Local de tratamen...	Modo do plano	Modalidade de Tr...
MAMAE 5X520	Unapproved	TER - Matheus Sa...			Fóton	ARCO dinâmico
MMAD15X267	Approved	JD Radioterapia - ...	MAMAD 6FFF		Fóton	ARCO dinâmico
VMAT MAMAD15...	Approved	JD Radioterapia - ...			Fóton	ARCO
VMAT MAMAE	Approved	JD Radioterapia - ...			Fóton	ARCO dinâmico
VMAT_MAMAE15...	Unapproved	JD Radioterapia - ...	MAMA	Mama, esquerda	Fóton	ARCO dinâmico

Um plano para TrueBeam3982_02 com campos 4:
-ARC 6X-FFF 1. 1: Gantry 305.0 SH 20.0 graus, Estrutura-alvo PTV_4005, MLC
-ARC 6X-FFF 1. 2: Gantry 90.0 SH 179.0 graus, Estrutura-alvo PTV_4005, MLC
-ARC 6X-FFF 1. 3: Gantry 179.0 SAH 90.0 graus, Estrutura-alvo PTV_4005, MLC
-ARC 6X-FFF 1. 4: Gantry 20.0 SAH 305.0 graus, Estrutura-alvo PTV_4005, MLC

Visualização



Ajustes finos nos ângulos de incidência são necessários

Planejamento de Mama DIBH - Setup

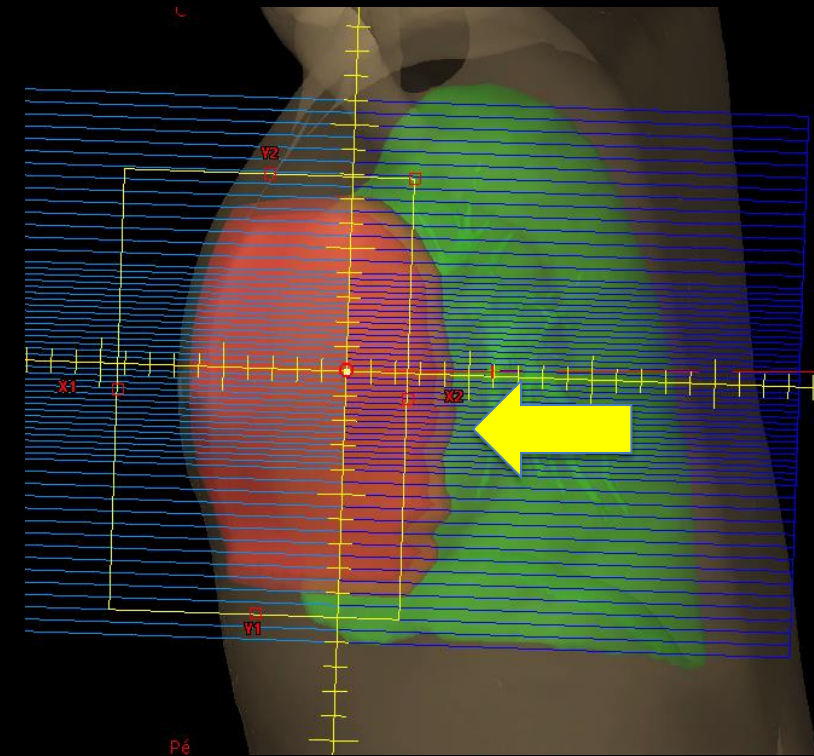
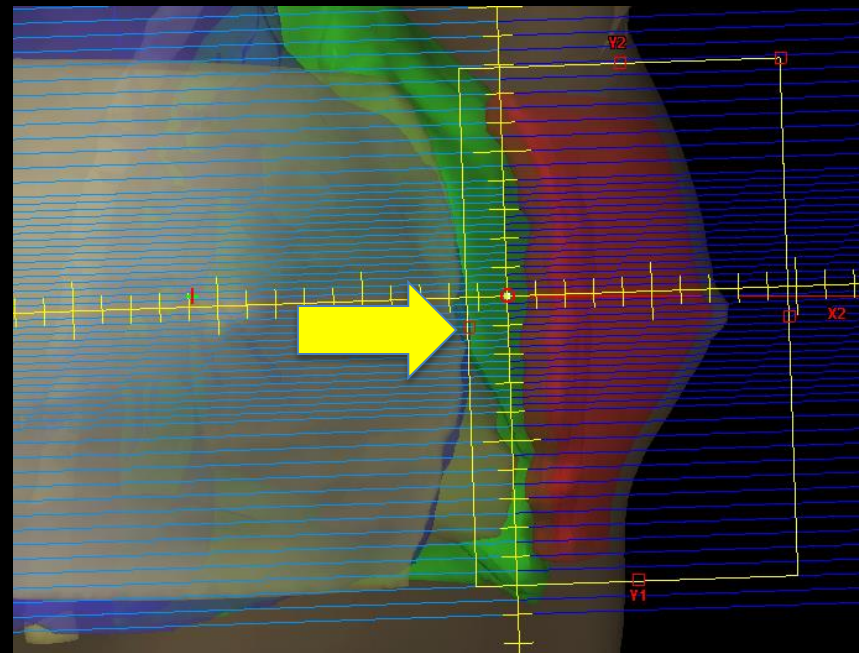
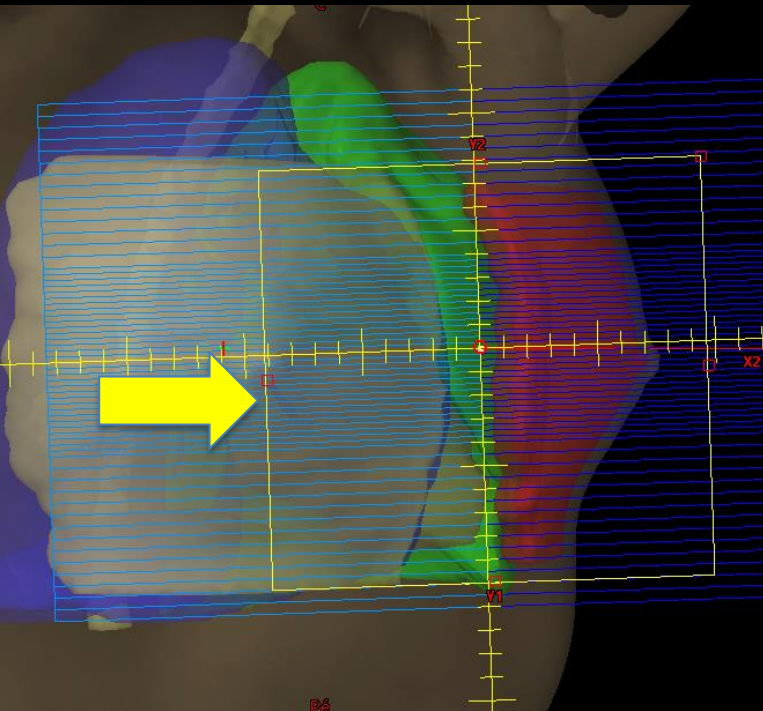
Ajustar:

- Isocentro
- Colimador
- Jaws

Fechar os Jaws X1 / X2

De maneira que Tangencie o PTV e não incida na mama Contralateral

- Evitar **OverTravel** do **MLC** de 15cm (TrueBeam)
- Reduz a **dose baixa** (**V50%** Pulmão)



Planejamento de Mama DIBH - Setup

Setup de Arcos

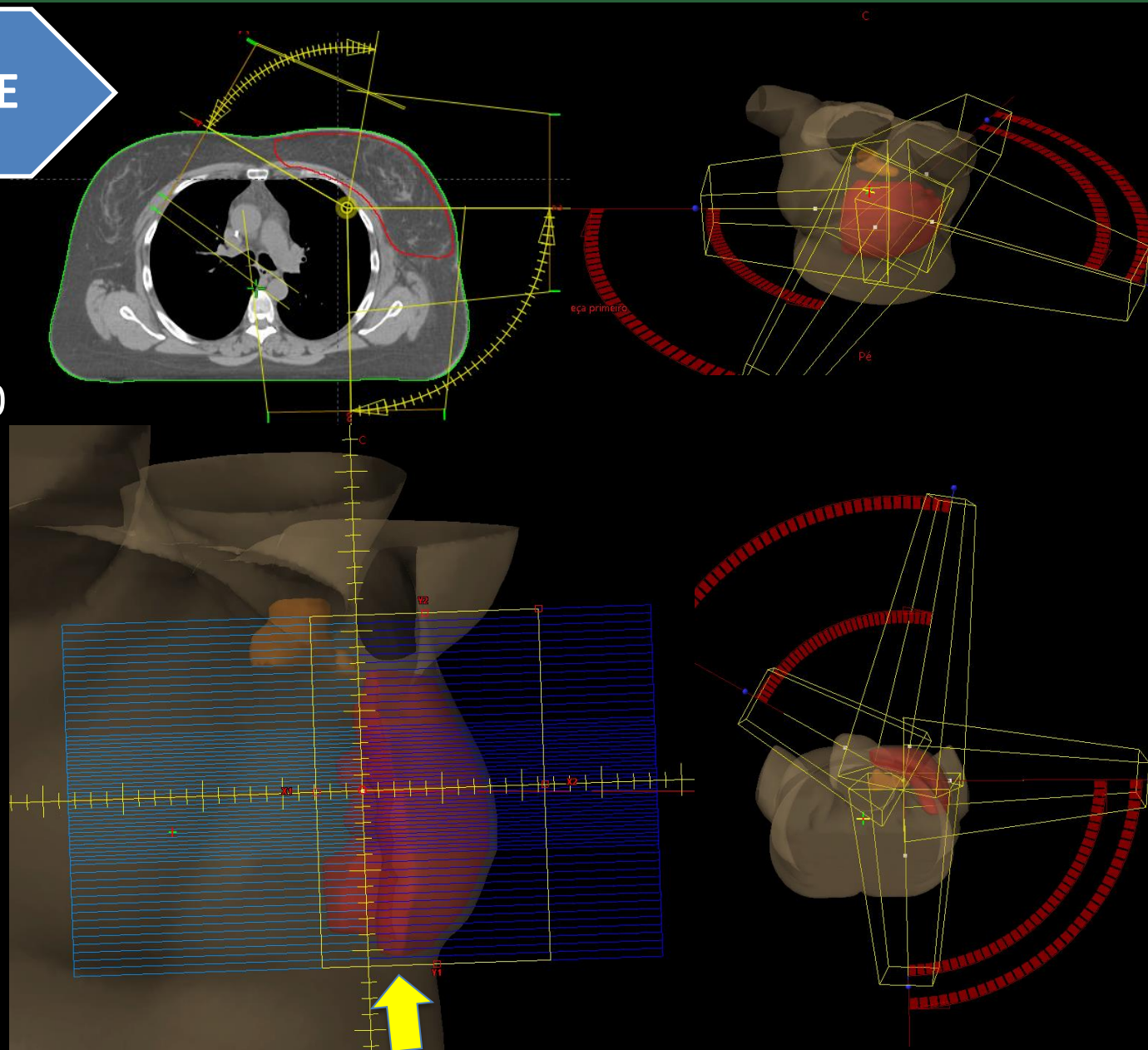
Mama Esq + FSCE

- **4 Semi-Arcos**

- 1.1 IDA horário Início ≈ 300 até 10 graus
- 1.2 IDA horário início ≈ 90 até 179.9
- 1.3 VOLTA Anti-horário início ≈ 179.9 até 90
- 1.4 VOLTA Anti-horário início ≈ 10 até 300

- **Isocentro**

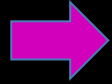
- Quando MamaE e FSCE posicionar o isocentro o **mais caudal possível** que possa com o colimador $\approx 0^\circ$ incluir a parte inferior da mama



Planejamento de Mama DIBH - Setup

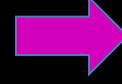
Mama + FSC

- Campo 1.1
Fechar o **X1** para diminuir dose no pulmão Esq e coração



ISO Único

- Campo 1.2
Fechar o **X2** para diminuir dose no pulmão Esq e coração

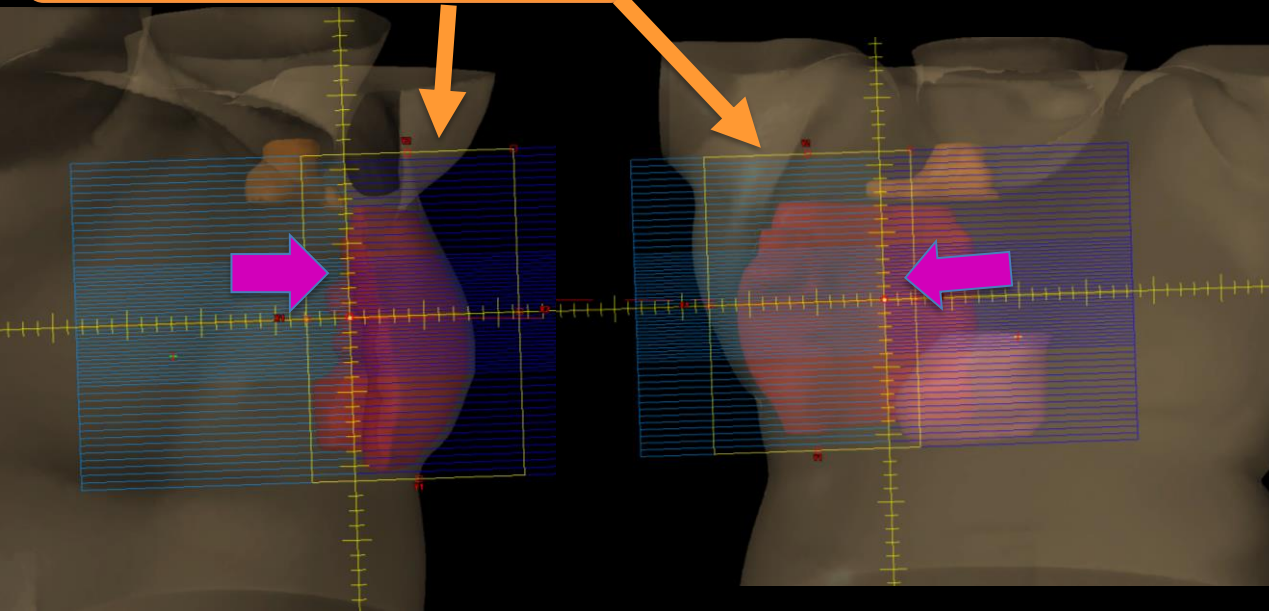


HDMLC – Limitação no tamanho de campo

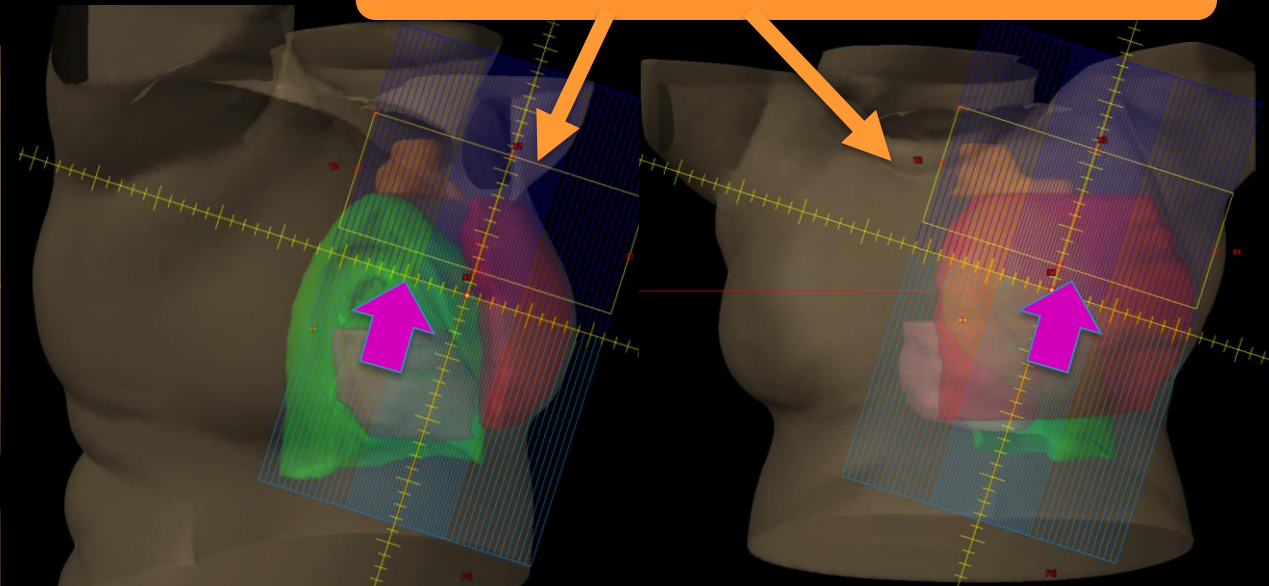
- Campo 1.3
Fechar o **Y1** para COBRIR A FSC
Y1 = -2CM

- Campo 1.4
Fechar o **Y1** para COBRIR A FSC
Y1 = -2CM

Colimador: 5°/355°



Colimador: 60°- 80°/300°- 280°



Planejamento de Mama DIBH - Otimização

SEM RapidPlan

COM RapidPlan

Cria uma estimativa de DVH

ID/Tipo	cm³	Vol [%]	Dose[cGy]	Dose real [cGy]	Prioridade	gEUD
☒ PTV_MAMA 40,05 Gy	697.4					
Superior	0.0	0.0	4130		130	
Inferior	697.4	97.0	4040		130	
Inferior	697.4	99.5	3980		130	
☒ CTV_High	498.7					
☒ _Lung_L OTM	2098.9					
☒ BODY	28137.4					
☒ Breast_R	610.7					
☒ Heart	426.2					
☒ LIVRE	27135.5					
☒ Lung_L	2156.0					

Objetivo para Tecido Normal

☐ Desligado
☒ Manual
☐ NTO automático
☐ Auto (SRS NTO)

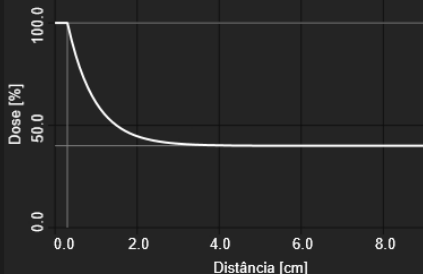
Prioridade: 100

Distância da borda do alvo: 0.30 cm

Dose inicial: 100.0 %

Dose final: 40.0 %

Queda: 0.15



Objetivo de UM

Plano de dose-base

Configurações: Normal (2.5)

☒ Modo de otimização automática
☒ Dose intermediária automática
☒ Usar GPU

Iniciar otimização VMAT Dose intermediária

Estimar DVH

Informações do plano

Ordem de classificação: ID

Mostrar modelos não publicados

Modelo de estimativa do DVH: Nenhum modelo selecionado.

Descrição: Nenhum modelo selecionado.

ID da estrutura do plano: Nenhum modelo selecionado.

Estimar DVH

Informações do plano

Ordem de classificação: ID

Mostrar modelos não publicados

Modelo de estimativa do DVH: MAMAESQ 15x267cGy terça-feira, 19 de julho de 2022 18:12:25 Tórax 16.1.0

Descrição: Nenhum modelo selecionado.

ID da estrutura do plano (Códigos)	Tipo	ID da estrutura do modelo (Códigos)	Dose-alvo
☒ PTV_MAMA 40,05 Gy (PTV_High)	PTV	PTV MAMA 40,05Gy (PTV_	4005 cGy
☒ _Lung_L OTM (7310)	ORGAN	Lung_L (7310)	
☒ Breast_R (19908)	ORGAN	Breast_R (19908)	
☒ Heart (7088)	ORGAN	Heart (7088)	
☒ Lung_L (7310)	ORGAN	Lung_L (7310)	
☒ Lung_R (7309)	ORGAN	Lung_R (7309)	
☒ CTV_High (CTV_High)	CTV		
☒ LIVRE (Ring)	CONTROL		
☒ SpinalCanal (7647)	ORGAN		

Estatísticas da estimativa...

Gerar estimativas e objetivos

Estimar DVH

Estatísticas da estimativa

Modelo: MAMADIR 15x267cGy

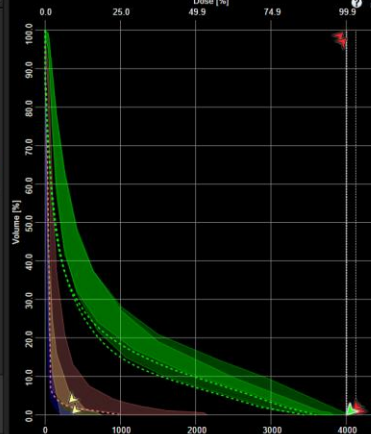
ID do modelo: Nenhum modelo selecionado.

Estimativas de estimativa para: Nenhum modelo selecionado.

Legenda das estatísticas: Valor máx., Valor médio, Valor do percentil 90, Valor do percentil 10, Valor mín., Dentro dos valores limite, Fora dos valores limite.

Alguns estatísticas estão fora dos valores limite. Deseja gerar estimativas e objetivos? Sim Não

ID/Tipo	cm³	Vol [%]	Dose[cGy]	Dose real [cGy]	Prioridade	gEUD	x
☒ PTV_MAMA 40,05 Gy	697.4						x
Superior	0.0	0.0	4125		120		x
Superior	7.0	1.0	4085		120		x
Inferior	693.9	99.5	3965		120		x
Inferior	683.5	98.0	4005		120		x
☒ _Lung_L OTM	2098.9						x
Superior	0.0	0.0	4005		50		x
Linka	2098.9				50		x
☒ Breast_R	610.7						x
Superior	18.3	3.0	310		111		x
Superior	0.6	0.1	350		111		x
☒ Heart	426.2						x
Superior	0.0	0.0	4000		58		x
Linka	426.2				58		x
☒ Lung_L	2156.0						x
Superior	0.0	0.0	4005		50		x
Linka	2156.0				50		x
☒ CTV_High	498.7						x
☒ BODY	28137.4						x



Planejamento de Mama DIBH – Otimização/MCO

Multi-Criteria Optimization - MCO

Estimar DVH Informações do plano **Explorar Trade-Offs**

Selecionar objetivos de trade-off

Estruturas-alvo

ID/Tipo	Trade-off
Superior Ponto (4085 cGy, 1.0 %)	☒
Inferior Ponto (3965 cGy, 99.5 %)	☒
Inferior Ponto (4020 cGy, 97.5 %)	☒
Homogeneidade	☒

Órgãos em risco

ID/Tipo	Trade-off
Superior Ponto (350 cGy, 0.1 %)	☒
Superior Ponto (200 cGy, 5.0 %)	☒
Heart	☐
Superior Ponto (2500 cGy, 0.0 %)	☒
Superior Linha	☒
Lung_L	☐
Superior Ponto (4005 cGy, 0.0 %)	☒
Superior Linha	☒

☒ Continuar otimização
☐ Usar o plano atual como dose intermediária
☒ Calcular dose intermediária
☒ Otimização híbrida
☒ Usar GPU

Gerar planos Cancelar

Otimização interativa Corrigir a dose local

Exploração de Trade-off

PTV_MAMA 40,05 Gy Ponto inferior (99.5 %)

PTV_MAMA 40,05 Gy Ponto inferior (97.5 %)

PTV_MAMA 40,05 Gy Ponto superior (0.0 %)

PTV_MAMA 40,05 Gy Ponto superior (1.0 %)

PTV_MAMA 40,05 Gy Homogeneidade

Lung_L OTM Ponto superior (0.0 %)

Lung_L OTM Ponto superior (10.0 %)

Lung_L OTM Ponto superior (18.0 %)

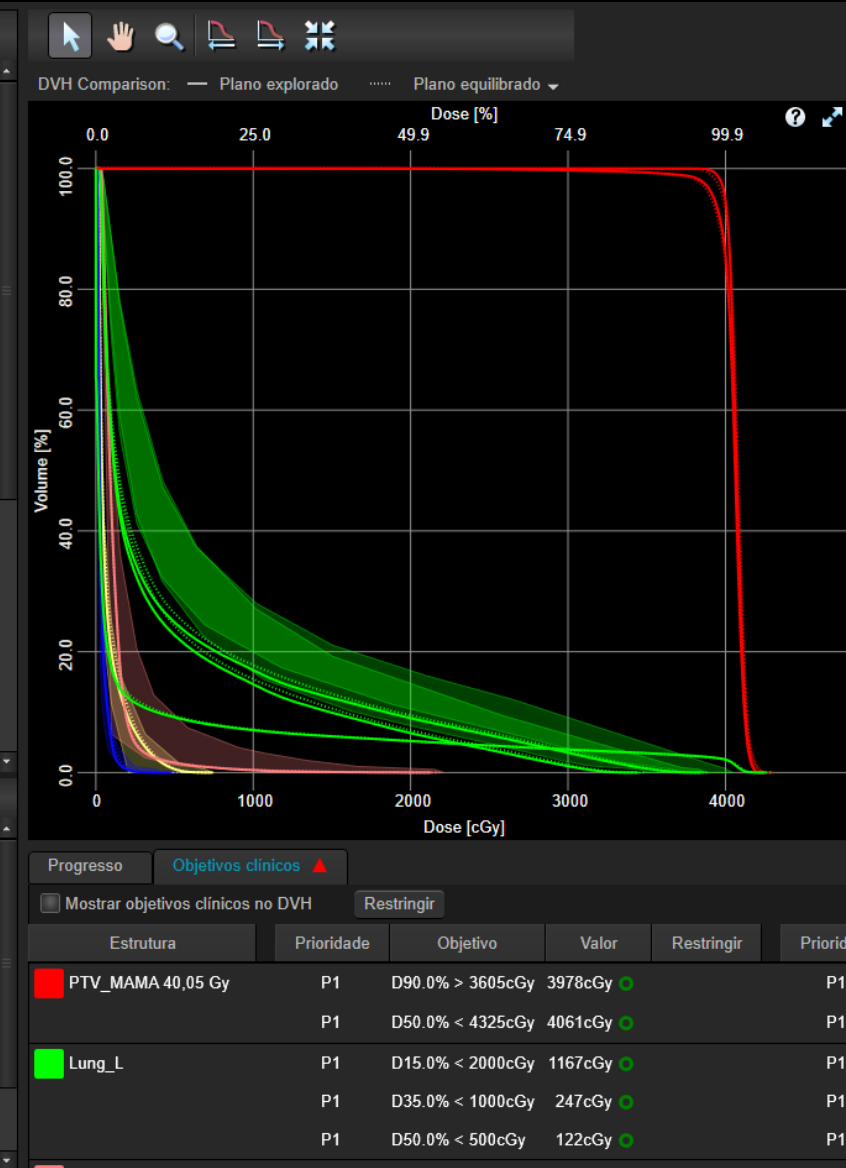
Lung_L OTM Linha

Breast_R Ponto superior (3.0 %)

Breast_R Ponto superior (0.1 %)

Objetivos

ID/Tipo	cm³
PTV_MAMA 40,05 Gy	697.4
Lung_L OTM	2098.9
Breast_R	610.7
Heart	426.2
Lung_L	2156.0
Lung_R	2469.9
CTV_High	498.7
BODY	28137.4
LIVRE	27135.5



Avaliação

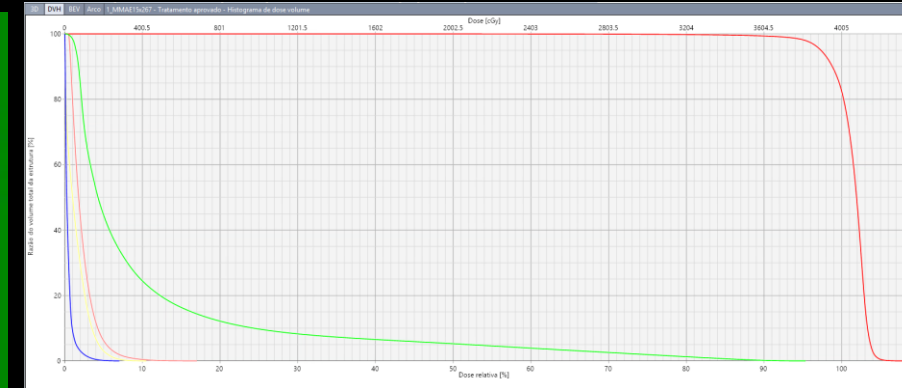
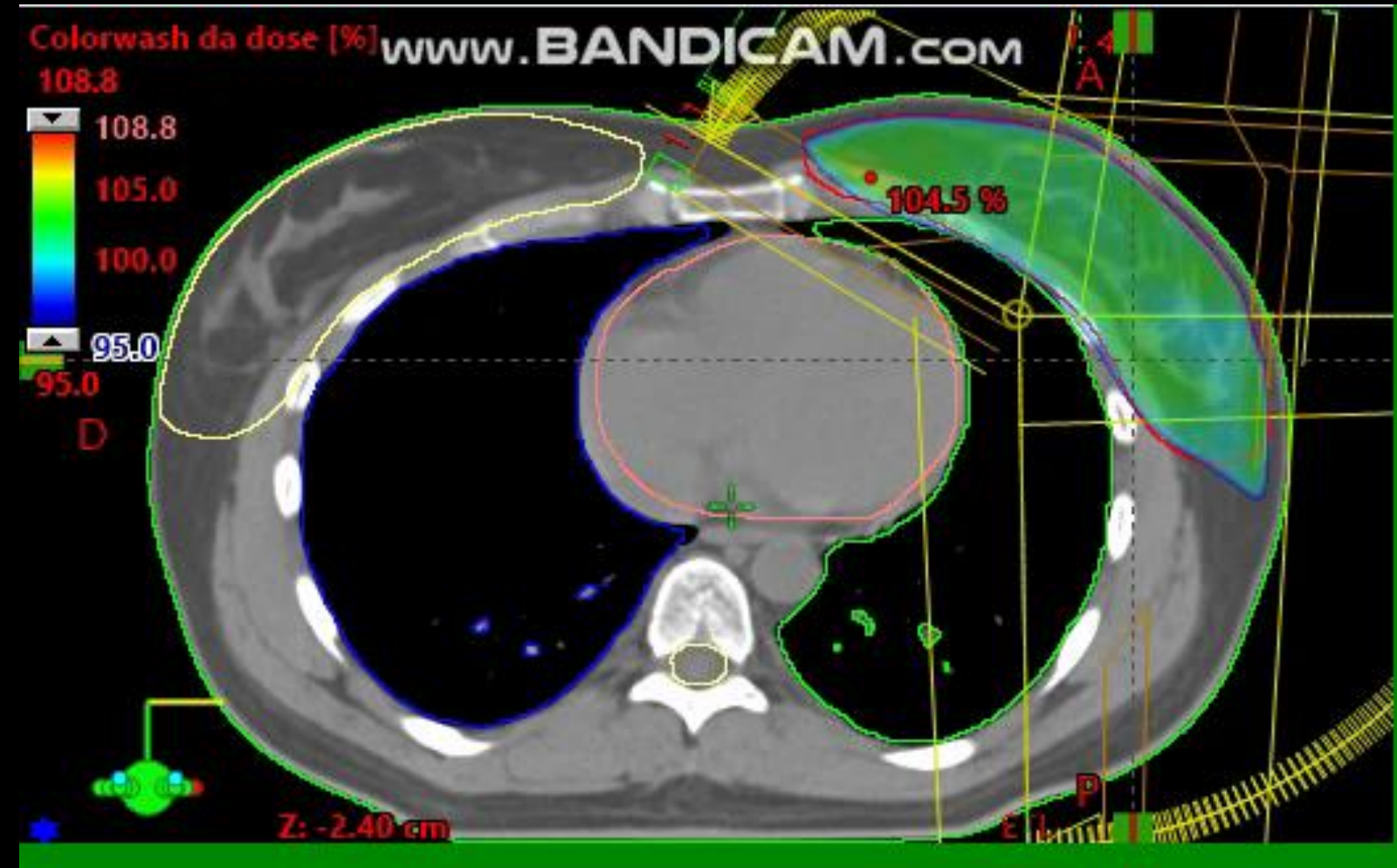
QUALITATIVA

CORTE A CORTE

QUANTITATIVA

DVH

PROTOCOLO



Objetivos clínicos			
Plano		LIVRE 15x267	
Dose total		4005.0 cGy	
Resumo dos objetivos clínicos		1	16
PTV_MAMA 40.0...	P1	D 90.0 % > 3605 cGy	3976.93 cGy
	P1	D 95.0 % > 3805 cGy	3921.30 cGy
	P1	D 50.0 % < 4325 cGy	4077.15 cGy
	P1	D máx. < 4605 cGy	4358.45 cGy
Breast_R	P1	D máx. < 310 cGy	589.27 cGy
	P1	D 5.0 % < 186 cGy	301.20 cGy
Heart	P1	D 5.0 % < 2000 cGy	660.61 cGy
	P1	D 30.0 % < 1000 cGy	215.96 cGy
	P1	D 35.0 % < 1000 cGy	187.52 cGy
	P1	D méd. < 400 cGy	219.07 cGy
Lung_L	P1	D 15.0 % < 2000 cGy	1735.16 cGy
	P1	D 20.0 % < 2000 cGy	1351.00 cGy
	P1	D 35.0 % < 1000 cGy	605.99 cGy
	P1	D 40.0 % < 1000 cGy	448.63 cGy
Lung_R	P1	D 50.0 % < 500 cGy	259.72 cGy
	P1	D 55.0 % < 500 cGy	212.40 cGy
	P1	D 10.0 % < 500 cGy	96.02 cGy
	P1	D 15.0 % < 500 cGy	63.20 cGy

Controle de Qualidade

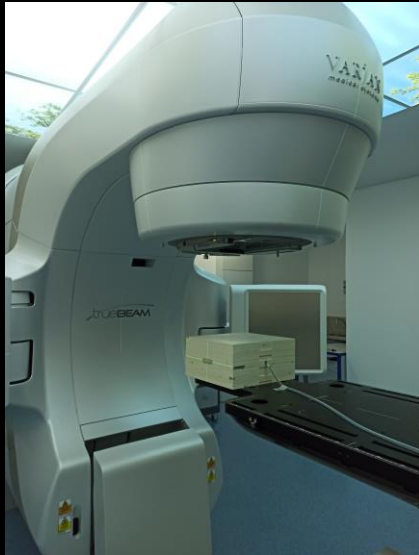
CONTROLE DE QUALIDADE

CÂMARA DE IONIZAÇÃO

Análise da Dose Absoluta
<5%

PORTAL DOSIMETRY

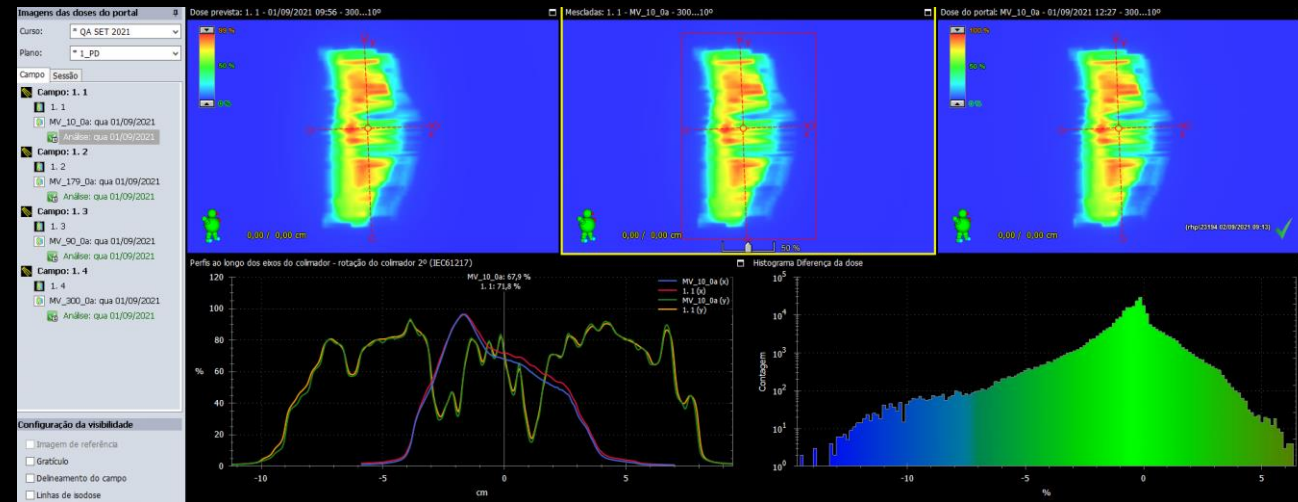
Análise Planar da Distribuição de Dose
(Gamma 3% 2mm)



Conjunto Dosimétrico									
Objeto Simulador:	Placas de Água Sólida								
Câmara de Ionização:	CC01								
Eletrômetro:	DOSE 1 s/n 11209 REF 1								
Certificado e Data de Calibração:									
Fator de Calibração:	$N_{D,w}$	308,243	cGy/nC						
Fator de Correção da Energia:	$k_{Q,w}$	1,0124	considerando placas de água sólida						

Medidas Realizadas e Fatores de Correção									
Campos de Tratamento:	Leituras (nC)	Dose Medida (cGy)	Dose (Média) esperada (cGy)	Dif. (%)	Variação Dose na CI (TPS)				
					D_{me} (cGy)	D_{plan} (cGy)	D_{ref} (cGy)	D_{me}/D_{plan}	D_{me}/D_{ref}
1.	0,775	243,41	238,8	1,9%	235,8	242,1			
2.		0,00		#DIV/0!					
3.		0,00		#DIV/0!					
4.		0,00		#DIV/0!					
5.		0,00		#DIV/0!					
6.		0,00		#DIV/0!					
7.		0,00		#DIV/0!					
8.		0,00		#DIV/0!					
9.		0,00		#DIV/0!					
10.		0,00		#DIV/0!					
11.		0,00		#DIV/0!					
12.		0,00		#DIV/0!					
13.		0,00		#DIV/0!					
14.		0,00		#DIV/0!					
15.		0,00		#DIV/0!					
16.		0,00		#DIV/0!					
17.		0,00		#DIV/0!					
18.		0,00		#DIV/0!					
Σ (nC)	0,775	243,4	238,8	1,89%					

Parâmetros do Sistema de QA	
SSD (CQ):	Rotacional cm
Prof. (CQ):	variável cm
Temperatura e Pressão	
T =	21,7 °C
P =	1012,0 hPa
ρ_w =	1,007
Polaridade	
k_{pol} =	1,000
Saturação	
k_s =	1,000



Estatísticas da Clínica

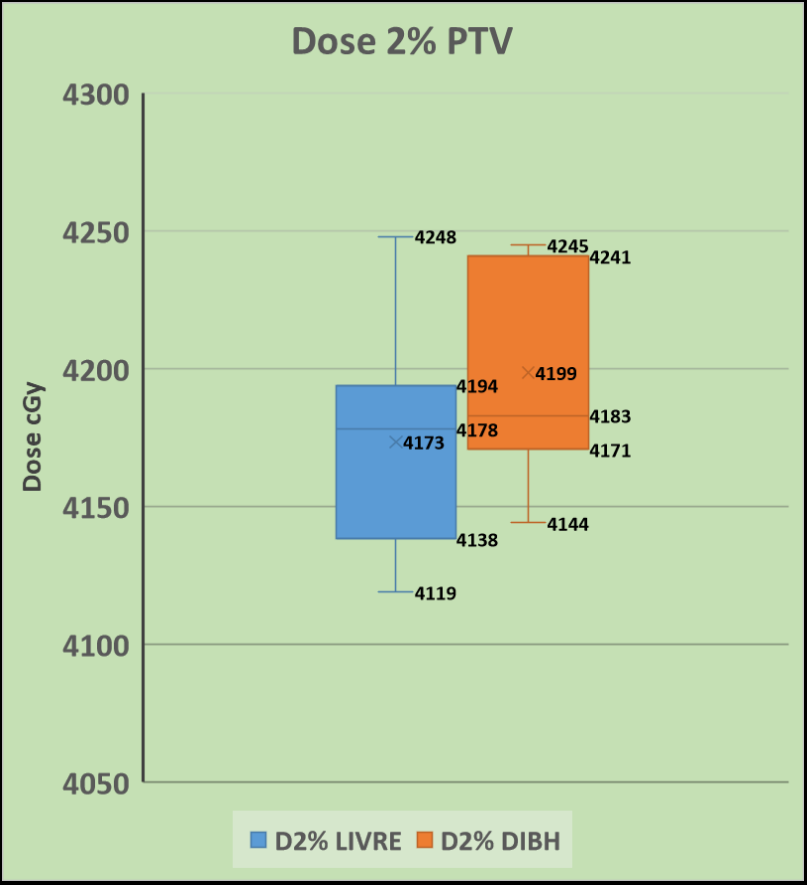
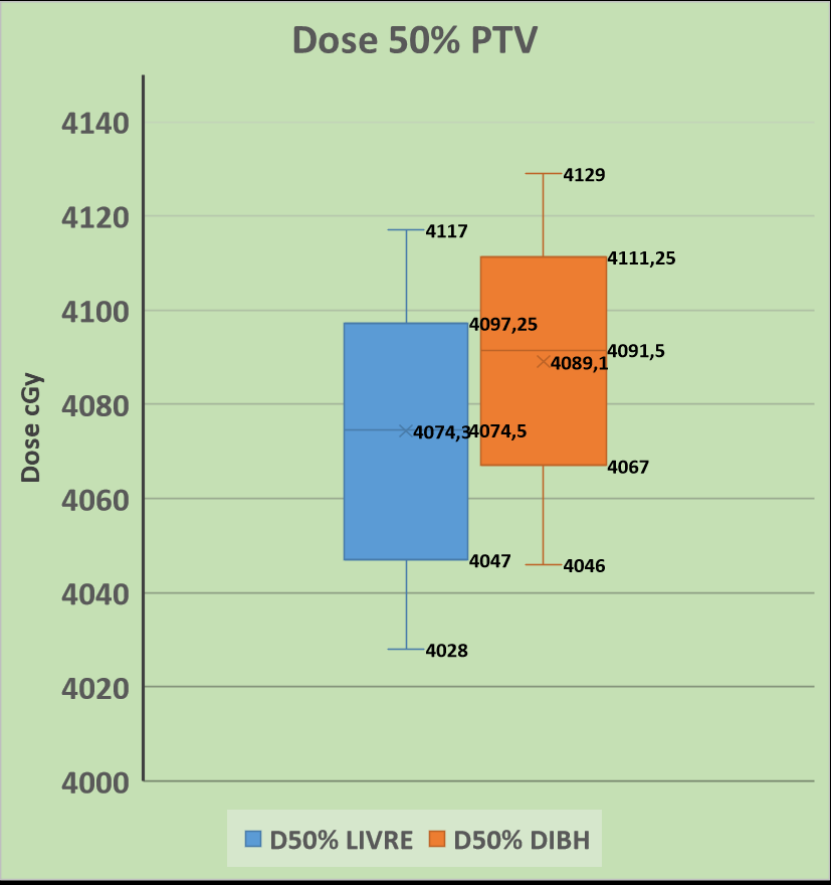
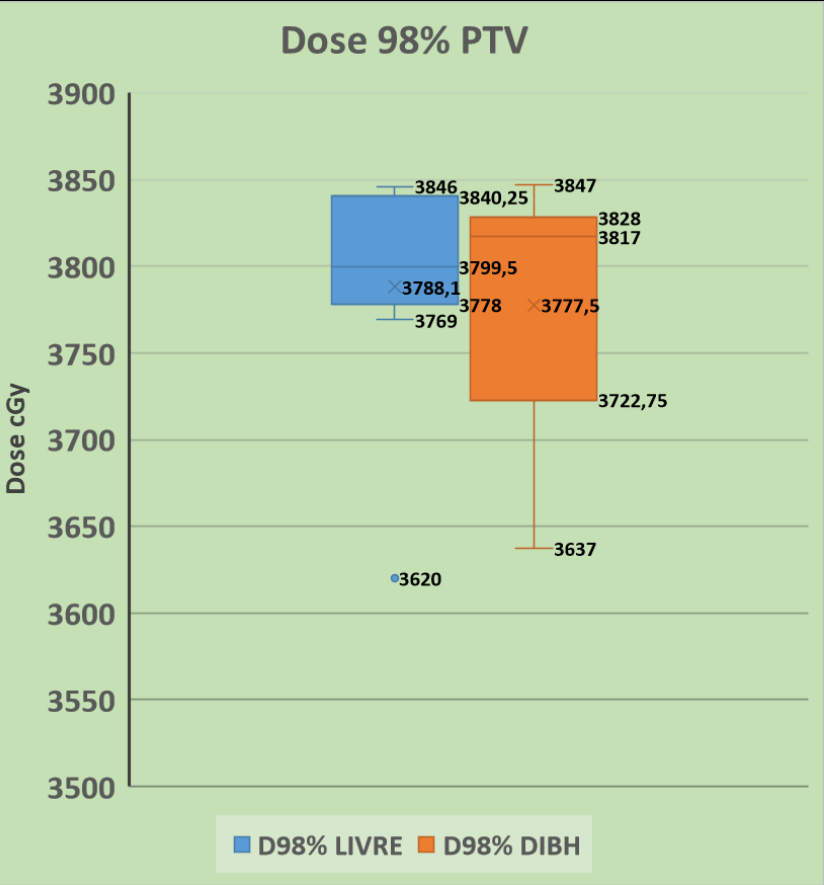
PTV

ESTUDO Retrospectivo N = 10 Pacientes FRACIONAMENTO: 15x267 = 4005cGy LIVRE vs DIBH

PTV D98%			
	LIVRE	DIBH	Avaliação
Média (cGy)	3788	3778	0%
Dsvpad(cGy)	65	76	

PTV D50%			
	LIVRE	DIBH	Avaliação
Média (cGy)	4074	4089	0%
Dsvpad(cGy)	29	26	

PTV D2%			
	LIVRE	DIBH	Avaliação
Média (cGy)	4173	4199	1%
Dsvpad(cGy)	38	38	



Estatísticas da Clínica

Coração

ESTUDO Retrospectivo N = **10 Pacientes** FRACIONAMENTO: **15x267** = 4005cGy **LIVRE** vs **DIBH**

Dose média Coração

	LIVRE	DIBH	Avaliação
Média (cGy)	245	171	-30%
Dsvpad(cGy)	69	69	

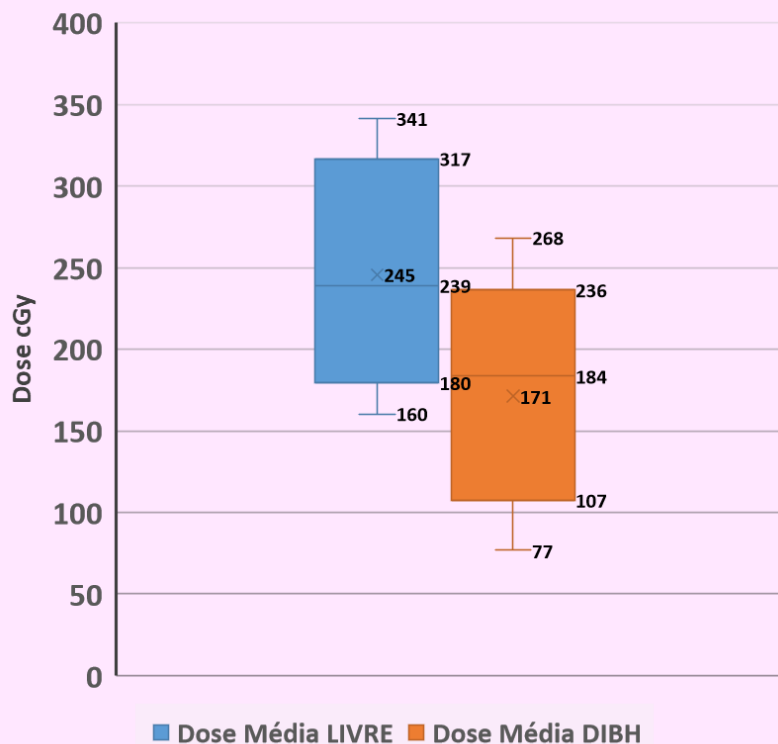
Dose máxima Coração

	LIVRE	DIBH	Avaliação
Média (cGy)	3543	2067	-44%
Dsvpad(cGy)	501	1305	

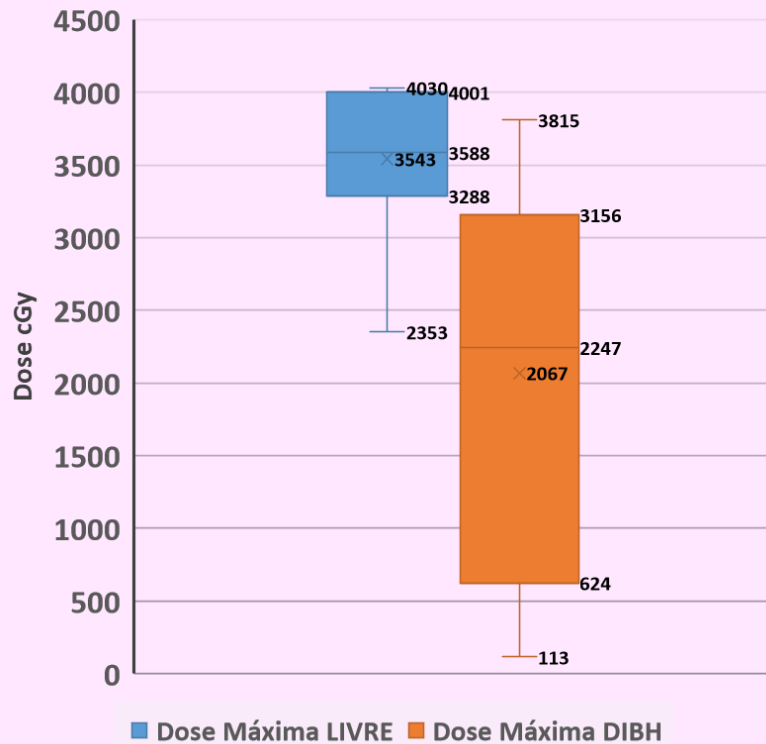
V5% Coração

	LIVRE	DIBH	Avaliação
Média (cGy)	1035	589	-37%
Dsvpad(cGy)	594	418	41%

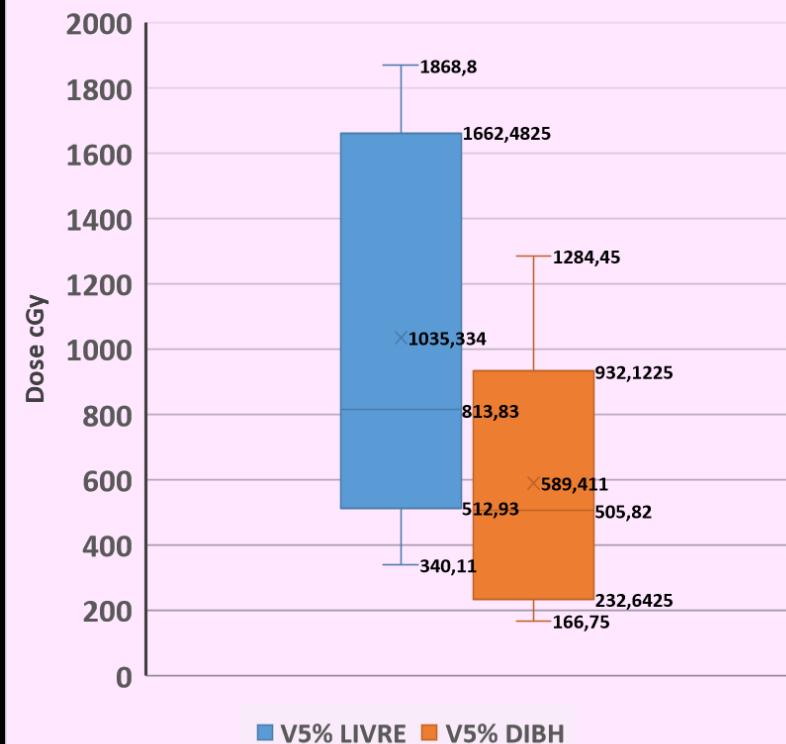
Dose média Coração



Dose Máxima Coração



V5% Coração

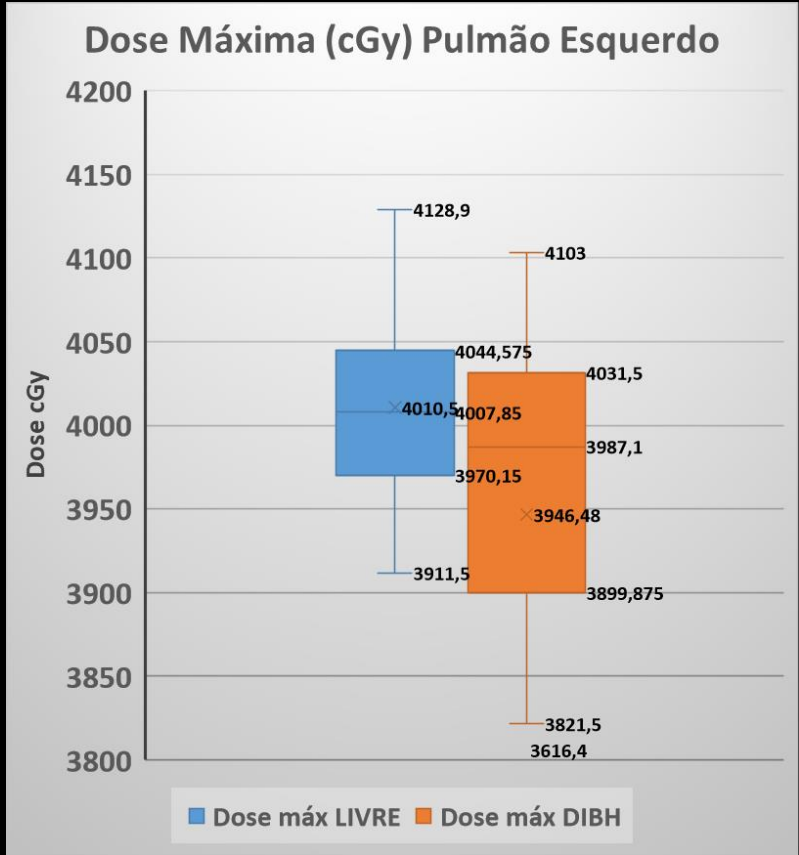
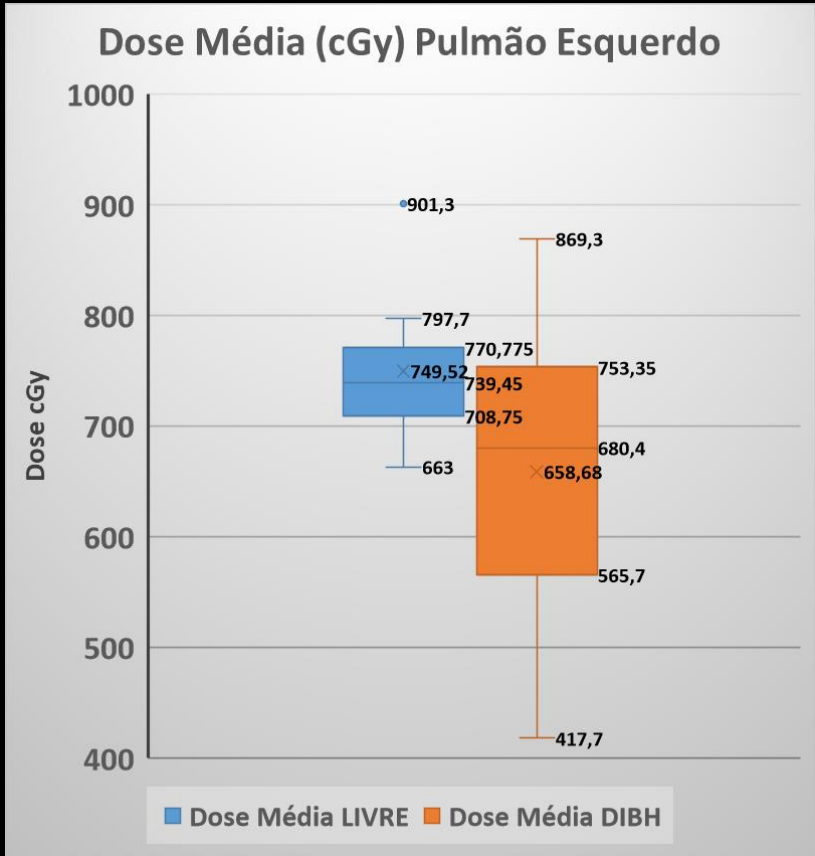
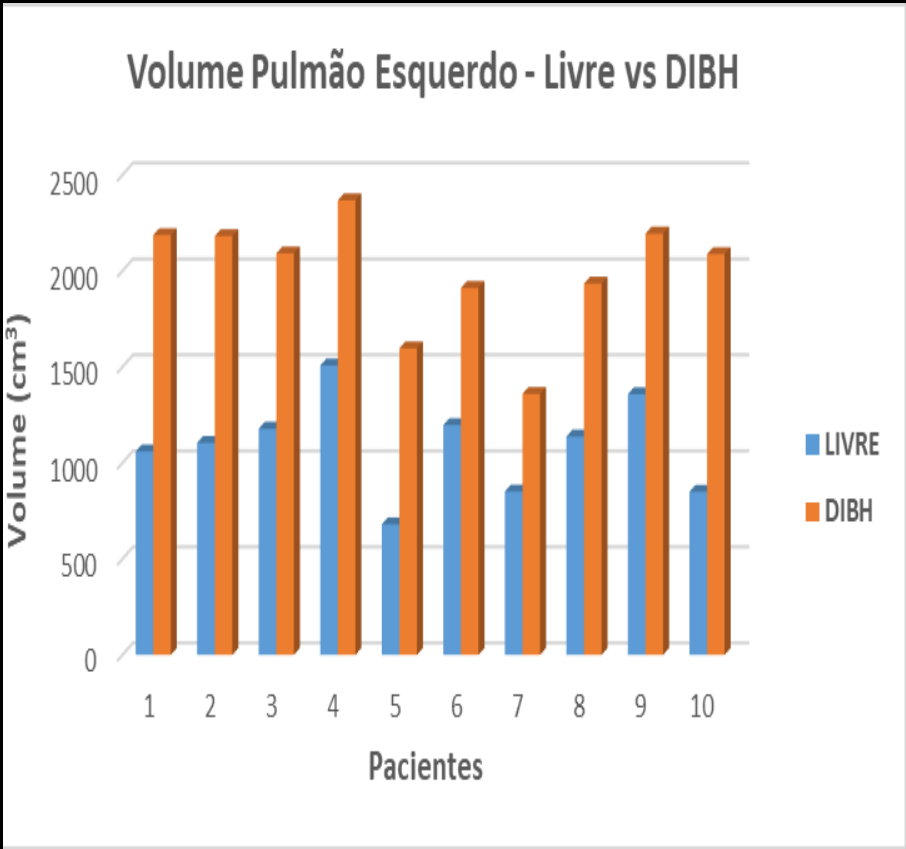


ESTUDO Retrospectivo N = 10 Pacientes FRACIONAMENTO: 15x267 = 4005cGy LIVRE vs DIBH

Volume do Pulmão (cm³)			
	LIVRE	DIBH	Avaliação
Média (cGy)	1092	1991	187%
Dsvpad(cGy)	247	306	

Dose média Pulmão			
	LIVRE	DIBH	Avaliação
Média (cGy)	750	659	-12%
Dsvpad(cGy)	65	134	

Dose máxima Pulmão			
	LIVRE	DIBH	Avaliação
Média (cGy)	4011	3946	-2%
Dsvpad(cGy)	58	140	



Estatísticas da Clínica

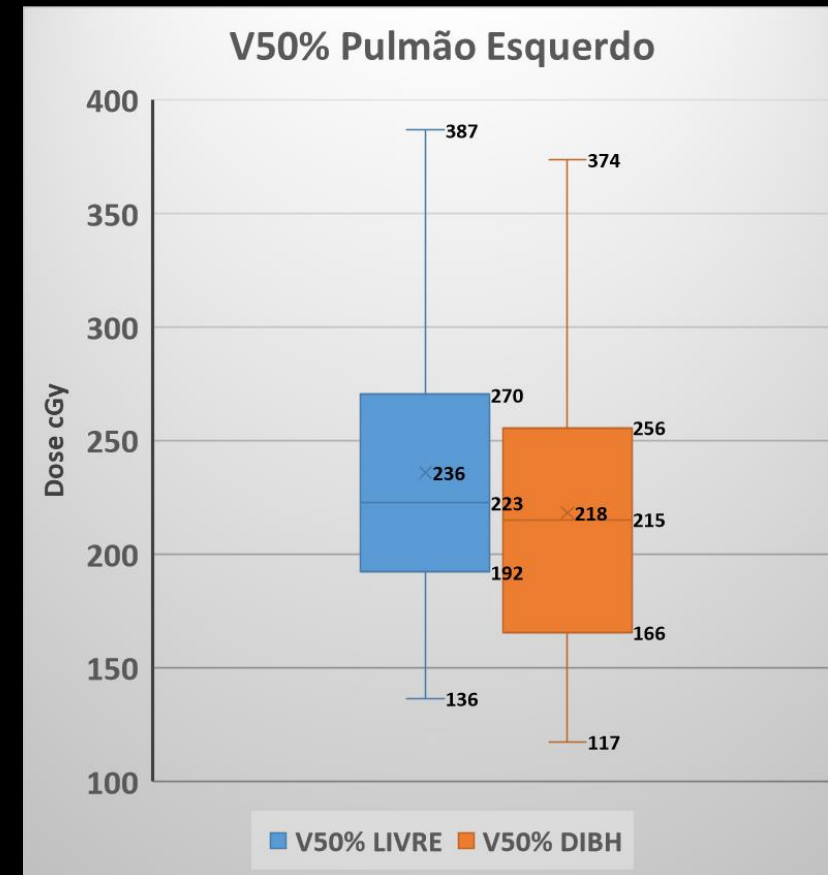
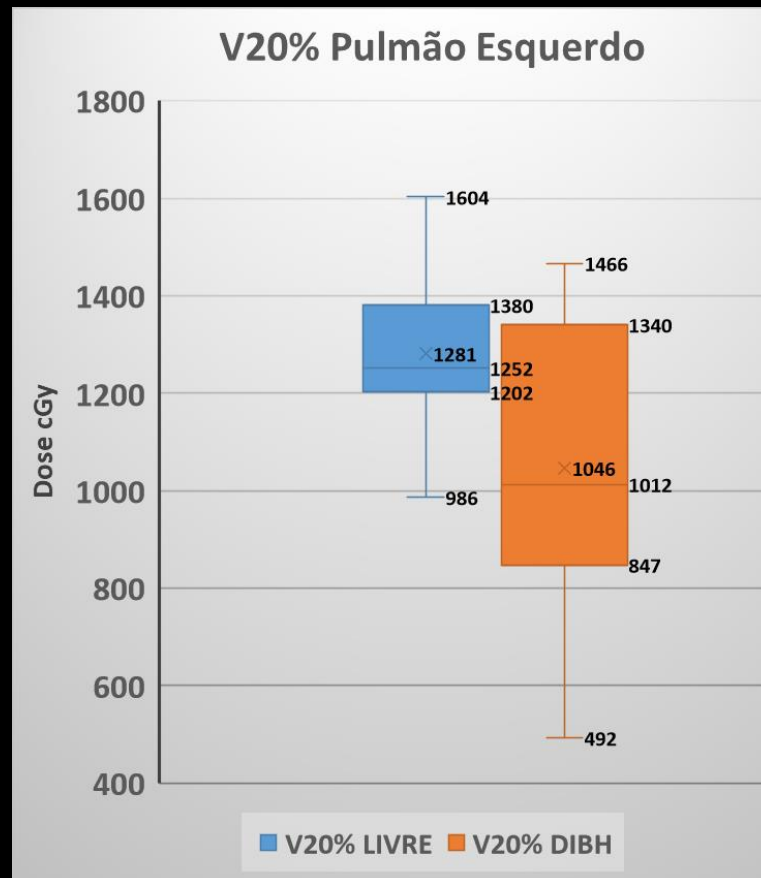
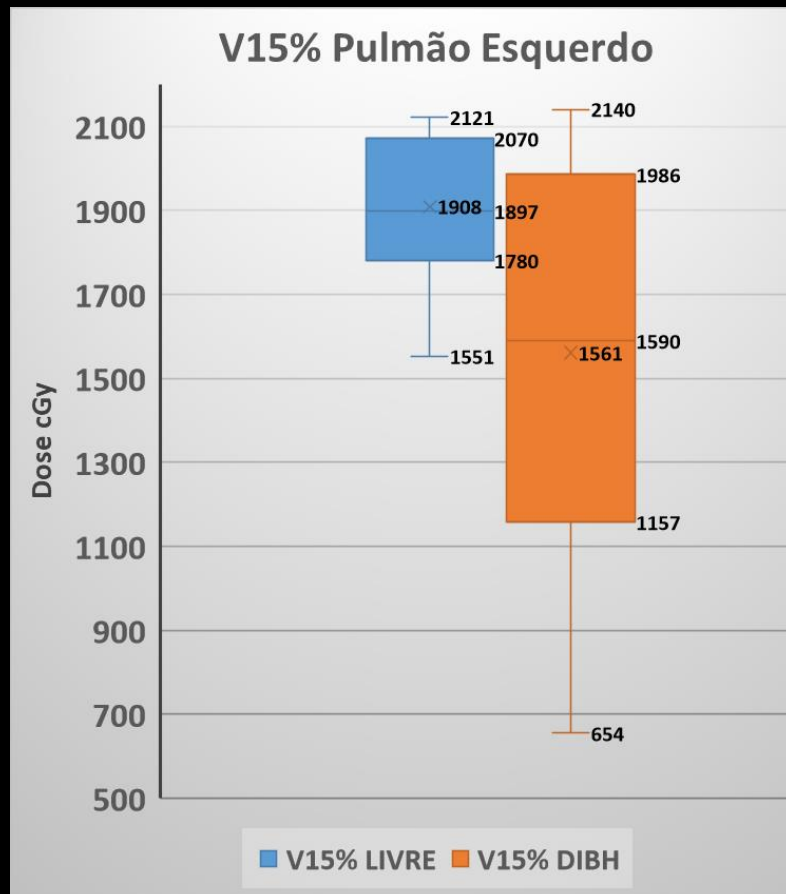
Pulmão

ESTUDO Retrospectivo N = **10 Pacientes** FRACIONAMENTO: **15x267** = 4005cGy **LIVRE** vs **DIBH**

V15% Pulmão			
	LIVRE	DIBH	Avaliação
Média (cGy)	1908	1561	-18%
Dsvpad(cGy)	184	477	

V20% Pulmão			
	LIVRE	DIBH	Avaliação
Média (cGy)	1281	1046	-17%
Dsvpad(cGy)	164	309	

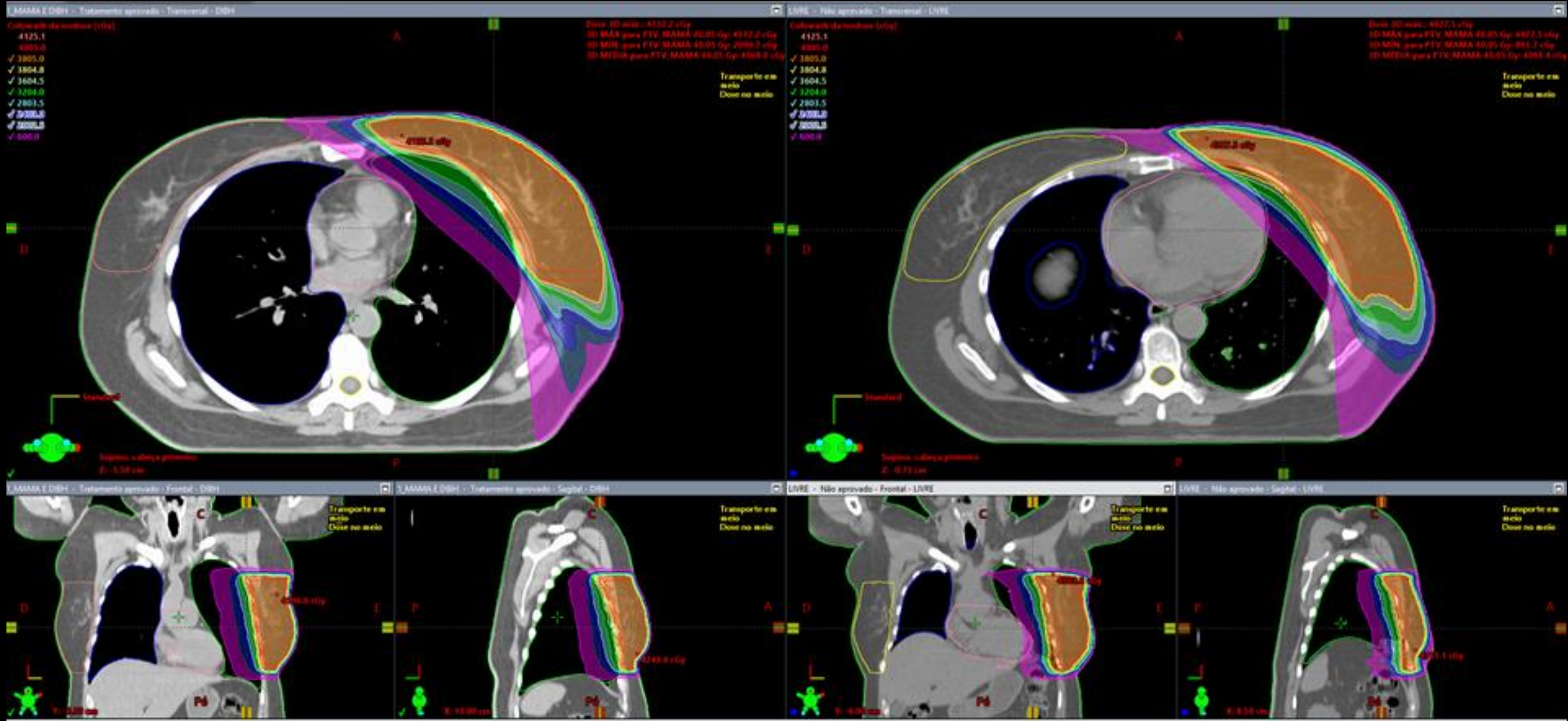
V50% Pulmão			
	LIVRE	DIBH	Avaliação
Média (cGy)	236	218	-7%
Dsvpad(cGy)	71	72	



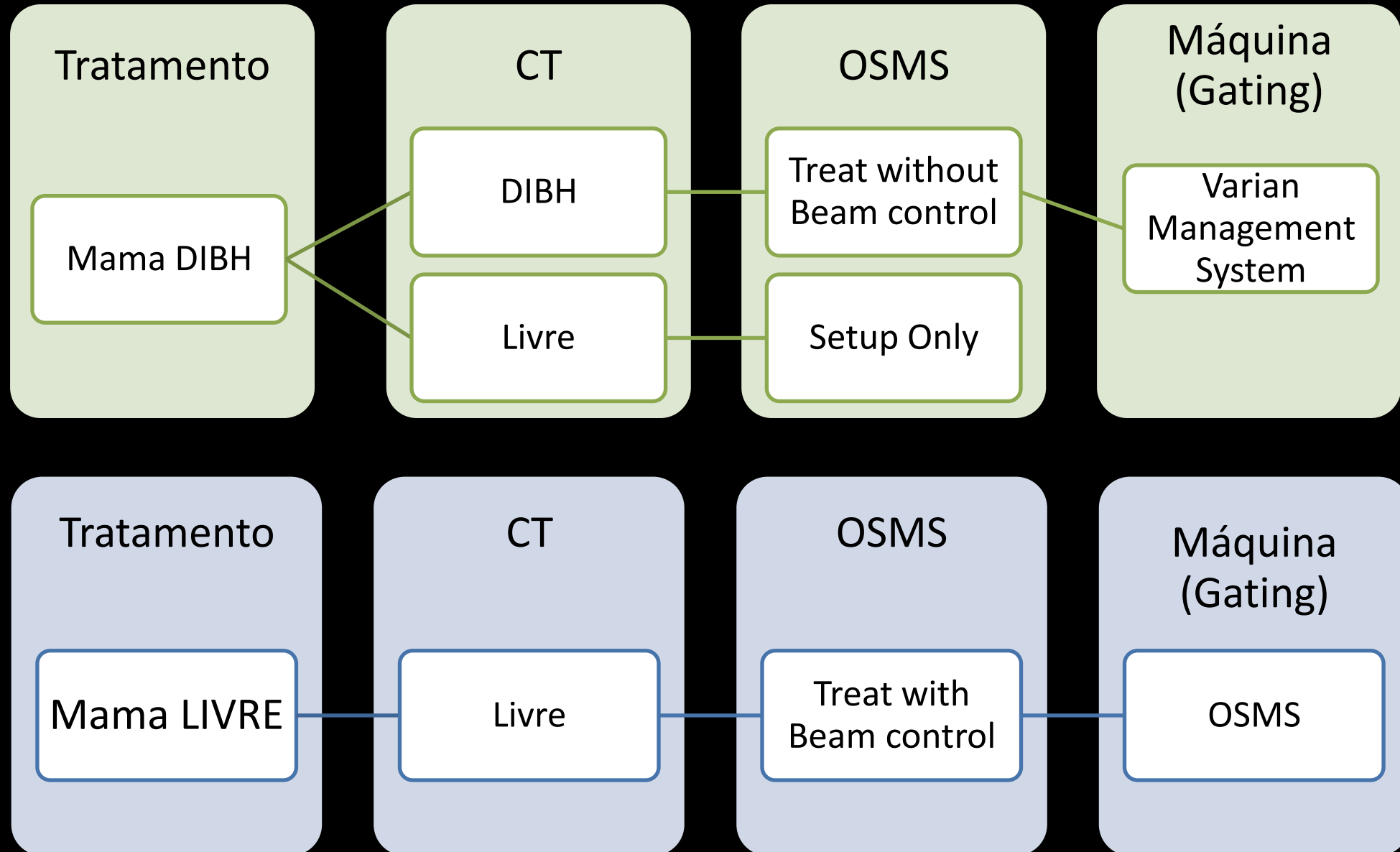
Estatísticas da Clínica

DIBH

LIVRE



Fluxo de trabalho para tratamento Mama RHP



Início de Tratamento

Posicionamento



OSMS – BODY LIVRE



Após a verificação do posicionamento com a **referência** da **TC Livre**, deve-se **alternar** a monitoração para a **TC DIBH** e repetir o treinamento da inspiração.

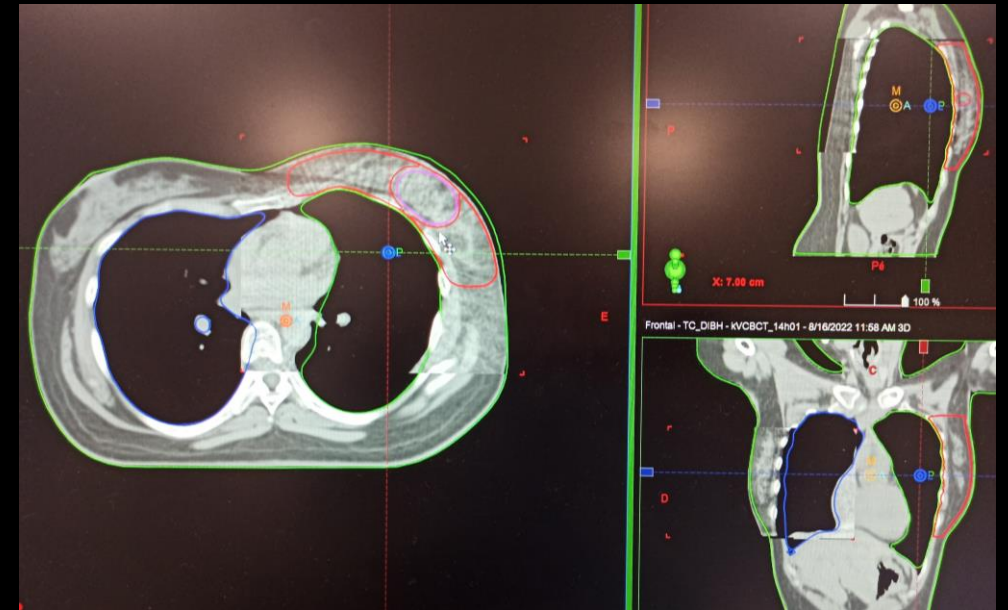


Checar a SSD no DIBH

Início de Tratamento

CBCT-Sincronizado

Avaliação do CBCT com TC DIBH



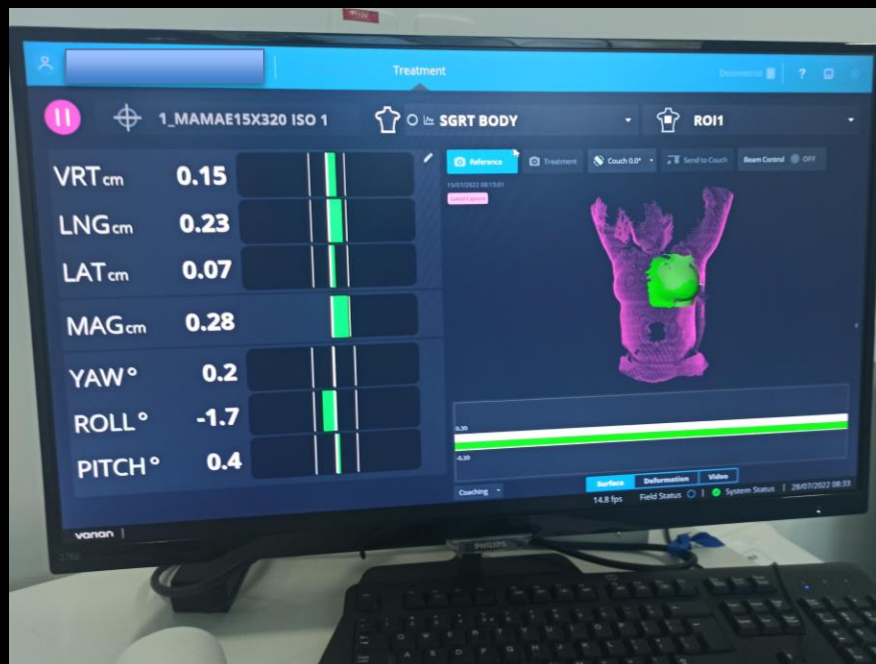
Com o CBCT aprovado é feita a captura de uma **nova superfície DIBH**



Início de Tratamento

Tratamento

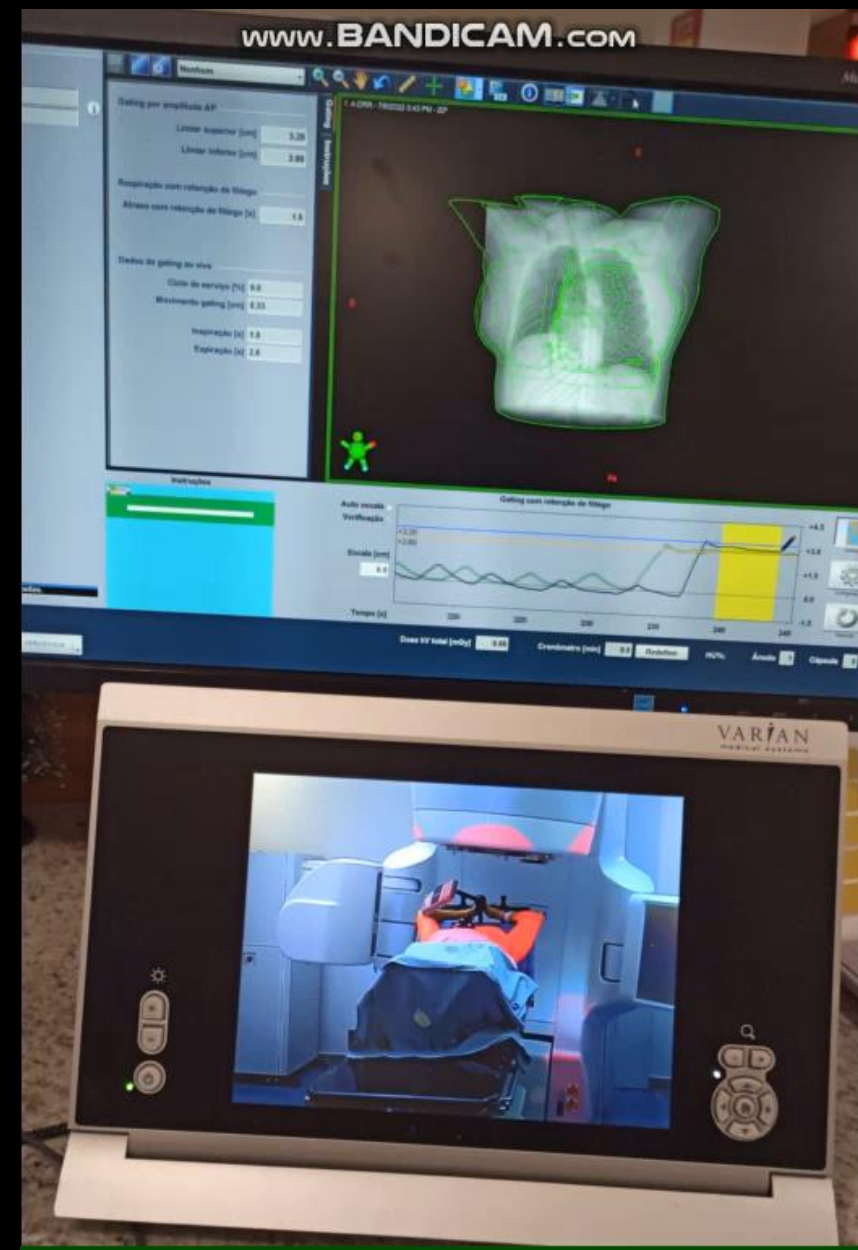
- O tratamento é realizado com o controle do **Gating da Máquina** (Respiratory Gating for Scanners (RGSC) - **Varian**).
 - Controle do feixe **AUTOMATICO ON / OFF**
- O **monitoramento superficial** é realizado com **OSMS** (Optical Surface Monitoring System – AlignnRT)
 - Controle do feixe **MANUAL**



VCD (Visual Coaching Device)



RTC (Real Time Coach)



Conclusões

- ✓ Tratar paciente de mama usando a técnica do **DIBH** **Reduz a dose** no **Coração** e no **pulmão** que **possibilita** realizar **Hipofracionamento** e **Ultrahipofracionamento**
 - ✓ Tratamento com menor Toxicidade
- ✓ A **Escolha do Setup** (VMAT + Energia de 6MV-FFF + Taxa de Dose(1400 UM/min) = menor tempo de tratamento (4 inspiração de 20/30 segundos)
- ✓ É muito importante Clareza e objetividade no **treinamento** e nas **orientações** para realização do **DIBH**
 - ✓ Sucesso do DIBH está na **cooperação do paciente**
- ✓ O **VCD** se mostrou de extrema importância para a compreensão dos pacientes da técnica, ajudando tanto na **simulação** quanto no **tratamento**

Obrigado



Contato:



Email: roberta_oliveira26@hotmail.com



Whatsapp: (81) 987408647



Instagram: [roberta_oliveira26](https://www.instagram.com/roberta_oliveira26)