



9° Trabalho - Segmentação do corpo caloso

Disciplina de Morfologia Matemática – 1° semestre de 2015 – Prof. Aura Conci

Alunos: Carolina Carvalho, Érick Oliveira, Breno Carvalho e Francisco Benavides

Segmentação do corpo caloso

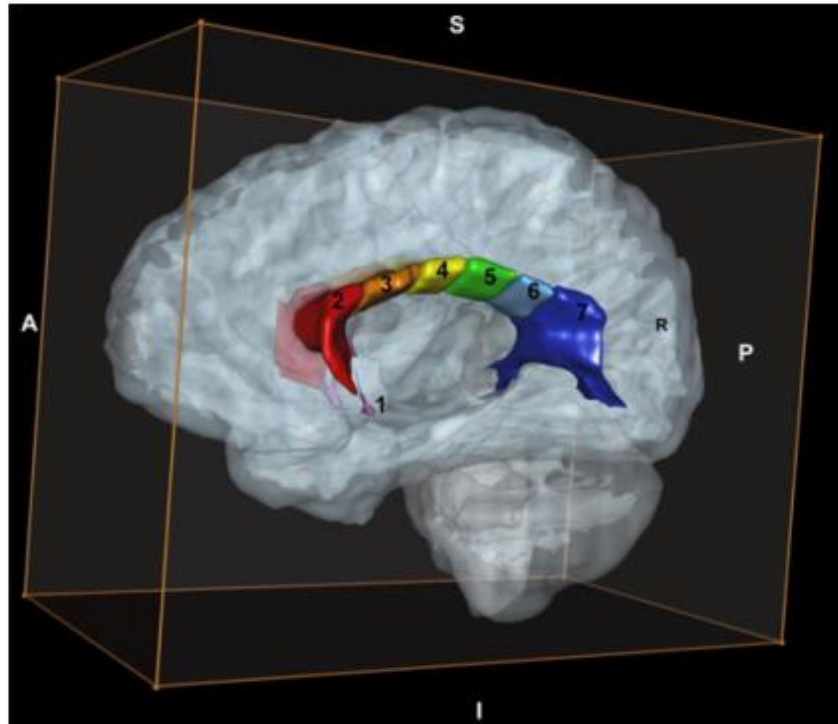


Fig. 2.
Three-dimensional MRI of the corpus callosum subdivisions. Key: 1 = Rostrum, 2 = Genu, 3 = Anterior body, 4 = Midbody, 5 = Posterior body, 6 = Isthmus, 7 = Splenium

Segmentação do corpo caloso

Foram utilizadas três técnicas distintas aplicadas sobre cortes sagitais de RM do corte mediano em direção às extremidades:

- Segmentação **em binário**:
 - **Técnica 1**: Limiarização com threshold manual + algoritmo de Suzuki para separar regiões conectadas sendo selecionada a região que contém um ponto do corpo caloso fornecido
 - **Técnica 2**: Limiarização com threshold manual + reconstrução a partir de um ponto do corpo caloso fornecido

Segmentação do corpo caloso

Foram utilizadas três técnicas distintas:

- Segmentação em tons de cinza:

- Técnica 3: Top-hat por reconstrução + reconstrução a partir de um ponto central do corpo caloso fornecido

$imagem2 = \text{ero}(imagem_original, EEQuadrado\ 3x3, \text{iteracoes}=10)$

$imagem3 = \rho_{imagem_original}(imagem2)$

$imagem4 = imagem_original - imagem3$

$Imagem_segmentada = \rho_{imagem4}(\text{marcador}) // \text{marcador}$
ponto fornecido com tom igual ao tom da imagem 4
neste ponto

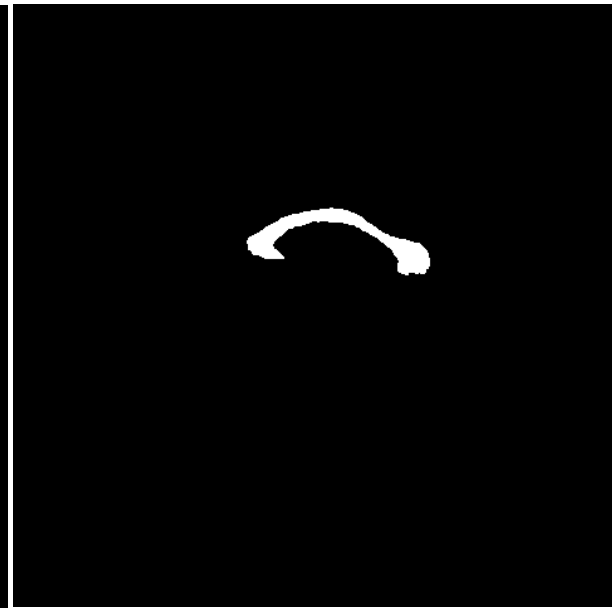
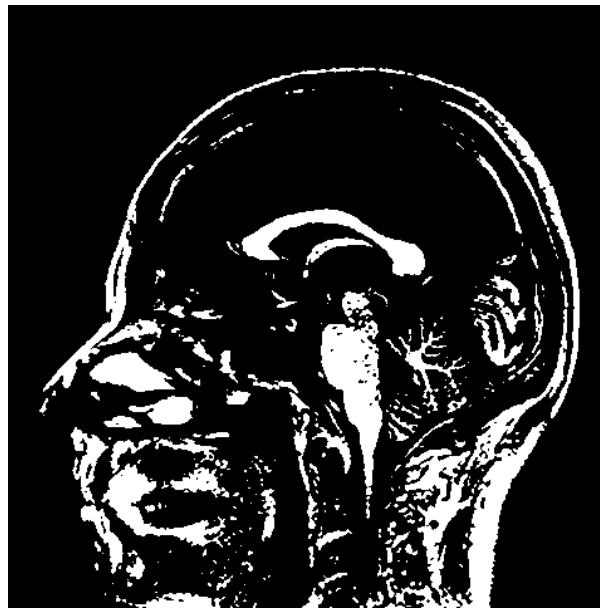
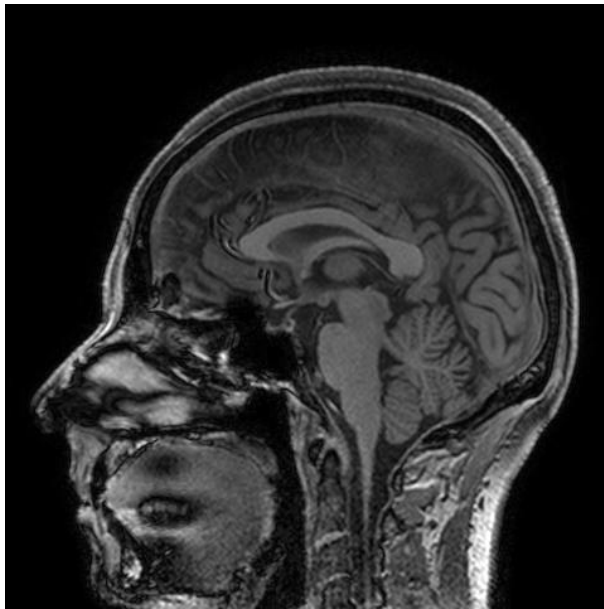
Segmentação do corpo caloso

Técnica 1: Limiarização+Suzuki (Ilustração da segmentação da fatia central 0170 passo a passo, RM da Aura-2009)

Fatia Original:

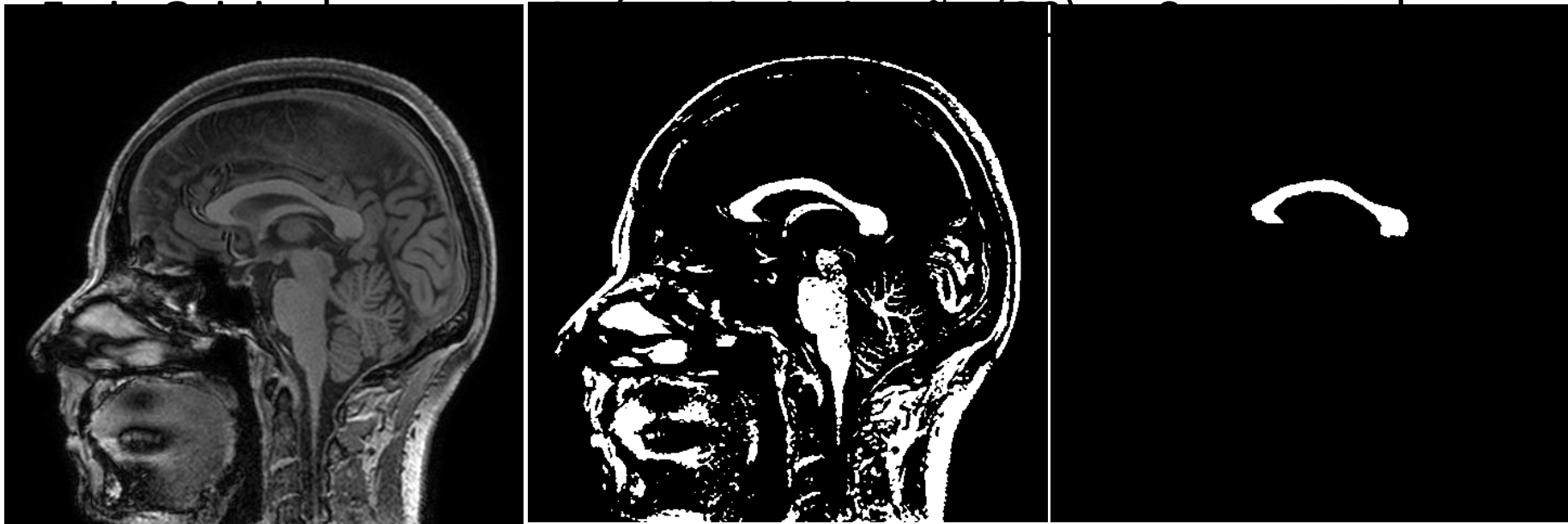
Após a Limiarização (90):

Segmentada:



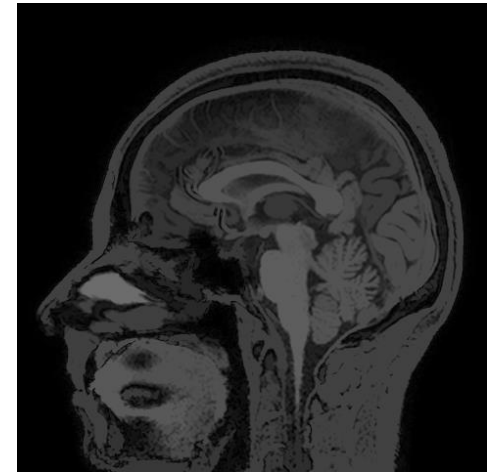
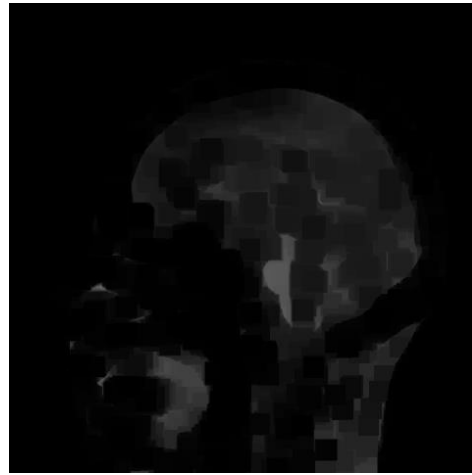
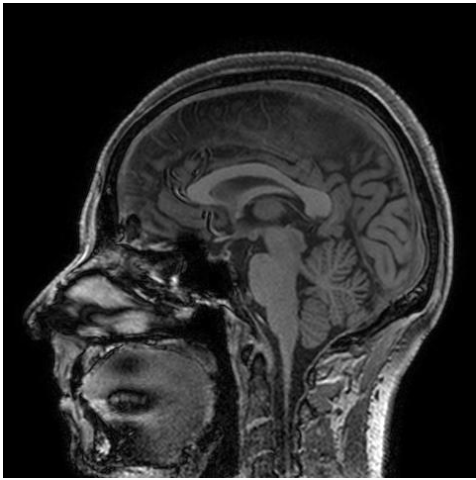
Segmentação do corpo caloso

Técnica 2: Limiarização+Reconstrução (Ilustração da segmentação da fatia central 0170 passo a passo, RM da Aura-2009)

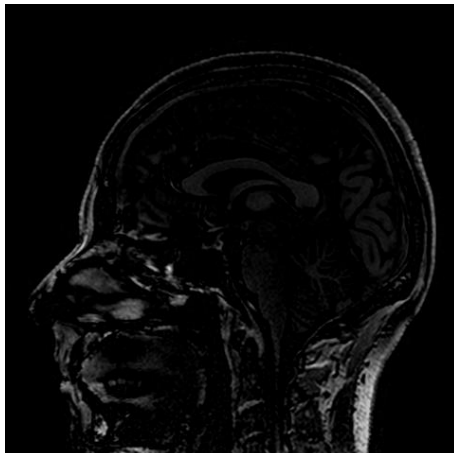


Segmentação do corpo caloso

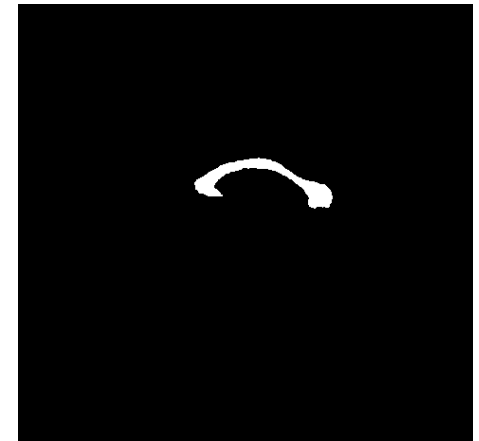
Técnica 3: Top-hat por reconstrução+Reconstrução (Ilustração da segmentação da fatia central 0170 passo a passo, RM da Aura-2009) Fatia Original: Após a Erosão : Após a reconstrução1:



Subtração:



Reconstrução+
limiarização final:



Segmentação do corpo caloso

Fatias extraídas pelas técnicas nos exames da Aura/Yandre (cortes sagitais ponderados em T1):

Técnicas	Aura 2009 T=90	Aura 2012 T=90	Yandre 2008 (com contraste) T=161	Yandre 2010 (com contraste) T=150
Técnica 1: Limiarização+Suzuki	0145-0195	0068-0093	IM9-IM12	IM9-IM12
Técnica 2: Limiarização + reconstrução	0145-0195	0068-0093	IM9-IM12	IM9-IM12
Técnica 3: Top-hat por reconstrução + reconstrução	0145-0195	0068-0093	IM9-IM12	IM9-IM12

Segmentação do corpo caloso

Distância de Hausdorff para as imagens segmentadas em comum pelas 3 técnicas para os exames de Aura/Yandre:

Distância de Hausdorff	Aura 2009 (fatias 0145-0195)	Aura 2012 (fatias 0068-0090)	Yandre 2008 (fatias IM9-IM12)	Yandre 2010 (fatias IM9-IM12)
DH (Técnica 1, Técnica 2)	12	7	21	5
DH (Técnica 1, Técnica 3)	184	152	102	197
DH (Técnica 2, Técnica 3)	184	152	102	197

A técnica 3 não conseguiu segmentar as fatias 91-93 que foram excluídas do cálculo da DH.

Segmentação do corpo caloso

Diferença simétrica para as imagens segmentadas em comum pelas 3 técnicas para os exames de Aura/Yandre:

Diferença Simétrica	Aura 2009 (fatias 0154-0186)	Aura 2012 (fatias 0068-0093)	Yandre 2008 (fatias IM9-IM12)	Yandre 2010 (fatias IM9-IM12)
DS (Técnica 1, Técnica 2)	57419	8465	4942	1398
DS (Técnica 1, Técnica 3)	307094	74094	28446	34187
DS (Técnica 2, Técnica 3)	249789	71443	23556	32927

Segmentação do corpo caloso

Diferença simétrica normalizada para as imagens segmentadas em comum pelas 3 técnicas para os exames de Aura/Yandre

$DS_{normalizada} = (DS / (n^\circ \text{ de fatias} \times \text{resolução H} \times \text{resolução V}))$:

Diferença Simétrica	Aura 2009 (51 fatias 480x480)	Aura 2012 (26 fatias 256 x 256)	Yandre 2008 (4 fatias 512 x 512)	Yandre 2010 (4 fatias 512 x 512)
DS (Técnica 1, Técnica 2)	0.489 %	0.497 %	0.471 %	0.133 %
DS (Técnica 1, Técnica 3)	2.61 %	4.35 %	2.71 %	3.26 %
DS (Técnica 2, Técnica 3)	2.13 %	4.19 %	2.25 %	3.14 %

Segmentação do corpo caloso: Cálculo do Volume

- Para o cálculo do volume foram escolhidas as técnicas 1 e 2, por apresentarem resultados mais próximos.
- Para o cálculo volumétrico do CC, foi especificada uma espessura do corpo caloso máxima de 25 mm. Tal espessura foi fixada olhando-se o corte mediano coronal a partir do qual pode-se estimar a espessura do corpo caloso para as regiões de 3-6 (ver [2], figura 1). A partir desta espessura, a massa branca mistura-se com o corpo caloso de tal forma a impossibilitar a distinção do mesmo a partir dos cortes sagitais)
- Com isso, parte das regiões 1 e 7, que extrapolam tal espessura não puderam ser segmentadas, de forma que o volume está subestimado.
- Em todas as técnicas, foi fornecido um ponto da região 7, por esta permanecer melhor distinguida por um número maior de fatias.

Segmentação do corpo caloso: Cálculo do Volume

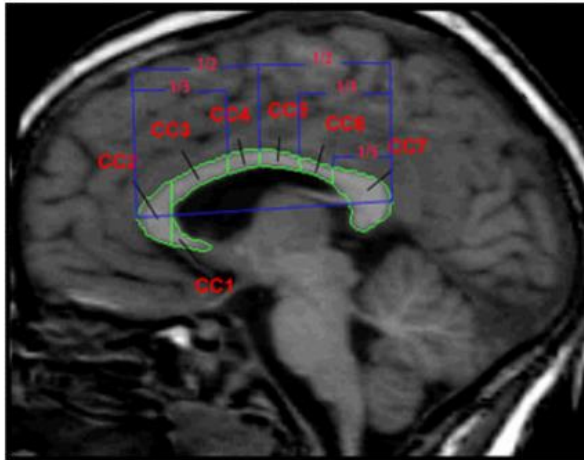


Fig. 1. Mid-sagittal MRI of the corpus callosum subdivisions based on callosal subdivisions by Witelson (*in blue*). Key: CC1 = Rostrum, CC2 = Genu, CC3 = Anterior body, CC4 = Midbody, CC5 = Posterior body, CC6 = Isthmus, CC7 = Splenium

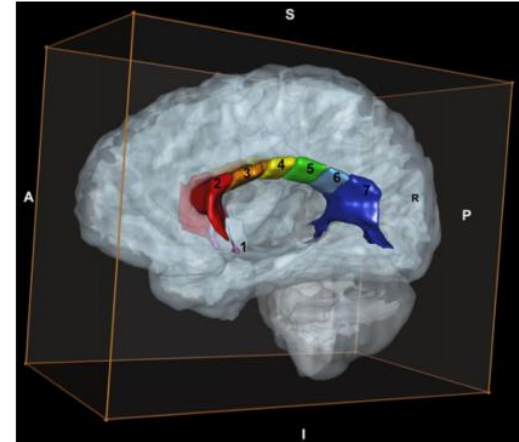
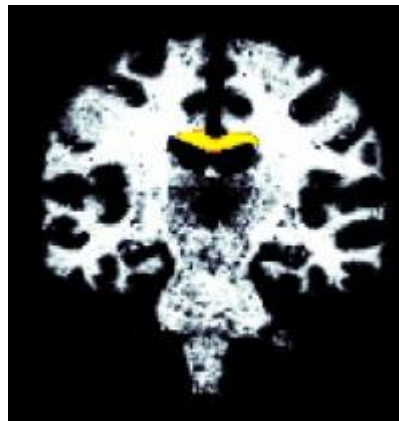


Fig. 2. Three-dimensional MRI of the corpus callosum subdivisions. Key: 1 = Rostrum, 2 = Genu, 3 = Anterior body, 4 = Midbody, 5 = Posterior body, 6 = Isthmus, 7 = Splenium



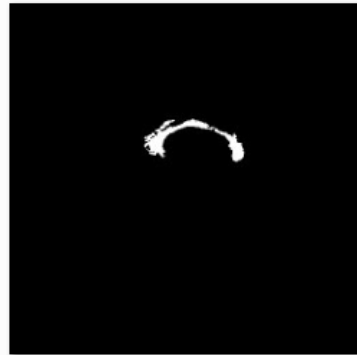
Segmentação CC – RM Aura 2009 - técnica 2



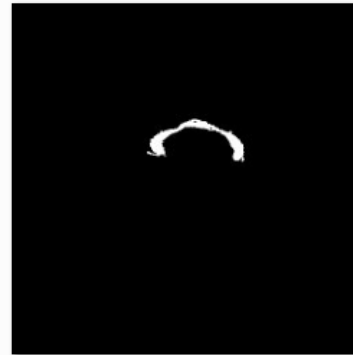
Segmentação CC – RM Yandre-2008- técnica 2



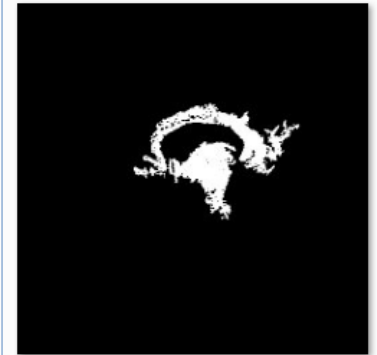
IM9.dcm_imagem.PNG-reconstruido.png



IM10.dcm_imagem.PNG-reconstruido.png



IM11.dcm_imagem.PNG-reconstruido.png

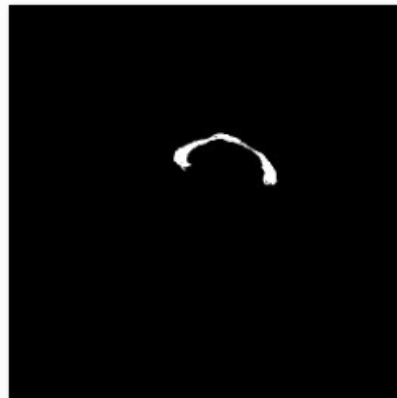


IM12.dcm_imagem.PNG-reconstruido.png

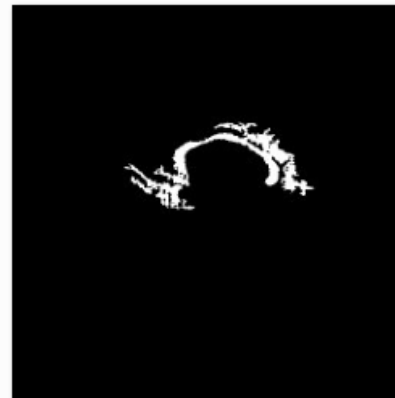
Segmentação CC – RM Yandre-2010- técnica 2



IM9.dcm_imagem.PNG-reconstruido.png



IM10.dcm_imagem.PNG-reconstruido.png



IM11.dcm_imagem.PNG-reconstruido.png



IM12.dcm_imagem.PNG-reconstruido.png

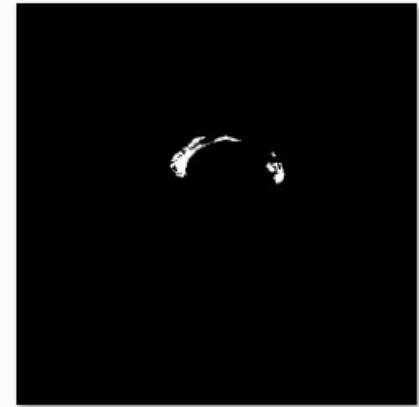
Cálculo volumétrico CC

- De uma forma geral, constatou-se também que, mesmo dentro da espessura de 25 mm, fatias afastadas das centrais acabavam segmentando, além do CC, parte da substância branca pertencente a outras estruturas cerebrais.
- O cálculo volumétrico foi então adaptado para, do meio para as pontas, testar se a próxima fatia excede em **10%** o número de pixels da fatia anterior, **fazendo a interseção com a fatia anterior**, caso esta condição ocorra.

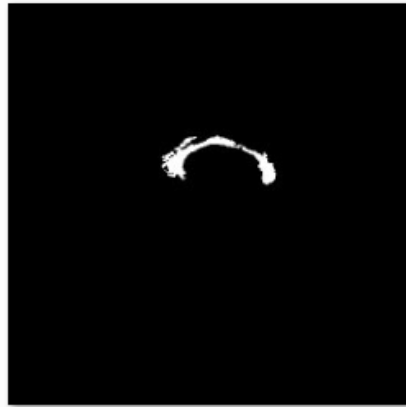
Cálculo Volumétrico CC – RM Aura, técnica 2, com intersecção



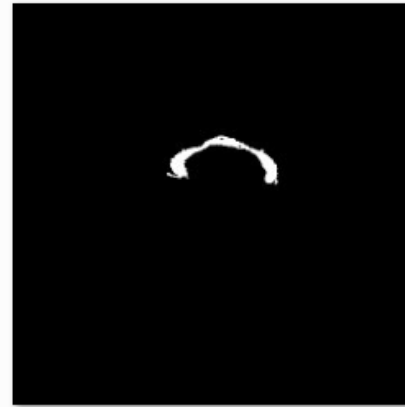
Cálculo Volumétrico CC – RM Yandre-2008, técnica 2, com intersecção



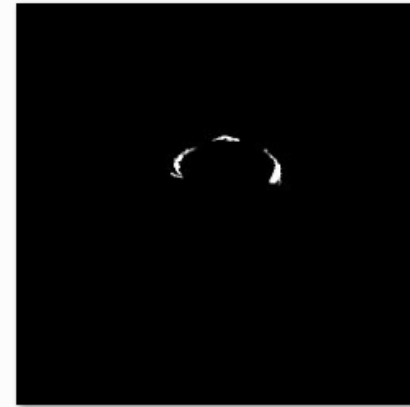
9.png



10.png

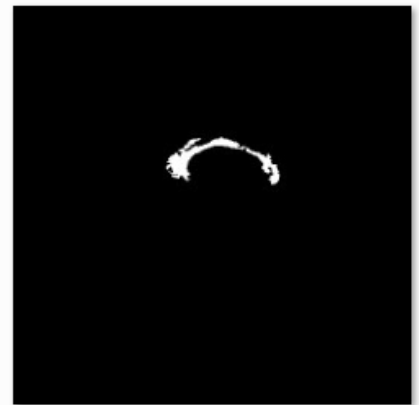


11.png

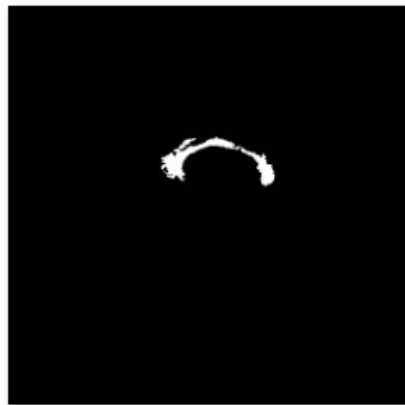


12.png

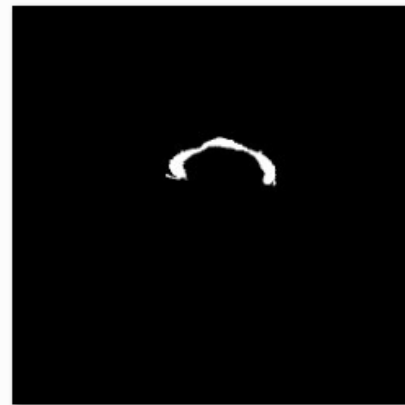
Cálculo Volumétrico CC – RM Yandre-2008, técnica 1, com intersecção



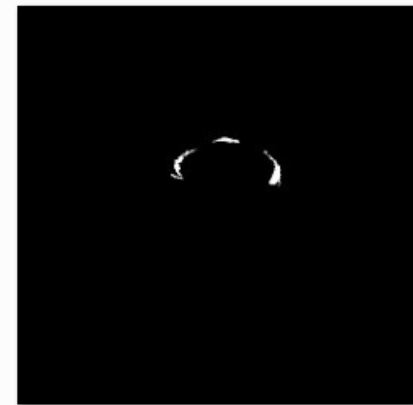
9.png



10.png

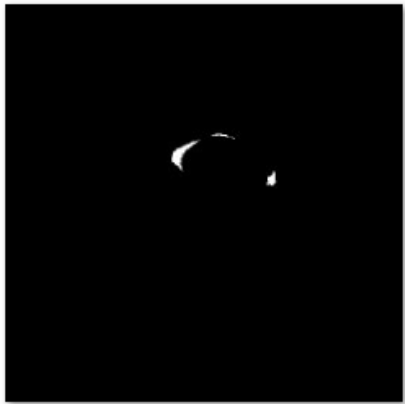


11.png

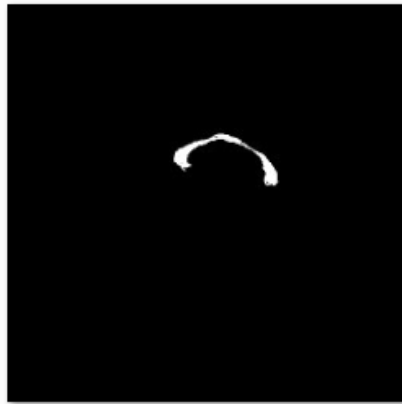


12.png

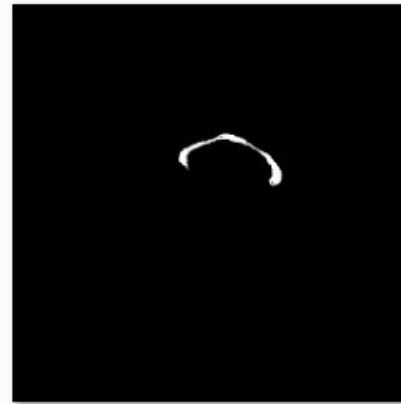
Cálculo Volumétrico CC – RM Yandre-2010, técnica 2, com intersecção



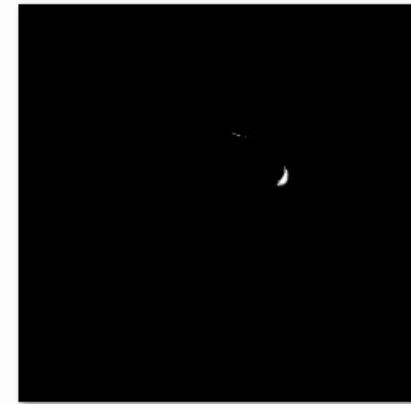
9.png



10.png

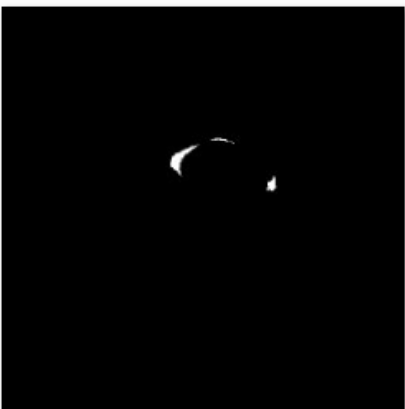


11.png

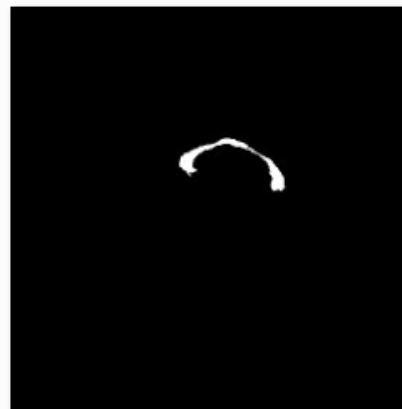


12.png

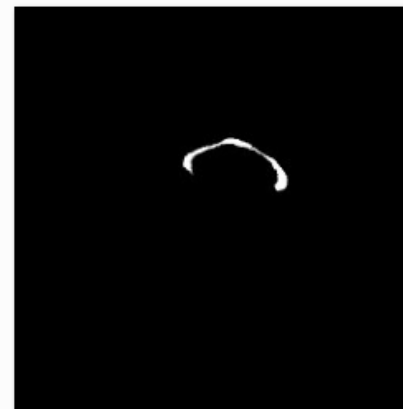
Cálculo Volumétrico CC – RM Yandre-2010, técnica 1, com intersecção



9.png



10.png



11.png



12.png

Segmentação do corpo caloso: cálculo do volume

Volumes segmentando as fatias e usando o artifício da interseção (**10%**):

Técnica	Grandeza	Aura 2009	Aura 2012	Delta-V Aura	Yandre 2008	Yandre 2010	Delta-V Yandre
Limiar. + Suzuki	Volume c.c.(mm ³)	10038.25	9259.5	-7.75 %	7905.90	4613.48	-41.64 %
	Tempo de execução /fatia	0.144 s	0.0768 s	-	0.125 s	0.129 s	-
Limiar. + Reconst.	Volume c.c.(mm ³)	9974.94	8991	-9.86 %	7234.45	4579.64	-36.7 %
	Tempo de execução/ fatia	0.06 s	0.02	-	0.067 s	0.067 s	-

Segmentação do corpo caloso: cálculo do volume

Volumes segmentando as fatias e usando o artifício da interseção (**1%**):

Técnica	Grandeza	Aura 2009	Aura 2012	Delta-V Aura	Yandre 2008	Yandre 2010	Delta-V Yandre
Limiar. + Suzuki	Volume c.c.(mm ³)	9722.44	9259.5	-4.76 %	7905.90	4613.48	-41.64 %
	Tempo de execução /fatia	0.144 s	0.0768 s	-	0.124 s	0.132 s	-
Limiar. + Reconst.	Volume c.c.(mm ³)	9661.69	8991	-6.94 %	7234.45	4579.64	-36.7 %
	Tempo de execução/ fatia	0.061 s	0.019 s	-	0.068 s	0.069 s	-

Segmentação do corpo caloso: cálculo do volume - CONCLUSÕES

- A intersecção melhorou a segmentação do CC mas restringiu-a de tal forma que qualquer modificação abrupta de fatia para fatia fica de fora (fatias mais externas terão sempre menos pixels que fatias mais internas), o que também contribui para subestimar o volume.
- Até mesmo o paciente de controle (Aura) apresentou alguma redução no volume, e esta redução varia com o percentual considerado na intersecção. É preciso investigar melhor o motivo desta redução, se existe algum problema a sanar na segmentação/cálculo volumétrico.
- As técnicas 1 e 2 são muito sensíveis ao limite de limiarização T e ao ponto escolhido.

Segmentação do corpo caloso: cálculo do volume - CONCLUSÕES

- As técnicas de segmentação 1 e 2 apresentaram resultados semelhantes no cálculo volumétrico, porém a técnica 2 se mostrou mais eficiente em termos de tempo computacional de execução*.

*A máquina utilizada nas simulações tem as seguintes configurações:

- SO: windows 7 de 64 bits
- Processador: Intel® Core™ i5-3470 CPU @ 3.2 GHz 3.60 GHz
- Memória RAM: 4 GB

Segmentação do corpo caloso: cálculo do volume – TRABALHOS FUTUROS

- Como ponto de melhoria, deve ser implementada uma forma de especificar o ponto e T automaticamente.
- Outro ponto de melhoria consiste em pegar os metadados dos exames que influenciam no cálculo do volume como o lado do pixel e a espessura da fatia automaticamente do xml gerado na extração das imagens DICOM.
- A técnica 2 (mais eficiente) deverá ser aplicada a exames de RM de mais pacientes, incluindo pacientes com redução do CC conhecida a priori e pacientes do grupo de controle em um estudo longitudinal para validar o cálculo volumétrico no acompanhamento da redução do CC ao longo do tempo.

Referências

[1] LOPEZ-LARSON, Melissa et al. Age-related changes in the corpus callosum in early-onset bipolar disorder assessed using volumetric and cross-sectional measurements. **Brain imaging and behavior**, v. 4, n. 3-4, p. 220-231, 2010. Disponível em <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3711475/>>.

Acesso em 23 de junho de 2015

[2] MCLAUGHLIN, Nicole CR et al. Diffusion tensor imaging of the corpus callosum: a cross-sectional study across the lifespan. **International journal of developmental neuroscience**, v. 25, n. 4, p. 215-221, 2007. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.69.6216&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em 23 de junho de 2015.