

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE SAÚDE PÚBLICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE COLETIVA

RAYSSA YASMIN PEREIRA SAUAIA

**ESTIMAÇÃO DE VOLUME MAMÁRIO EM CIRURGIAS PLÁSTICAS DO SISTEMA
ÚNICO DE SAÚDE, UTILIZANDO APRENDIZADO DE MÁQUINA.**

São Luís – MA
2024

RAYSSA YASMIN PEREIRA SAUAIA

**ESTIMAÇÃO DE VOLUME MAMÁRIO EM CIRURGIAS PLÁSTICAS DO SISTEMA
ÚNICO DE SAÚDE, UTILIZANDO APRENDIZADO DE MÁQUINA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em
Saúde Coletiva da Universidade Federal do Maranhão,
como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em
Saúde Coletiva.

Orientador: Prof.º Dr. Bruno Feres de Souza.

Co-Orientador: Prof.º Dr. Bruno Luciano Carneiro Alves
de Oliveira.

São Luís – MA

2024

Sauaia, Rayssa Yasmin Pereira.

ESTIMAÇÃO DE VOLUME MAMÁRIO EM CIRURGIAS PLÁSTICAS DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE, UTILIZANDO APRENDIZADO DE MÁQUINA / Rayssa Yasmin Pereira Sauaia. - 2024.

101 p.

Orientador(a): Bruno Feres de Souza.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2024.

1. Mamoplastia. 2. Mama. 3. Aprendizado de Máquina. 4. Cirurgia Plástica. I. Souza, Bruno Feres de. II. Título.

**ESTIMAÇÃO DE VOLUME MAMÁRIO EM CIRURGIAS PLÁSTICAS DO
SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE, UTILIZANDO APRENDIZADO DE MÁQUINA.**

Rayssa Yasmin Pereira Sauaia

Dissertação aprovada em _____ de _____ de _____ pela banca
examinadora constituída dos seguintes membros

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Bruno Feres de Souza

Orientador

Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Bruno Luciano Carneiro Alves de Oliveira

Coorientador

Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. João Dallyson Sousa de Almeida

Examinador Externo

Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr.^a Cecília Cláudia Costa Ribeiro de Almeida

Examinador Interno

Universidade Federal do Maranhão

A Deus e aos meus pais, que me proporcionaram as condições de ser quem eu sou.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelos dons da vida e da saúde, que me permitem buscar meus sonhos diariamente.

Ao meu orientador, Dr. Bruno Feres de Souza, por acreditar e apoiar sobremaneira a idealização e execução deste trabalho.

À Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva (PGSC), pela oportunidade de aprender e buscar patamares mais altos na vida acadêmica, em uma contínua reconstrução da estudante que sou.

Aos professores, colegas e funcionários do PGSC, pelo acolhimento, troca e suporte logístico.

Aos discentes da Engenharia da Computação da UFMA Luís Felipe, Clebson e Roberto, que muito contribuíram com os primeiros passos do desenvolvimento deste projeto. Ao professor Dr. Darlan Bruno, da Ciência da Computação da UFMA e membro atual deste projeto, que tem contribuído para a estruturação e consolidação da pesquisa.

Aos funcionários do setor de Radiologia do Hospital Universitário da UFMA, em especial a Dr^a Livia e a Dr^a Mara, pelo auxílio fundamental na viabilização e interpretação dos dados da ressonância magnética.

Ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), pelo financiamento do projeto, para que este se torne uma realidade palpável.

Aos meus amados pais, pelo imenso amor, cuidado e apoio incondicional em absolutamente todos os momentos de minha vida. Sem vocês, eu nada seria.

Ao meu companheiro de aventuras, tarefas e percalços, Alexandre Moucherek Júnior, por estar sempre presente.

Aos meus queridos pacientes, por confiarem em mim e no meu trabalho: verdadeira motivação em exercer todos os dias a minha profissão!

Aos colaboradores que porventura não foram aqui citados, mas que contribuíram direta ou indiretamente para realização desta pesquisa: meus mais sinceros agradecimentos!

“A primeira meta da educação é criar homens que sejam capazes de fazer coisas novas; homens que sejam criadores, inventores, descobridores”.

Jean Piaget

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Arquitetura da U-Net.....	16
Figura 2. Exemplos de problemas de classificação e de regressão.....	17
Figura 3. Fases do método de estimação do volume mamário.....	21
Figura 4. Esquema representativo do estúdio fotográfico e seus componentes.....	23
Figura 5. Aplicação da rede U-Net na segmentação das mamas.....	24
Figura 6. Processo de anotação frontal (A) e lateral (B) das mamas, para segmentação, na ferramenta LabelMe.....	25
Figura 7. Estimação do volume mamário pelo sistema desenvolvido, com base em modelos de regressão.....	27
Figura 8. Interface da plataforma utilizada para avaliação das pacientes por cirurgiões plásticos especialistas.....	30
Figura 9. Estratégia de validação cruzada com k partições, para avaliação do método de estimação do volume mamário.....	32
Figura A1. Fases do método de estimação do volume mamário.....	39
Figura A2. Processo de anotação frontal (A) e lateral (B) das mamas, para segmentação, na ferramenta LabelMe.....	41
Figura A3. Estimação do volume mamário pelo sistema desenvolvido, com base em modelos de regressão.....	43
Figura A4. Interface da plataforma utilizada para avaliação das pacientes por cirurgiões plásticos especialistas.....	46
Figura A5. Estratégia de validação cruzada com k partições, para avaliação do método de estimação do volume mamário.....	49

Figura A6. Evolução do coeficiente de Dice durante o treinamento da U-Net sobre a base pública.....	51
Figura A7. Ilustração de duas pacientes com melhor (A) e pior (B) coeficientes de Dice da base local	53
Figura A8. Gráfico de Bland-Altman para os modelos baseados em Regressão Linear, SVMs e <i>Random Forests</i>	55
Figura A9. Gráfico de Bland-Altman para os as estimativas subjetivas de três especialistas	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Hiperparâmetros da U-Net e suas respectivas descrições.....	26
Tabela 2. Hiperparâmetros das SVMs e <i>Random Forests</i> e suas respectivas descrições.....	28
Tabela A1. Hiperparâmetros da U-Net e suas respectivas descrições.....	42
Tabela A2. Hiperparâmetros das SVMs e <i>Random Forests</i> e suas respectivas descrições.....	45
Tabela A3. Medidas de desempenho para os três algoritmos de AM utilizados na estimacão do volume mamário	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ISAPS	- Sociedade Internacional de Cirurgia Plástica
SBCP	- Sociedade Brasileira de Cirurgia Plástica
DATASUS	- Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
SUS	- Sistema Único de Saúde
AM	- aprendizado de máquina
2D	- 2 dimensões (altura e largura)
3D	- 3 dimensões (altura, largura e profundidade)
QALY	- <i>quality-adjusted life-year</i> / ano de vida ajustado por qualidade
EQ-5D VAS	- escala analógica visual EQ-5D
SF-6D	- questionário de qualidade de vida <i>short-form 6-dimensions</i>
SF-36	- questionário de qualidade de vida <i>short-form – 36</i>
BREAST-Q	- questionário de qualidade de vida BREAST-Q
TC	- tomografia computadorizada
CNN	- <i>Convolutional Neural Networks</i> / redes neurais convolucionais

SVMs	- <i>support vector machines</i> / máquinas de vetores de suporte
UFMA	- Universidade Federal do Maranhão
HU-UFMA	- Hospital Universitário da Universidade Federal do Maranhão
TCLE	- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
PSI	- projeção superior inferior
PLM	- projeção lateral medial
PA	- projeção anterior
A	- altura da mama
L	- largura da mama
C	- compressão exercida pela mamografia, no sentido crânio-caudal
MAE	- erro absoluto médio
MSE	- erro quadrático médio
RMSE	- raiz do erro quadrático médio

SAUAIA, Rayssa, **Estimação de volume mamário em cirurgias plásticas do sistema único de saúde, utilizando aprendizado de máquina**, 2024, Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) - Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 101p.

RESUMO

Introdução: A estimativa do volume mamário é etapa crucial em mamoplastias, influenciando diretamente a precisão dos resultados e a eficiência do tempo cirúrgico. Apesar de sua importância, não está disponível metodologia prática e objetiva para esta tarefa, sendo frequentemente dependente da percepção subjetiva do cirurgião. Portanto, este trabalho objetivou propor técnica inovadora de estimação de volume mamário, baseada em fotografias digitais 2D e Aprendizado de Máquina. **Métodos:** Foram convidadas 25 mulheres com hipertrofia mamária sintomática, cujas mamas foram fotografadas de forma padronizada, em ambiente hospitalar. Desenvolveu-se uma técnica de Aprendizado de Máquina capaz de localizar, segmentar e estimar o volume mamário a partir de imagens. **Resultados:** Para tarefa de segmentação das mamas, a rede U-Net forneceu excelente desempenho, alcançando coeficientes de Dice de 0.97. Algoritmos de regressão foram empregados para aprimorar as estimativas de volume da nova técnica, que se mostraram mais precisas e consistentes que aquelas realizadas de forma subjetiva por cirurgiões convidados. O erro absoluto médio (MAE) da nova metodologia foi de 206.722 mL em relação a ressonância magnética (padrão-ouro), sendo o modelo SVM (*support vector machines*) o de melhor desempenho. Gráficos de Bland-Altman confirmaram a confiabilidade do método proposto, em comparação com a prática clínica atual. **Conclusão:** Este trabalho abre caminho para uma nova abordagem de estimação do volume mamário simples, acessível, prática e objetiva, baseada em fotografias digitais 2D e Aprendizado de Máquina, que pode redefinir os padrões atuais.

Palavras-chave: mamoplastia; mama; cirurgia plástica; aprendizado de máquina.

SAUAIA, Rayssa, **Estimação de volume mamário em cirurgias plásticas do sistema único de saúde, utilizando aprendizado de máquina**, 2024, Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) - Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 101p.

ABSTRACT

Introduction: Breast volume estimation is a crucial step in mammoplasty, directly influencing the accuracy of results and the efficiency of surgical time. Despite its importance, there is no practical and objective methodology available for this task, and it is often dependent on the subjective perception of the surgeon. Therefore, this study aimed to propose an innovative technique for breast volume estimation, based on 2D digital photographs and Machine Learning. **Methods:** Twenty-five women with symptomatic breast hypertrophy were invited, whose breasts were photographed in a standardized manner, in hospital environment. A Machine Learning technique capable of localizing, segmenting and estimating breast volume from images was developed. **Results:** For the breast segmentation task, the U-Net network provided excellent performance, reaching Dice coefficients of 0.97. Regression algorithms were used to improve the volume estimates of the new technique, which proved to be more accurate and consistent than those performed subjectively by invited surgeons. The mean absolute error (MAE) of the new methodology was 206.722 mL compared to magnetic resonance imaging (gold standard), with the SVM (*support vector machines*) model having the best performance. Bland-Altman plots confirmed the reliability of the proposed method, compared to current clinical practice. **Conclusion:** This work paves the way for a new approach for simple, accessible, practical and objective breast volume estimation, based on 2D digital photographs and Machine Learning, which can redefine current standards.

Keywords: mammoplasty; breast; plastic surgery; machine learning.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	JUSTIFICATIVA	3
3.	OBJETO DE ESTUDO E OBJETIVOS	4
3.1	Objeto	4
3.2	Objetivo Geral	4
3.3	Objetivos Específicos	4
4	REFERENCIAL TEÓRICO	5
4.1	Anatomia e desenvolvimento da mama	5
4.2	Alterações das mamas e hipertrofia mamária	6
4.3	Mamoplastias redutoras e seu custo-efetividade no sistema de saúde	8
4.4	A percepção estética das mamas e a importância do volume mamário	10
4.5	Metodologias de estimação do volume mamário	11
4.6	Aprendizado de Máquina	14
4.6.1	Aprendizado de Máquina para a segmentação de imagens	15
4.6.2	Aprendizado de Máquina para estimação de valores	17
5	METODOLOGIA	19
5.1	Tipo de estudo	19
5.2	Local de estudo	19
5.3	Amostra do estudo	20
5.4	Método proposto para a estimação do volume mamário	20
5.4.1	Aquisição das bases de imagens digitais de mamas	21
5.4.1.1	Base pública	21
5.4.1.2	Base local	22
5.4.2	Segmentação das mamas das pacientes	23
5.4.3	Estimação do volume mamário.....	26
5.5	Avaliação subjetiva de especialistas	29
5.6	Avaliação do método	30
5.6.1	Métricas de avaliação	30

5.6.2	Estratégia de avaliação	31
5.6.3	Análise estatística	32
5.7	Aspectos éticos e legais	33
6	RESULTADOS	33
6.1	Artigo 1- Estimção de volume mamário em cirurgias plásticas do sistema único de saúde, utilizando aprendizado de máquina	33
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
	REFERÊNCIAS	63
	APÊNDICE 1	71
	APÊNDICE 2	76
	ANEXO 1	79