



TRANSPORT-BASED MORPHOMETRY: REVISÃO INTEGRATIVA SOBRE APLICAÇÕES E AVANÇOS NA ANÁLISE DE IMAGENS MÉDICAS

André Lucas Simões Oliveira Góes¹

andre.goes@upe.br

Ana Maria Santos Perazzo²

anaperazzo108@gmail.com

Francisco José Ferreira de Asevedo¹

francisco.asevedo@upe.br

João Vítor Correia de Santana¹

joao.correiasantana@upe.br

¹ UPE - Universidade de Pernambuco

² UniFIS - Centro Universitário FIS

INTRODUÇÃO

A morfometria baseada em transporte (TBM) é uma técnica inovadora que utiliza a teoria do transporte ótimo para analisar a morfologia de estruturas biológicas em imagens médicas. Ou seja, é uma abordagem matemática que busca a maneira mais eficiente de mover uma distribuição de massa de um ponto a outro, minimizando o custo associado a esse transporte, assim a TBM quantifica as mudanças morfológicas entre as estruturas analisadas e isso permite, na medicina, identificar padrões discriminatórios que podem ser indicativos de condições patológicas. Essa abordagem se destaca por sua capacidade de quantificar mudanças morfológicas complexas (Rabbi *et al.*, 2023). A TBM tem sido aplicada com sucesso em diversas áreas, incluindo a detecção precoce da osteoartrite, onde possibilita a análise de alterações na cartilagem antes da manifestação de sintomas clínicos (Kundu *et al.*, 2020).

Além disso, a TBM tem mostrado grande potencial na patologia do câncer, permitindo a diferenciação de características nucleares benignas e malignas em tumores, o que pode melhorar diagnósticos e tratamentos (Rabbi *et al.*, 2023).

Recentemente, a técnica também foi utilizada no estudo do autismo, revelando mudanças estruturais no cérebro associadas a variações genéticas, como as deleções e duplicações na região 16p11.2. Essa aplicação destaca a importância da TBM na estratificação genética e na compreensão da neurodiversidade (Kundu *et al.*, 2024).

Em suma, a TBM representa um avanço significativo na análise de imagens médicas, oferecendo uma abordagem quantitativa e interpretável que pode transformar a pesquisa biomédica e contribuir para diagnósticos mais precisos e tratamentos personalizados.

Portanto, este estudo tem como objetivo revisar e analisar a literatura científica sobre a aplicação da Morfometria Baseada em Transporte (TBM) em diferentes áreas da medicina. Pretende-se explorar o potencial da TBM como uma ferramenta inovadora para a quantificação de mudanças morfológicas em imagens médicas, destacando suas vantagens em relação a técnicas tradicionais. Ademais, busca-se investigar os avanços recentes e as limitações da TBM, fornecendo uma síntese das suas principais aplicações e contribuições para o diagnóstico e tratamento de doenças complexas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão bibliográfica integrativa, que tem como objetivo sintetizar e analisar a literatura científica disponível sobre o uso da tecnologia de Transport-based Morphometry (TBM) e sua aplicação em diferentes áreas da medicina e pesquisa. De acordo com Ercole *et al.* (2014), a revisão integrativa é um método sistemático, organizado e abrangente que permite consolidar informações sobre um determinado assunto, fornecendo uma visão ampla e profunda do tema estudado.

A questão norteadora da pesquisa foi: "Como a tecnologia de *Transport-based Morphometry* pode ser aplicada na análise de imagens médicas e quais são seus benefícios e limitações em comparação a outras técnicas de morfometria?"



Para responder a essa questão, foi realizada uma busca sistemática de artigos científicos publicados nos últimos cinco anos na base de dados PubMed, utilizando os descritores padronizados: "Transport-based Morphometry", "Imagens Médicas", "Morfometria" e suas combinações em inglês. A triagem inicial das publicações foi realizada com base nos seguintes critérios de elegibilidade:

- Critérios de inclusão: artigos que abordem diretamente a aplicação do TBM, publicados entre janeiro de 2019 e agosto de 2024, incluindo estudos experimentais, revisões, ensaios clínicos e estudos observacionais.
- Critérios de exclusão: artigos que não estejam disponíveis para leitura, que não sejam relevantes ou que não atendam aos objetivos propostos pela pesquisa.

Os dados coletados serão analisados e discutidos com o objetivo de compreender o potencial do TBM como ferramenta de análise em diversas áreas, além de identificar desafios e limitações na sua aplicação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa baseada na metodologia proposta, através da base de dados PubMed, encontrou cinco artigos no espaço cronológico determinado. Desses cinco artigos, todos atendiam aos critérios de inclusão e foram selecionados para produção da discussão a seguir com o propósito de descrever a aplicabilidade da tecnologia de *Transport-based Morphometry* (TBM).

O primeiro artigo, "*Cell Image Classification: A Comparative Overview*", apresenta uma visão geral das técnicas de classificação de imagens celulares, incluindo a TBM. A tecnologia é destacada por sua capacidade de modelar a morfologia nuclear de forma quantitativa, permitindo a comparação entre diferentes tipos de tecidos e a identificação de características morfológicas que podem ser indicativas de processos patológicos. A TBM se diferencia de abordagens tradicionais, pois não se limita à extração de características numéricas, mas sim à representação completa da informação contida em cada núcleo em relação a um núcleo de referência, o que facilita a interpretação dos dados (Shifat-e-rabbi *et al.*, 2020).

No segundo artigo, "*Enabling early detection of osteoarthritis from presymptomatic cartilage texture maps via transport-based learning*", a TBM é aplicada para detectar alterações precoces na cartilagem que podem indicar o início da osteoartrite (OA). A pesquisa demonstra que a TBM pode prever a progressão da OA até três anos antes do diagnóstico padrão, utilizando mapas de textura da cartilagem. O método envolve a quantificação do transporte de massa necessário para transformar uma morfologia em outra, permitindo a visualização das mudanças fenotípicas que ocorrem na cartilagem ao longo do tempo. Essa abordagem não requer a definição prévia de características, o que a torna mais flexível e adaptável a diferentes contextos clínicos (Kundu *et al.*, 2020).

O terceiro artigo, "*Investigating impact of cardiorespiratory fitness in reducing brain tissue loss caused by ageing*", explora a relação entre a aptidão cardiorrespiratória e a perda de tecido cerebral. Embora a TBM não seja o foco principal, a discussão sobre a morfometria e a análise de imagens cerebrais sugere que técnicas como a TBM poderiam ser aplicadas para quantificar mudanças morfológicas no tecido cerebral ao longo do envelhecimento, potencialmente revelando padrões que poderiam ser utilizados para intervenções precoces (Kundu *et al.*, 2021).

No quarto artigo, "*Transport-based morphometry of nuclear structures of digital pathology images in cancer*", a TBM é utilizada para analisar imagens digitais de patologia, focando nas estruturas nucleares em amostras de câncer. A pesquisa demonstra que a TBM pode identificar diferenças morfológicas significativas entre categorias de tumores benignos e malignos, permitindo uma classificação mais precisa e informada. A técnica é aplicada em um conjunto de dados que inclui diferentes tipos de câncer, mostrando sua robustez e capacidade de generalização em contextos variados (Rabbi *et al.*, 2023).

Por fim, o quinto artigo, "*Discovering the gene-brain-behavior link in autism via generative machine learning*", discute a aplicação de técnicas de aprendizado de máquina generativas, que podem incluir a TBM, para investigar a relação entre genes, comportamento e características cerebrais em indivíduos com autismo. A TBM pode ser utilizada para modelar a morfologia cerebral e identificar



padrões que se correlacionam com características comportamentais, contribuindo para uma compreensão mais profunda das interações entre genética e fenótipo (Kundu *et al.*, 2024).

Em resumo, a tecnologia de Transport-based Morphometry se destaca por sua capacidade de fornecer uma análise morfológica detalhada e quantitativa em diversas áreas da biomedicina. Sua aplicabilidade se estende desde a classificação de imagens celulares até a detecção precoce de doenças, passando pela análise de estruturas nucleares em câncer e investigações sobre a morfologia cerebral. A flexibilidade e a robustez da TBM a tornam uma ferramenta valiosa para pesquisadores que buscam entender melhor as complexidades das alterações morfológicas associadas a diferentes condições patológicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia de Transport-based Morphometry (TBM) representa um avanço significativo na análise de imagens médicas, oferecendo uma abordagem generativa que permite a visualização direta das alterações morfológicas, facilitando a interpretação dos dados. Foi possível neste resumo discutir de forma breve sobre algumas aplicabilidades e comparada a técnicas tradicionais, a TBM se destaca pela robustez em lidar com diferentes padrões de imagem e pela precisão na previsão de variações genéticas. No entanto, suas limitações incluem a complexidade dos modelos e a necessidade de grandes conjuntos de dados para treinamento. Em suma, a TBM tem o potencial de melhorar diagnósticos e personalizar tratamentos, atingindo nosso objetivo de discutir suas aplicações e comparações com outras técnicas de morfometria.

PALAVRAS-CHAVE: Transport-based Morphometry. Imagens médicas. Morfometria

Referências

- ERCOLE, F. F.; MELO, L. S. DE; ALCOFORADO, C. L. G. C. Integrative review versus systematic review. **REME**, v. 18, n. 1, p. 09–11, 2014.
- KUNDU, S. et al. Discovering the gene-brain-behavior link in autism via generative machine learning. **Science advances**, v. 10, n. 24, 2024.
- KUNDU, S. et al. Enabling early detection of osteoarthritis from presymptomatic cartilage texture maps via transport-based learning. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 117, n. 40, p. 24709–24719, 2020.
- KUNDU, S. et al. Investigating impact of cardiorespiratory fitness in reducing brain tissue loss caused by ageing. **Brain communications**, v. 3, n. 4, 2021.
- RABBI, M. S. E. et al. Transport-based morphometry of nuclear structures of digital pathology images in cancers. **ArXiv**, 2023.
- SHIFAT-E-RABBI, M. et al. Cell image classification: A comparative overview. **Cytometry. Part A: the journal of the International Society for Analytical Cytology**, v. 97, n. 4, p. 347–362, 2020.