

USO DA TÉCNICA DE PLANIMETRIA EM BIOMECÂNICA

Rhaira Helena Caetano e Souza, Universidade Federal de Uberlândia, rhairahelena@gmail.com
Eduardo Lázaro Martins Naves, Universidade Federal de Uberlândia, eduardonaves@yahoo.com.br
Cleudmar Amaral de Araújo, Universidade Federal de Uberlândia, cleudmar@mecanica.ufu.br

Resumo. A proposta deste estudo foi avaliar o software opensource ImageJ como ferramenta para a análise de imagens de atletas durante a execução do exercício, de modo que possa determinar amplitudes máximas exatas de seus movimentos. Esta ferramenta possibilita o cálculo digital de áreas planas, por meio de comandos e uma simples calibração da imagem em análise. **Objetivo:** apresentar o uso da técnica de planimetria digital com auxílio do software ImageJ como ferramenta de otimização da técnica biomecânica do exercício. **Metodologia:** Foram realizadas coletas de imagens de um atleta na execução de exercício específico, dentro e fora d'água, de modo que pudesse ser observada evidência de correspondências das medidas reais com as medidas virtuais via ImageJ. **Conclusões:** As áreas estimadas digitalmente foram satisfatórias, considerando-se erro intrínseco dos cálculos realizados digitalmente, confrontando-se com as medidas reais.

Palavras chave: planimetria digital, ImageJ, biomecânica, cálculo de área, exercício físico.

1. INTRODUÇÃO

Planimetria é definida como a medição de superfícies planas. Esta técnica pode ser utilizada na obtenção de informações para cicatrização de feridas expostas, informações de tamanho de organismos vivos e seu desenvolvimento, assim como informações da superfície corporal de um atleta.

Existem diversos métodos de determinar as dimensões planas de uma superfície. A mais popular é através de simples medidas lineares (comprimento – L e largura – D). As medidas lineares devem ser feitas, de modo que a maior largura seja obtida e o maior comprimento medido perpendicularmente à linha traçada pelo a largura. A área é então calculada pela multiplicação do comprimento e a largura. Apesar de simples, é o menos preciso método, baseado apenas em largura e comprimento, enquanto formatos reais de estruturas biológicas são de variados tipos.

Uma forma de reduzir erros advindos de medições de áreas sem padrões específicos é com o uso da técnica da planimetria digital, que procura delimitar regiões específicas e traçar cálculos matemáticos para cálculo de área irregular. O software ImageJ (Rasband, 2011) tem sido bastante utilizado com essa proposta e tem apresentado resultados satisfatórios em comparação às medidas reais.

Neste trabalho, será abordado o uso do software ImageJ para traçar medidas do tronco de um atleta em atividade. Esta medida biomecânica será feita por meio de fotos do atleta em atividade específica, dentro da água. Este trabalho procura avaliar o software ImageJ como satisfatório ou não para cálculo de área frontal plana do corpo humano. Como ressaltado por Gatta *et al.* (2015), em todas as formas de locomoção humana, o fator da força resistiva contrária ao sentido de movimento pode ser determinante para a performance de um atleta. Essa condição é observada quando há uma relação de propulsão x resistência de movimento, isso ocorre em todos os esportes, pois sempre há um meio resistivo (fluido) ao qual o atleta está imerso, como por exemplo o ar.

Este trabalho procura avaliar uma metodologia para cálculo digital de área, por meio do software ImageJ, de modo que a otimização dessa área em confronto com o fluido resistivo possa ser feita, com isso, a performance do atleta poderá ser otimizada. A informação de área em confronto com o fluido resistivo pode ser uma ferramenta para atleta e treinador no estudo do movimento de interesse.

2. METODOLOGIA

A determinação de forças que agem com resistência ao sentido de movimento é de interesse para atletas e treinadores. Técnicas dinâmicas inversas são utilizadas a fim de se estimar os parâmetros de interesse que provocam resistência ao sentido de movimento.

No estudo da biomecânica do esporte existem diversas limitações inerentes ao processo de aquisição de dados de atletas em natação, por exemplo, o que exige do observador habilidade de avaliação de diferentes fluidos junto ao corpo do nadador e a interface água/ar, além de abordar modelos aquáticos de predição de forças de resistência, existentes na locomoção do nadador em seu percurso.

No ImageJ, o cálculo das áreas é realizado pela contagem interna de pixels das regiões selecionadas pelo usuário (Rasband, 2011). O ImageJ processa a imagem captando a intensidade luminosa ou nível de cinza dos pixels.

O software ImageJ estima a área plana em pixel^2 (S_{pixel}) com área adquirida a partir de uma imagem frontal. O processo de cálculo da área plana da seção transversal do tronco do atleta em m^2 foi comparado com os valores reais de uma área conhecida, uma placa retangular, que foi destacada em uma foto, como mostra a Fig. (1).



Figura 1. Calibração da escala nas imagens, valores em cm, com o software ImageJ.

A calibração da escala na imagem, mostrada na Fig. (1), foi feita a partir da cabeça do indivíduo. Como resultado, a placa de área conhecida (0,0210 x 0,0295 cm) teve suas medidas dadas pelo ImageJ de 0,0205 x 0,0293 cm, sendo, portanto, subestimada. Admite-se, dessa forma, um erro na fonte de 3% para as medidas encontradas neste trabalho.

Em 2015, Gatta e coautores fizeram um resumo do estado da arte no que tange à medição da área frontal de nadadores (S) durante a natação. Vogel (1994) mostra que S pode ser definida de diversas formas:

- 1) S é a área em contato com a água: o total da superfície exposta ao fluxo, corpos hidrodinâmicos a um baixo número de Reynolds.
- 2) S é a área frontal / área da seção transversal: a área do corpo projetada em um plano normal a direção do fluxo, corpos que não necessariamente estão em posição hidrodinâmica, com alto ou médio número de Reynolds.
- 3) S é a área de forma planar, área do perfil, como a área submersa, o qual é um parâmetro independente da orientação com respeito ao fluxo (este método é geralmente utilizado com produção de aerofólios). Neste caso, S pode ser calculada como 2/3 do volume corporal (este método é usado para dirigíveis onde o volume é proporcional à sua subida).

Entretanto, diferentes autores têm aplicado essas diferentes definições para calcular S e então estimar o arrasto, o nadador não é um corpo hidrodinâmico, ele se move em médio a elevado número de Reynolds (Mollendorf *et al.*, 2004) e é predominantemente impulsionado por forças de arrasto, assim, a área frontal / área da seção transversal parece ser a mais razoável “escolha de área”. (Gatta *et al.*, 2015)

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

As forças propulsivas em relação ao fluido imerso são regidas pelo Princípio de Bernoulli, o qual afirma que a pressão do fluido é reduzida quando a velocidade de fluxo é aumentada. Há conservação de energia no sistema quando o fluxo é laminar (sem turbulência). Esta condição é inexistente durante o movimento de braços e pernas por parte do atleta. A diferença de pressão entre dois fluxos é descrita como sustentação dinâmica. Tal princípio, no entanto, desconsidera forças de resistência, as quais devem ser consideradas na modelagem real de forças de propulsão biomecânicas (Rushall *et al.*, 1994). A resistência, sobretudo, é calculada por meio de formulações matemáticas que relacionam a área corporal em confronto com o fluido resistivo. A formulação em questão não foi tratada neste trabalho.

Para a determinação da área frontal em confronto com o fluido, foi analisado o formato transversal do tronco do indivíduo/atleta.



Figura 2. Extração de contorno com o software ImageJ, a partir de imagem original.

Na avaliação da área efetiva de cada imagem, o seguinte processamento da imagem foi adotado: (i) calibração da escala de medição a partir da touca do nadador; (ii) delimitação do plano de fundo, por meio do threshold de cores (adota-se uma cor limite na escala de cores para diferenciar a imagem em duas partes), automatizado pelo software ImageJ; (iii) eliminação de partes próximas à área de interesse, que atrapalhavam a diferenciação dessa área, por meio do software Adobe® Photoshop® CS2; (iv) Threshold binário da imagem e identificação do seu contorno (comando 'Find edges' do ImageJ). A Fig. (2) exemplifica a etapa de identificação da área efetiva transversal do nadador que se choca com a água na execução do nado, além de identificar seu contorno, o qual é utilizado na seleção da área de interesse que terá seu interior medido de modo automatizado pelo ImageJ.

O procedimento de escolha das imagens de interesse foi dado pelo mesmo observador, com repetitividade, em busca dos posicionamentos característicos e melhor distinguíveis dentre as imagens. A área que é destacada na Fig. (2) tem seus pixels contados e o software ImageJ realiza a contagem de pixels automaticamente, fornecendo o tamanho real da área em cm^2 a partir da calibração feita a partir da cabeça do indivíduo.

Para a imagem trabalhada, a área da seção transversal do tronco do indivíduo foi de $S = 0,055 \text{ m}^2$. O erro calculado via software (ImageJ), da ordem de $\pm 3\%$, foi estimado a partir do cálculo automatizado do software de uma área real conhecida, o valor encontrado para o erro foi de $E = 0,010 \text{ m}^2$.

A imagem teste foi selecionada dentre ensaios, considerando o vídeo de maior contraste entre o nadador e a água, o melhor alinhamento do nadador em relação à câmera frontal e à linha central da raia, a melhor qualidade de luminosidade do filme e o vídeo com frames detectáveis para fins de observação sem que a imagem pudesse ser tratada.

No estudo de caso abordado neste trabalho, o valor de área do tronco do indivíduo apresentou o erro calculado atribuído via software (ImageJ), o software ImageJ subestima os valores de área em aprox. 3%.

Para eliminar as forças de resistência e proporcionar uma maior velocidade no caso da natação, é necessário reduzir a resistência da água com o corpo, dar continuidade as ações propulsivas e ao ritmo de nado.

4. CONCLUSÃO

Rushall *et al.* (1994) mostraram que na orientação distal ocorre o fluxo que se move da ponta dos dedos até o braço, uma ação que não é associada com propulsão na natação. Com a análise realizada no trabalho foi possível verificar o princípio de Bernoulli na análise da criação de forças de sustentação do nadador na água. Colwin (2000) ressalta que a velocidade em que o fluido se movimenta e a pressão que é gerada por ele, enunciada pelo "Efeito de Bernoulli", é uma relação inversa.

Clarys (1979) e Kolmogorov e Duplishcheva (1992) foram precursores na avaliação do arrasto por meio de uma expressão newtoniana. Clarys (1979) estimou a área da seção transversal do tronco do indivíduo (S) por meio de características antropométricas como massa corporal e altura do indivíduo. O autor deu foco no estudo de variáveis antropométricas na medição de forças resistivas hidrodinâmicas, constatando que S desempenha um papel importante na determinação do valor da força resistiva.

Trabalhos como o de Bulut *et al.* (2012) utilizam a técnica de planimetria para cálculo de áreas em estruturas biológicas, o que se mostrou viável também para este trabalho, tratando-se de uma parte do corpo humano em atividade biomecânica.

O resultado encontrado neste estudo vai de encontro com autores, como Clarys (1979), o qual apontou que o diâmetro da seção transversal do corpo pode ser medido simplesmente por técnicas fotográficas e é linearmente relacionada com a massa e altura do corpo. Neste método, Clarys encontrou valores aproximados de $0,077 \text{ m}^2$ para a seção transversal do indivíduo durante nado.

Por meio das avaliações dos autores citados, é possível notar a relevância do estudo da área frontal em confronto com o fluido durante o movimento biomecânico. A ferramenta de cálculo dessa área, software ImageJ, com utilização da técnica de planimetria digital se mostrou satisfatória, com comportamento favorável à avaliação de áreas planas do corpo humano.

5 REFERÊNCIAS

- BULUT, E.; SAHIN, B.; MUGLALI, M. e BEKIÇIOGLU, B. Comparison of the planimetry and point-counting methods for the assessment of the size of the mandible cysts on orthopantomograms. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal**, v. 17, n. 3, p. e442-6, 2012.
- COLWIN, C.M. Nadando para o século XXI. São Paulo: Manole, 2000
- CLARYS J.P. Human morphology and hydrodynamics. In, Terauds J, Bedingfield EW (editors). **Swimming III**. Baltimore: University Park Press, p. 3-41; 1979.

GATTA, G.; CORTESI, M.; FANTOZZI, S.; ZAMPARO, P. Planimetric frontal area in the four swimming strokes: Implications for drag, energetics and speed. **Human Movement Science**, v. 39, p. 41–54, 2015.

KOLMOGOROV, S. V.; DUPLISHEVA, O. A. Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. **Journal of Biomechanics**, v. 25, p. 311–318, 1992.

MOLLENDORF, J.C.; TERMIN, A.C.; OPPENHEIM, E.; PENDERGAST, D.R. Effect of swim suit design on passive drag. **Med Sci Sports Exerc**, v. 36, n. 6, p. 1029-35, 2004.

RASBAND, W.S. ImageJ, EUA National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, EUA. Disponível em: Acesso em: 10 set. 2016.

RUSHALL, B. S.; SPRIGINGS, E. J.; HOLT, L. E. e FRANCIS, P. R. Forces in swimming--current status. **NSWIMMING Coaching Science Bulletin**, v. 2, p. 1-25, 1994.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fapemig, CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.