

ANÁLISE DA CARGA EXTERNA NO BADMINTON FEMININO INDIVIDUAL: UMA ABORDAGEM INTEGRADA DAS DISTÂNCIAS PERCORRIDAS E FAIXAS DE VELOCIDADE UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.

Palavras-Chave: DeepLabCut, Detecção automática, Biomecânica

Autores(as):

GABRIELA GERALDINI FRANCISCO, FEF - UNICAMP
Prof^(a). Dr^(a). KARINE JACON SARRO, FEF - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

No século XXI, a ciência do esporte evoluiu ao incorporar modelos preditivos e sistemas de decisão em tempo real, permitindo o uso da inteligência artificial (IA) em áreas como análise de desempenho, biomecânica, técnicas esportivas e planejamento estratégico (Munoz-Macho et al., 2023). Entre suas aplicações, destacam-se os sistemas de visão computacional, que permitem analisar a mecânica corporal em movimento (Li & Li, 2020), além de identificar pontos fortes e fracos dos atletas para otimizar seu desenvolvimento (Zhang et al., 2021).

Nesse cenário, o badminton se destaca como um esporte de alta intensidade, com ações rápidas e intermitentes que exigem potência muscular e recuperação eficiente entre ralis (Phomsoupha & Laffaye, 2015). O monitoramento da carga externa, portanto, é essencial para otimizar treinos, prevenir lesões e melhorar o desempenho (Silva et al., 2025). No entanto, análises detalhadas dessa carga, especialmente no badminton feminino individual, ainda são escassas.

Com os avanços recentes, ferramentas como o DeepLabCut se mostram promissoras por permitirem a estimativa precisa dos movimentos dos atletas por meio de vídeos comuns, sem sensores (Mathis et al., 2018). Assim, este estudo visa aplicar a IA para descrever e analisar a carga externa no badminton feminino individual, considerando distâncias percorridas e velocidades atingidas, utilizando o DeepLabCut para reconstrução das coordenadas e o MATLAB para o processamento dos dados.

METODOLOGIA:

O estudo foi realizado no Laboratório de Instrumentação para Biomecânica da Unicamp, com aprovação do Comitê de Ética da mesma instituição (CAAE: 75414023.6.0000.5404). Trata-se de uma pesquisa descritiva e transversal que visou caracterizar a carga externa de jogadoras de badminton em competições oficiais, por meio da análise cinemática.

Foram utilizadas filmagens de partidas individuais do 32º Brasil International Badminton Cup. Para o treinamento do algoritmo da toolbox DeepLabCut, voltado à detecção automática da posição das jogadoras, foram marcados três pontos por atleta (dois nos pés e um no tronco), sendo a posição final definida como o ponto médio entre eles, projetado no plano da quadra. Os treinamentos foram realizados com 150.000 interações.

No início da pesquisa, buscou-se identificar a forma mais eficiente de garantir que o sistema reconhecesse as jogadoras no maior número possível de quadros. Para esse teste preliminar, foram selecionados 20 frames de cada jogo em uma das quadras, com marcação manual e posterior treinamento do modelo. Além disso, foi realizado um segundo treinamento, utilizando 700 frames no total considerando todos os jogos de uma das quadras, com o objetivo de comparar os resultados e verificar qual abordagem apresentaria melhor desempenho para dar continuidade às análises.

Após o treinamento dos modelos, cada vídeo da categoria simples feminino foi processado no próprio DeepLabCut, gerando arquivos .csv contendo as coordenadas das jogadoras ao longo das partidas. Em seguida, esses arquivos foram importados para o MATLAB, onde os dados passaram por uma etapa inicial de organização. Primeiramente, foi feita uma reconstrução bidimensional (2D) da movimentação em quadra, depois foi utilizado um script para separar os dados de acordo com a respectiva quadra (Figura 1), com base nas informações do .csv e nos parâmetros de calibração de cada quadra. Na sequência, aplicou-se uma função que, simultaneamente, corrigia os erros de identificação entre as jogadoras, comuns nas análises do DeepLabCut, e realizava a interpolação linear nos trechos em que a posição da jogadora não era detectada (Figura 2). Essa interpolação estimava o trajeto a partir dos pontos anteriores e posteriores à falha de detecção, preservando a continuidade da trajetória e a consistência dos dados para as análises subsequentes.

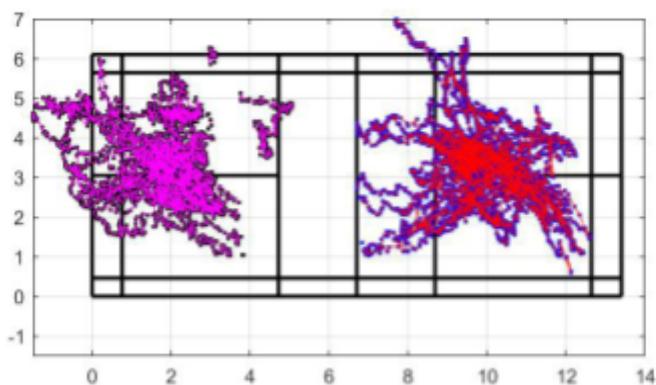


Figura 1 - Representação de como é a imagem gerada pelo script que separa os dados de acordo com a respectiva quadra

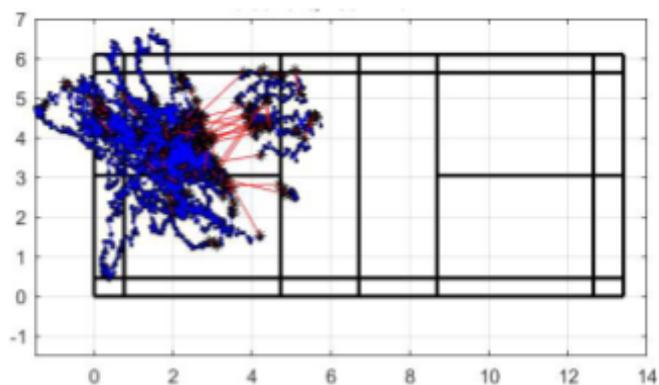


Figura 2 - Exemplo da interpolação linear; uma linha ligando dois pontos para completar as partes em que tiveram a posição das jogadoras ocluídas

Para conectar esses pontos de forma eficaz e suavizar o resultado, de modo que as oclusões não comprometam a análise e a interpolação se aproxime ao máximo da situação real do jogo, foi utilizada uma função específica para esse fim (Figura 3).

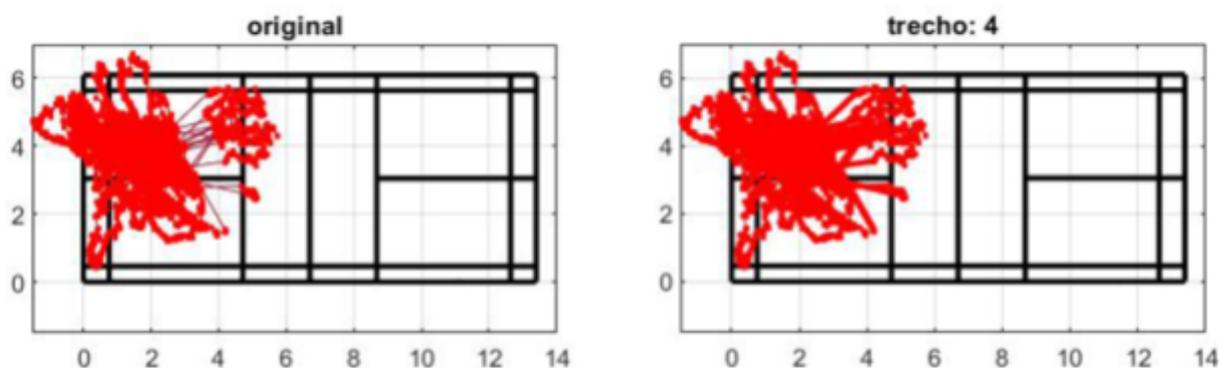


Figura 3 - Exemplo da suavização do percurso da atleta dentro de quadra, sendo "original" antes da suavização e "trecho: 4" depois da suavização

Por fim, utilizou-se um script específico para obter o rastreamento de cada set. A partir disso, foram extraídas as variáveis de interesse do estudo: as distâncias percorridas e as faixas de velocidade atingidas pelas jogadoras. Em conjunto, foi aplicada uma função para calcular a velocidade média por set de cada jogadora, permitindo uma caracterização mais detalhada da carga externa envolvida nas partidas de badminton em contexto competitivo.

Após a conclusão das análises dos vídeos no DeepLabCut e o tratamento dos dados no MATLAB, foi elaborada uma tabela no Excel contendo a somatória das distâncias percorridas pelas jogadoras em cada set, a velocidade média por set e a distância total percorrida por atleta. Essa organização possibilitou a realização de diferentes análises, como a identificação do desvio padrão, das distâncias máxima e mínima percorridas e das velocidades médias máxima e mínima do campeonato. Com o apoio dos dados oficiais do torneio 32nd Brazil International Badminton Cup 2017, foi possível comparar a quantidade de jogos e sets disputados nas categorias feminina e masculina, bem como verificar diferenças na duração média das partidas entre elas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Com os diferentes treinamentos, foi possível analisar o mais efetivo. O treinamento realizado com apenas 60 frames do jogo analisado foi executado de maneira muito mais rápida, porém apresentou grande perda de dados, já que o modelo não tinha exemplos suficientes para se basear. Por outro lado, o treinamento que utilizou 20 frames de cada jogo apresentou um desempenho melhor, por no total haver mais frames analisados. Esse novo modelo reduziu a perda em 37,96% em comparação ao anterior, mostrando melhora no desempenho. Mas, ainda assim, registrou uma perda considerável em frames não ocluídos, ou seja, visíveis mas que a máquina falhou em identificar.

Para lidar com essa limitação, foi realizado um treinamento utilizando 700 frames por quadra, que se mostrou o mais adequado. Embora ainda houvesse perda de dados, esse treinamento apresentou um bom equilíbrio entre o tempo demandado e a precisão alcançada. Observou-se que a maioria dos frames não identificados ocorreu em situações de oclusão (quando algum elemento da cena prejudica a visibilidade da imagem), o que tornaria inviável a identificação precisa pela máquina.

Assim, esse método demonstrou ser positivo para a geração dos dados de carga externa, proporcionando maior eficiência sem demandar um tempo excessivo.

A análise dos dados compilados no Excel permitiu identificar métricas relevantes relacionadas à carga externa das jogadoras durante a competição. De acordo com os dados gerais, a distância total média percorrida por jogadora foi de $1.045,25 \pm 416,04$ metros, com valores variando entre 509,53 m e 2.145,62 m. No que diz respeito à velocidade média, a competição apresentou um valor geral de $0,84 \pm 0,08$ m/s, com mínima de 0,72 m/s e máxima de 1,05 m/s.

Variável	Média (\pm DP)	Mínimo	Máximo
Distância total (m)	$1045,25 \pm 416,04$	509,53	2145,62
Velocidade média (m/s)	$0,84 \pm 0,08$	0,72	1,05

Tabela 1 – Média \pm desvio padrão, valores mínimo e máximo da distância percorrida e da velocidade média pelas jogadoras.

A análise comparativa entre as categorias masculina e feminina no torneio revelou diferenças na duração das partidas. A categoria masculina contou com um total de 30 jogos (excluindo a etapa de qualificação), dos quais quatro foram decididos em três sets. A duração média das partidas masculinas foi de $37,23 \pm 11,18$ min, com valores variando entre 15 min e 56 min. Já a categoria feminina realizou 18 jogos, com três partidas disputadas em três sets, apresentando uma duração média ligeiramente inferior, de $34,17 \pm 10,61$ min, com tempo mínimo de 21 min e máximo de 62 min. Essa diferença não é exclusiva deste campeonato. Ela também foi observada na análise dos jogos de simples nas Olimpíadas do Rio de 2016, onde, apesar das médias de duração serem mais elevadas de forma geral, os jogos da categoria masculina apresentaram duração significativamente maior quando comparados aos da categoria feminina (Torres-Luque et al., 2019).

Sexo	Média (\pm DP) (min)	Mínimo (min)	Máximo (min)
Masculino	$37,23 \pm 11,18$	15	56
Feminino	$34,17 \pm 10,61$	21	62

Tabela 1 – Tempo de duração das partidas por sexo, com média, desvio padrão, valores mínimo e máximo (em minutos).

CONCLUSÕES:

Este estudo demonstrou que o modelo de treinamento com 700 frames no total, distribuídos entre os jogos de diferentes quadras, foi o mais eficiente, apresentando maior precisão e menor perda de dados em comparação aos outros dois métodos testados. Embora esse modelo, assim como o que utilizou 20 frames de cada jogo, tenha apresentado mais trocas na identificação dos jogadores, essa correção se mostrou mais viável do que lidar com a perda significativa de dados observada no treinamento específico por partida. No entanto, o uso de um único jogo para o treinamento pode ser vantajoso em análises pontuais ou quando se busca reduzir o tempo e o esforço inicial.

Observou-se também que a posição da câmera influenciou diretamente a qualidade do dataset. Em diversas ocasiões, o árbitro obstruiu a visão de uma das atletas, resultando em perda de dados por oclusão. Esse fator comprometeu a precisão da detecção nos três modelos de treinamento,

evidenciando a importância de um posicionamento estratégico da câmera para minimizar interferências visuais e otimizar a coleta de dados.

Além de investigar a viabilidade do uso de inteligência artificial, o estudo possibilitou uma análise detalhada da carga externa no badminton feminino individual em contexto competitivo. Os resultados revelaram ampla variação no volume de deslocamento e nas velocidades médias entre as atletas, refletindo diferentes estratégias de jogo, fases da competição e níveis de desempenho.

Além disso, a comparação entre as categorias masculina e feminina evidenciou diferenças na duração das partidas, ressaltando a importância de análises segmentadas por sexo para uma compreensão mais aprofundada das exigências da modalidade. Nesse contexto, o uso da inteligência artificial mostrou-se uma abordagem promissora na biomecânica do esporte, ao gerar dados objetivos e padronizados que podem embasar estratégias de prevenção de lesões e aprimoramento técnico-tático no badminton de alto rendimento, além de viabilizar a obtenção desses resultados de forma mais prática e rápida do que seria possível por meio de análises manuais.

BIBLIOGRAFIA

LI, Feng; LI, Peng. **Computer-aided teaching software of three-dimensional model of sports movement based on Kinect depth data**. Atlantis Press, 2020.

MATHIS, Alexander; MAMIDANNA, Pranav; CURY, Kevin M. **DeepLabCut: markerless pose estimation of user-defined body parts with deep learning**. New York, Nature Publishing Group, 2018

MUNOZ-MACHO, A. A.; DOMÍNGUEZ-MORALES, M. J.; SEVILLANO-RAMOS, J. L. **Performance and healthcare analysis in elite sports teams using artificial intelligence: a scoping review**. Springer, 2023.

PHOMSOUPHA, Michael; LAFFAYE, Guillaume. **The science of badminton: game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics**. Cham, Springer, 2015.

SILVA, Pablo Rodrigo de Oliveira; VIEIRA, Victor Ribeiro; NETO, Zander Gustavo Bastos; BORGES, Amanda Teixeira; SAMPAIO, Pedro Emanuel Vidal; SILVA, Juliana Alcantara Fonseca da; OLIVEIRA, Emanuel Clemente de. **Controle de carga no treinamento do atleta de alto rendimento: uma revisão sistemática**. Journal of Medical and Biosciences Research, vol. 2, núm. 2, 2025.

TORRES-LUQUE, Gema; FERNÁNDEZ-GARCÍA, Ángel Iván; BLANCA-TORRES, Juan Carlos; KONDRIC, Miran; CABELLO-MANRIQUE, David. **Statistical differences in set analysis in badminton at the Rio 2016 Olympic Games**. Frontiers in Psychology, Lausanne, 2019

ZHANG, Yichan; DUAN, Wentao; VILLANUEVA, Lizelle E.; CHEN, Sheng. **Designing a training assistant system for badminton using artificial intelligence**. Springer, 2021.