Resumo do Artigo Wearable Biosensing and Machine Learning for Data-Driven Training and Coaching Support

- **Metodologia da Revisão:** Os autores mapearam 826 registros acadêmicos e selecionaram 188 estudos empíricos aplicados (2010–2026) sobre sensores vestíveis e inteligência artificial no esporte.
- **A Camada de Sensoriamento (Apple Watch/PPG):**
  - **Visão geral:** Wearables de pulso capturam dados fisiológicos vitais (como HRV e sono) de forma contínua.
  - **Limitação:** Sensores ópticos (PPG) de pulso são altamente vulneráveis a artefatos de movimento e variações na circulação periférica.
  - **Solução:** Recomenda-se aplicar Índices de Qualidade de Sinal (SQI) e descarte de trechos ruidosos baseado no acelerômetro (accelerometer-gating).
- **Machine Learning e Fusão de Dados (Sono + HRV):**
  - Como o seu app integra diferentes métricas, você usará Fusão Multimodal.
  - Fusão Precoce (Early): Junta tudo antes do modelo. É sensível a falhas (ex: dormir sem o relógio inviabiliza o modelo).
  - Fusão Tardia (Late): Processa sono e HRV de forma independente e combina as saídas. É mais robusta para lidar com dados ausentes ou perda de sinal.
- **Evitando o Vazamento de Dados (Data Leakage):**
  - Para que os modelos de IA sejam confiáveis, a separação dos dados de treino e teste deve ser feita por atleta (athlete-wise split).
  - Divisões puramente aleatórias misturam dados do mesmo atleta no treino e teste, inflando a acurácia artificialmente (vazamento de dados).
- **Por que cruzar Sono + HRV?**
  - Modelos de IA voltados para recomendação de treinos frequentemente superestimam a recuperação dos atletas quando dados de sono e estresse são omitidos do sistema.
  - Isso leva a recomendações precoces de treinos intensos, gerando fadiga acumulada e queda de performance.
- **Privacidade e Reidentificação:**
  - Mesmo após a anonimização de dados de movimento e HRV, assinaturas biológicas únicas permitem reidentificar atletas com mais de 90% de precisão usando perfis de wearables comerciais.
- **Conclusão:** A IA deve agir como suporte à decisão (colaboração humano-IA) e não de forma 100% autônoma, pois carece de contexto psicossocial e empatia.