

**INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NO ESPORTE: IMPACTOS NA ANÁLISE DE DADOS,
PERFORMANCE, QUESTÕES JURÍDICAS E ECONÔMICAS**
**TECHNOLOGICAL INNOVATIONS IN SPORT: IMPACTS ON DATA ANALYSIS,
PERFORMANCE, LEGAL AND ECONOMIC ISSUES**

Luis Felipe Pereira de Paiva Pordeus¹
Reudismam Rolim de Sousa²

RESUMO

Este artigo explora as inovações tecnológicas no esporte, focando na análise de dados, equipamentos inteligentes e seus impactos jurídicos e econômicos. A pesquisa foi desenvolvida por meio de uma revisão sistemática da literatura, que incluiu estudos sobre o avanço tecnológico no setor esportivo, com ênfase em artigos, estudos de caso e recursos online especializados. A análise qualitativa das informações coletadas revelou interconexões significativas entre as tecnologias emergentes e seus efeitos no desempenho dos atletas, assim como as questões legais e econômicas que surgem com a adoção dessas inovações. Os resultados destacam a importância de uma abordagem integrada para entender como as novas tecnologias estão transformando o esporte, oferecendo informações para futuros estudos e prática profissional na área.

Palavras-chave: Tecnologia; Esporte; Análise de Dados; Inovações Tecnológicas.

ABSTRACT

This article explores technological innovations in sports, focusing on data analysis, smart equipment, and their legal and economic impacts. The research was developed through a systematic review of the literature, which included studies on technological advancements in the sports sector, emphasizing articles, case studies, and specialized online resources. The qualitative analysis of the collected information revealed significant interconnections between emerging technologies and their effects on athletes' performance, as well as the legal and economic issues that arise with the adoption of these innovations. The results highlight the importance of an integrated approach to understanding how new technologies are transforming sports, providing insights for future studies and professional practice in the field.

¹ Luis Felipe Pereira de Paiva Pordeus - Graduando em Tecnologia da Informação - UFERSA - Pau dos Ferros. .

² Reudismam Rolim de Sousa - Departamento de Engenharias e Tecnologias - UFERSA - Pau dos Ferros

Keywords: Technology; Sports; Data Analysis; Technological Innovations;

Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v5i10.5838>

1. INTRODUÇÃO

A história da humanidade está profundamente ligada ao desenvolvimento de novas tecnologias. Desde os tempos mais remotos, quando nossos ancestrais começaram a caminhar e usaram suas mãos para criar as primeiras ferramentas, podemos identificar esse momento como o ponto de partida da inovação tecnológica. A capacidade de criar e aperfeiçoar ferramentas sempre foi um fator essencial para a nossa evolução, moldando a maneira como vivemos, trabalhamos e interagimos com o mundo ao nosso redor (Toledo; Marocolo, 2019). Seguindo esse ritmo de evolução, o esporte passou por um momento decisivo, marcado pelo desenvolvimento e aperfeiçoamento de suas técnicas e pela evolução das modalidades. Pode-se dizer que essa foi a primeira grande transformação no mundo esportivo. Na primeira metade do século XX, o esporte experimentou uma importante evolução nos métodos de treinamento, especialmente, com o avanço dos treinos calistênicos, e começou a sistematizar o treinamento de maneira mais eficiente, utilizando metodologias e periodizando a relação entre volume e intensidade (Toledo; Marocolo, 2019).

O esporte depende de informações para ser compreendido e para promover seu desenvolvimento. Para isso, conta com equipamentos que utilizam as mais recentes tecnologias, além de se basearem em conceitos científicos de áreas como Física, Matemática, Biologia e Química. Esses equipamentos têm a função de transformar as ações dos atletas em dados que podem ser analisados e quantificados, fornecendo uma visão detalhada do desempenho (Vieira; Gonçalves; Stevan Júnior, 2015).

A tecnologia tem assumido um papel crucial no mundo dos esportes, proporcionando avanços significativos em desempenho, análise e segurança. Sua integração constante no esporte tem gerado benefícios importantes, tanto para os atletas quanto para os espectadores, aprimorando a precisão, a segurança e a experiência geral das competições (Miranda et al., 2024). A era digital tem causado um impacto significativo no esporte, especialmente, na análise de desempenho dos atletas. Dispositivos vestíveis, como relógios inteligentes e monitores de frequência cardíaca permitem que os atletas colem dados sobre seu rendimento, tanto em treinos quanto em competições (Miranda et al., 2024).

Novas tecnologias computacionais têm o potencial de auxiliar os atletas na prática de seus esportes. Um exemplo notável são as Redes Neurais Artificiais (RNA), que se destacam atualmente e possuem diversas aplicações. Com o uso de RNAs, é possível filtrar e analisar dados como distância percorrida, elevação, velocidade e tempo de trajeto, com o objetivo de prever métricas relacionadas ao desempenho do atleta em curto prazo. Essa tecnologia tem se mostrado essencial em vários setores, sendo amplamente utilizada devido à sua atualidade e versatilidade. Na mecatrônica, as RNAs são empregadas em automação industrial, controle de próteses, leitura de dados, entre outros processos (Machado; Maciel, 2021).

A adoção da tecnologia no esporte é uma consequência do avanço científico e um passo natural, dado o enorme capital que esse setor movimenta globalmente. Além disso, o uso de monitoradores biométricos levanta importantes questões éticas e jurídicas que merecem ser debatidas. Dessa forma, é fundamental discutir essas questões para garantir que as inovações tecnológicas sejam implementadas de forma responsável e segura (Teló et al., 2021). O tema também se relaciona com a análise econômica do direito, já que a análise de custo-benefício aplicada ao campo jurídico é uma extensão desse referencial teórico e metodológico. Por exemplo, Teló et al., (2021) abordam o conceito e a evolução das tecnologias vestíveis (wearables), a disseminação do monitoramento biométrico tanto no esporte amador quanto no profissional, o processamento das informações coletadas através da análise de custo-benefício e as perspectivas futuras para a tecnologia no esporte. De acordo

com o que foi relatado, o objetivo dessa pesquisa é analisar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, o impacto que a tecnologia tem sobre o esporte, abrangendo desde a análise de dados e o uso de equipamentos inteligentes até as implicações na performance e no treinamento dos atletas. A pesquisa também explora como as inovações tecnológicas, como as tecnologias vestíveis que monitoram a biometria dos atletas em tempo real estão influenciando a maneira como o esporte é praticado e gerido. Além disso, serão discutidos os impactos jurídicos e econômicos que surgem com a adoção dessas ferramentas, incluindo as questões éticas relacionadas ao uso de dados sensíveis e os custos envolvidos na implementação de tecnologias avançadas no esporte profissional. Almeja-se, dessa maneira, o fornecimento de uma visão completa de como a tecnologia está transformando o esporte, trazendo tanto benefícios quanto desafios. Como resultados, identificou-se o uso de tecnologias, tais como aplicações de gestão e monitoramento dos clubes de futebol; dispositivos que permitem a medição precisa de forças aplicadas durante o treinamento ou competições; sensores inerciais que monitoram a marcha humana de forma contínua e precisa; dispositivos eletrônicos vestíveis que ajudam atletas e treinadores a analisar dados de desempenho em tempo real; instrumentação biomecânica para analisar e melhorar o desempenho do chute de jogadores de futebol; sensores para monitoramento de dados biométricos; câmeras de alta velocidade para análise de movimento e softwares de simulação; redes neurais artificiais como uma ferramenta inovadora para a análise de dados no ciclismo; tecnologias que fornecem aos atletas e treinadores insights sobre o desempenho esperado em diferentes condições; cadeiras de rodas de alta performance e dispositivos eletrônicos assistivos usados por atletas paralímpicos.

2. METODO

A pesquisa desenvolvida é classificada com uma revisão sistemática da literatura, conforme descrito em Kitchenham (2004), com o objetivo de realizar uma revisão abrangente das principais inovações tecnológicas no esporte. Foram analisados artigos acadêmicos, estudos de caso e revisões sistemáticas, com a utilização de sites com as pesquisas mais relevantes. O foco principal esteve nas áreas de análise de dados esportivos, equipamentos inteligentes e suas implicações na performance, treinamento, além dos impactos legais e econômicos dessas tecnologias. Adicionalmente, foram exploradas as questões éticas associadas ao uso de dados biométricos e as perspectivas futuras para a aplicação de novas tecnologias no esporte.

2.1. Planejamento

Para analisar o impacto das inovações tecnológicas, o planejamento desta pesquisa foi organizado em etapas bem, visando uma análise abrangente das inovações tecnológicas no esporte. Inicialmente, foram definidos os temas centrais: análise de dados; performance e treinamento; equipamentos inteligentes e seus impactos jurídicos e econômicos. A partir desses eixos, foram estabelecidos os critérios de busca e seleção de fontes, priorizando sites e portais especializados no fornecimento de artigos e estudos relevantes sobre esses temas. Após isso, foram definidas Questões de Pesquisa (QPs), as quais foram abordadas de maneira detalhada ao longo deste estudo, almejando esclarecer os principais pontos na análise dos resumos feitos anteriormente:

QP1–Quais inovações tecnológicas são empregadas e como elas impactam a performance e o treinamento dos atletas?

QP2–Como é feita a análise de dados e quais os equipamentos utilizados, seus benefícios e limitações apontados?

QP3–Quais as limitações e desafios enfrentados na implementação de tecnologias no esporte e como essas questões influenciam a adoção dessas inovações?

Foram utilizados sites e portais específicos, como o portal de periódico da Capes e o Google Acadêmico para identificar artigos, relatórios e estudos de caso focados nas inovações

tecnológicas no esporte. As palavras-chaves foram cuidadosamente escolhidas para garantir a precisão dos resultados, incluindo termos como “esporte”, “tecnologia”, “tecnologia esportiva”, “equipamentos inteligentes”, “impacto econômico do esporte” e “questões jurídicas no esporte”. Todo o material encontrado foi organizado em categorias temáticas, facilitando a análise detalhada de cada área de interesse. Esse planejamento permitiu uma abordagem sistemática e eficiente, garantindo que os tópicos mais relevantes fossem abordados de forma adequada e profunda. O processo de análise dos artigos foi conduzido em três etapas: inicialmente, os títulos foram avaliados para identificar aqueles que indicavam uma clara relação com o uso de tecnologias no esporte, como dispositivos inteligentes e análise de dados. A string de busca utilizada foi: Stringde busca:(atletaORjogadores) AND(tecnologia ORIA) AND(desempenho ORTreinamento)AND(análise de dados OR Performance).Em seguida, os resumos (abstracts) dos artigos selecionados foram analisados, priorizando os que tratavam dos impactos tecnológicos no desempenho esportivo, no treinamento, e nas questões jurídicas e econômicas. Por fim, os artigos considerados mais relevantes foram lidos integralmente, sendo extraídas informações e evidências sobre os benefícios, limitações e implicações das inovações tecnológicas, que foram organizadas e categorizadas para facilitar a análise e discussão.

2.2. Execução

Na execução da revisão sistemática, foi feita uma pesquisa em sites e portais selecionados, em que foram aplicadas as diretrizes de pesquisa previamente estabelecidas. Durante essa fase, foram coletados artigos, relatórios e estudos de caso que abordavam as inovações tecnológicas no esporte, assegurando que cada fonte fosse pertinente e atual.

2.3. Procedimentos de Análise

Cada documento foi avaliado em relação a sua relevância, rigor científico e aplicabilidade aos temas centrais da pesquisa. Esse processo incluiu a leitura detalhada dos textos, a identificação dos principais argumentos e dados e a síntese das informações em notas que facilitaram a comparação entre as diferentes fontes. Nesta fase, foram examinados os principais argumentos apresentados nas fontes revisadas. Essa abordagem incluiu a identificação de conceitos-chave e a avaliação das informações apresentadas pelos autores, permitindo uma melhor compreensão dos temas abordados. Ao final do processo de análise, as informações foram integradas em textos que evidenciam as interconexões entre as inovações tecnológicas, seus impactos no desempenho esportivo e as questões legais e econômicas decorrentes. Essa síntese não apenas facilitou a formulação de conclusões relevantes, mas também forneceu informações para direcionar futuras pesquisas na área, destacando lacunas e oportunidades de exploração adicionais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, os resultados da busca e do estudo são apresentados e discutidos. A base de dados retornou 201 trabalhos, dos quais 187 foram rejeitados e 14 trabalhos foram selecionados para responder às questões de pesquisas.

Inovações Tecnológicas e Seu Impacto na Performance e Treinamentodos Atletas (QP1)

A QP1 diz respeito ao emprego de inovações tecnológicas e seu impacto no desempenho e treinamento dos atletas. Nesta perspectiva, foi identificado que as inovações tecnológicas atuam em diferentes áreas, a exemplo da gestão e monitoramento. Nesta temática, Dutra et al., (2012) abordam as inovações tecnológicas relacionadas à gestão e ao monitoramento dos clubes de futebol, especialmente, através do software Syscoach. Embora o foco principal seja a gestão geral, o Syscoach inclui funcionalidades que permitem um acompanhamento preciso do desempenho dos atletas, integrando dados sobre seu rendimento nos treinos

e competições, o que impacta diretamente a performance dos atletas ao fornecer informações detalhadas para ajustes nos treinamentos, possibilitando uma melhor personalização das rotinas e uma otimização do desempenho individual e coletivo.

Por sua vez, Chagas e Wiltgen (2021) discutem o desenvolvimento e uso de dispositivos de monitoramento de impacto em práticas esportivas. Esses dispositivos permitem a medição precisa de forças aplicadas durante o treinamento ou competições, fornecendo dados valiosos sobre o desempenho dos atletas. O impacto na performance dos atletas pode incluir a identificação de áreas de melhoria técnica e a prevenção de lesões ao evitar sobrecargas. Em termos de treinamento, essas tecnologias possibilitam ajustes personalizados, baseados em dados reais coletados durante as sessões esportivas, melhorando a eficácia do treinamento.

Outra tecnologia utilizada é o uso de sensores. Nesta área, Santos et al., (2016) abordam os sensores inerciais, como acelerômetros e giroscópios, que monitoram a marcha humana de forma contínua e precisa. Esses sensores, aplicados diretamente ao corpo dos atletas, permitem o acompanhamento detalhado dos movimentos durante os treinos. Eles impactam diretamente a performance ao possibilitar a correção de falhas no padrão de marcha, otimizando os movimentos dos atletas e ajudando a prevenir lesões. Essa inovação traz um ganho significativo na personalização dos treinos e no ajuste fino da biomecânica do atleta.

Já Miranda et al., (2024) discutem inovações tecnológicas que estão sendo protegidas por patentes, incluindo equipamentos esportivos avançados, dispositivos eletrônicos (como sensores e sistemas de monitoramento), e vestuário esportivo com funcionalidades tecnológicas. Essas inovações impactam diretamente a performance e o treinamento dos atletas, permitindo monitoramento mais preciso de métricas de desempenho, aprimoramento da segurança e eficiência dos equipamentos, e o uso de roupas que otimizam a movimentação e a recuperação muscular. Dispositivos eletrônicos vestíveis, por exemplo, ajudam atletas e treinadores a analisarem dados de desempenho em tempo real, permitindo ajustes durante o treinamento. Por outro lado, Silva e Hirata (2012) abordam a inovação tecnológica no uso de instrumentação biomecânica para analisar e melhorar o desempenho do chute de jogadores de futebol. A tecnologia discutida inclui o uso de sensores e câmeras de alta precisão para capturar e medir parâmetros biomecânicos, como a força aplicada, a velocidade do chute, o ângulo de movimento e a distribuição da pressão no pé durante o chute. Essas tecnologias permitem uma análise detalhada do movimento, proporcionando dados que podem ser usados para corrigir e aperfeiçoar a técnica dos atletas. Ao identificar aspectos específicos do chute que podem ser otimizados, os treinadores e atletas conseguem implementar ajustes técnicos, que podem levar a um desempenho superior em campo. Além disso, o uso contínuo dessa instrumentação pode ajudar a monitorar e refinar o treinamento, levando a uma evolução constante das habilidades do jogador.

Já Okazaki et al., (2012) abordam diversas inovações tecnológicas, como sensores para monitoramento de dados biométricos (frequência cardíaca, oxigenação muscular, entre outros), softwares de análise biomecânica e ferramentas de simulação virtual para otimizar o desempenho esportivo. Essas tecnologias impactam diretamente o treinamento dos atletas ao fornecer informações detalhadas sobre o estado físico e o desempenho durante o treinamento, permitindo ajustes precisos nos programas de exercício e na recuperação. A personalização dos treinos baseada em dados objetivos ajuda a maximizar a performance e a evitar sobrecargas físicas, prevenindo lesões.

Por outro lado, Toledo e Marocolo (2019) abordam inovações tecnológicas como sensores biométricos, dispositivos vestíveis, softwares de análise de desempenho e equipamentos para monitoramento em tempo real. Essas inovações impactam diretamente o treinamento e a performance dos atletas ao fornecer dados precisos sobre parâmetros fisiológicos, como frequência cardíaca, respiração e fadiga muscular. Isso permite que os treinadores personalizem os programas de treino de acordo com as necessidades específicas de cada atleta, melhorando a eficiência do treinamento e contribuindo para a prevenção de lesões.

Já Teló et al., (2021) discutem inovações tecnológicas como tecnologias

vestíveis e monitoramento biométrico. Essas tecnologias são utilizadas para rastrear dados físicos em tempo real, como frequência cardíaca, níveis de oxigênio, padrões de sono e outros parâmetros de saúde dos atletas. O impacto dessas inovações no desempenho e no treinamento dos atletas é significativo, pois permite ajustes rápidos no treinamento, monitoramento preciso da saúde dos jogadores e a prevenção de lesões. Os treinadores e equipes médicas podem personalizar os planos de treinamento com base em dados biométricos detalhados, aumentando a eficiência e segurança no esporte.

Por sua vez, Vieira, Gonçalves e Stevan Júnior (2018) retratam diversas inovações tecnológicas, como dispositivos vestíveis que monitoram a saúde dos atletas em tempo real, câmeras de alta velocidade para análise de movimento e softwares de simulação. Esses dispositivos permitem um acompanhamento contínuo dos indicadores de desempenho, como a frequência cardíaca, níveis de fadiga e biomecânica dos movimentos, resultando em ajustes precisos no treinamento. O impacto é direto na performance dos atletas, pois a tecnologia permite personalizar os treinos, prevenir lesões e aumentar a eficiência dos movimentos, o que é crucial em esportes de alto rendimento.

A Inteligência Artificial é uma área que também vem sendo aplicada para melhoria do desempenho dos atletas. Nesta direção, Machado e Maciel (2021) abordam o uso de redes neurais artificiais como uma ferramenta inovadora para a análise de dados no ciclismo. Essas redes neurais processam grandes volumes de dados dos percursos realizados pelos ciclistas e fazem previsões precisas sobre métricas de desempenho, como velocidade e tempo de percurso. Esse tipo de tecnologia impacta diretamente o treinamento ao fornecer insights detalhados e personalizados, permitindo que atletas e treinadores ajustem seus métodos de treino com base em previsões precisas, otimizando o rendimento e evitando erros manuais na análise de dados.

Já Fernandes (2016) aborda o uso de inteligência computacional, especialmente modelos de aprendizado de máquina e redes neurais, como inovações tecnológicas. Essas tecnologias permitem a análise avançada de dados de desempenho dos atletas, ajudando a identificar padrões e prever resultados. Esse tipo de análise pode ser utilizado diretamente no treinamento dos atletas, permitindo uma abordagem mais personalizada e eficiente, baseada em dados reais. A capacidade de prever resultados com maior precisão também pode influenciar a estratégia de jogo, fornecendo aos atletas e treinadores insights sobre o desempenho esperado em diferentes condições.

Por sua vez, Katz (2003) discute uma série de inovações tecnológicas, como dispositivos vestíveis, sensores de monitoramento, realidade aumentada (RA), inteligência artificial (IA) e plataformas de análise de dados. Essas tecnologias impactam diretamente o treinamento dos atletas ao fornecer feedback em tempo real, permitir a análise detalhada do desempenho e ajudar a ajustar os regimes de treinamento de forma personalizada. Katz também destaca como essas inovações melhoram a prevenção de lesões ao identificar riscos potenciais mais cedo e como a RA pode ser usada para simulações avançadas de jogo e treinamento cognitivo, melhorando tanto a parte física quanto a mental dos atletas.

Por outro lado, Ráthonyi et al., (2018) apontam diversas inovações tecnológicas, como dispositivos vestíveis, análise de big data, inteligência artificial (IA) e realidade aumentada e virtual. Essas tecnologias impactam diretamente a performance e o treinamento dos atletas ao permitir um monitoramento detalhado e em tempo real de parâmetros físicos, como frequência cardíaca, padrões de sono e nível de esforço. Elas ajudam a personalizar os treinamentos, permitindo ajustes rápidos baseados em dados, e otimizam a recuperação dos atletas, melhorando a eficiência do processo de treino e prevenindo lesões.

Outra área de aplicação das inovações é para com os paratletas. Nesta perspectiva, Cardoso et al., (2018) abordam inovações tecnológicas como próteses esportivas avançadas, cadeiras de rodas de alta performance e dispositivos eletrônicos assistivos usados por atletas paralímpicos. Essas tecnologias impactam diretamente o desempenho e o treinamento ao proporcionar maior mobilidade e eficiência nos movimentos, permitindo que os atletas superem limitações físicas e alcancem melhores resultados competitivos. As tecnologias adaptadas também permitem a personalização de treinamentos, ajustando

os dispositivos de acordo com as necessidades específicas de cada atleta.

Uso de Análise de Dados e Equipamentos Inteligentes: Benefícios e Limitações (QP2)

Nesta seção discute-se as respostas a QP2, que elenca os benefícios e limitações da aplicação de tecnologias no esporte. Vários trabalhos abordam essa temática, a exemplo de Dutra et al. (2012), que discutem o uso da análise de dados como uma ferramenta essencial para a tomada de decisões estratégicas nos clubes de futebol, propondo o ambiente Syscoach. Esse sistema facilita a coleta e análise de grandes volumes de dados sobre os atletas e as operações do clube, permitindo insights que podem melhorar tanto o desempenho esportivo quanto a eficiência administrativa. Entre os benefícios apontados, estão a capacidade de personalizar os treinos de acordo com o desempenho individual dos atletas e a identificação precoce de problemas de performance. No entanto, as limitações incluem a necessidade de uma infraestrutura tecnológica robusta e o desafio de capacitar profissionais para utilizar essas ferramentas de forma eficaz.

Por outro lado, Santos et al. (2016) discutem como a coleta de dados é feita por meio dos sensores inerciais que fornece informações em tempo real sobre os padrões de marcha e desempenho. Os benefícios incluem a portabilidade dos sensores, que podem ser usados fora de laboratórios especializados, a análise contínua dos movimentos e a detecção de padrões que possam levar a lesões. No entanto, o artigo também aponta que a interpretação dos dados gerados por esses sensores requer a expertise de profissionais qualificados em biomecânica, o que pode limitar sua aplicação em ambientes sem esse conhecimento.

Já Machado e Maciel (2021) discutem o uso de análise de dados automatizada por meio das redes neurais, que processam informações coletadas de dispositivos inteligentes usados pelos ciclistas, como sensores de velocidade e monitores de esforço. Os principais benefícios incluem a capacidade de prever métricas com alta precisão, otimizando a tomada de decisões e o planejamento do treinamento. No entanto, o artigo também aponta a complexidade do treinamento de redes neurais e a necessidade de dados de alta qualidade para obter previsões confiáveis, o que pode limitar a eficácia da solução em certos contextos.

Nesta perspectiva, Fernandes (2016) discute a análise de dados como uma ferramenta fundamental para melhorar o desempenho esportivo, destacando a utilização de grandes volumes de dados históricos para treinar modelos preditivos. Equipamentos inteligentes, como sensores e dispositivos de monitoramento, são mencionados como fontes importantes de dados que podem ser integrados em análises mais complexas. Os benefícios apontados incluem a melhoria na precisão das previsões e a possibilidade de estratégias mais informadas e eficazes. No entanto, o artigo também aponta limitações, como a qualidade dos dados disponíveis, a necessidade de grandes volumes de dados para treinar modelos eficazes e o risco de sobrecarga de informações para os atletas e treinadores.

Ainda nesta esteira, Silva e Hirata (2012) discutem a aplicação de equipamentos inteligentes, como sensores acoplados aos calçados ou câmeras especializadas, para capturar dados biomecânicos durante a execução de chutes. A análise de dados desempenha um papel crucial, permitindo a transformação de informações brutas em insights valiosos sobre a performance dos atletas. Os principais benefícios apontados incluem a capacidade de realizar análises precisas e detalhadas do desempenho do chute, oferecendo feedback em tempo real ou quase em tempo real.

Isso facilita a correção imediata de erros técnicos e a personalização do treinamento para cada atleta, considerando suas características específicas. Entre as limitações, o artigo destaca o custo elevado dos equipamentos e a necessidade de conhecimento especializado para interpretar os dados coletados corretamente. Além disso, pode haver desafios na integração dessa tecnologia no treinamento cotidiano, especialmente, em contextos em que recursos financeiros ou expertise técnica são limitados.

Ainda nesta direção, Ráthonyi et al. (2018) discutem como a análise de dados e

o uso de equipamentos inteligentes se tornaram essenciais no esporte moderno. Os benefícios incluem a possibilidade de ajustes precisos no treinamento, uma melhor compreensão das capacidades físicas dos atletas e a personalização dos programas de treino para otimizar o desempenho. No entanto, o artigo também aponta limitações, como a necessidade de uma equipe técnica qualificada para interpretar os dados e o fato de que nem todas as equipes possuem acesso aos recursos necessários para implementar essas tecnologias de forma eficaz. Além disso, há preocupações quanto à privacidade dos dados dos atletas, que precisam ser protegidos.

Continuando nessa perspectiva, Chagas e Wiltgen (2021) enfatizam a importância da coleta e análise de dados por meio dos dispositivos de monitoramento. Os dados obtidos podem ser usados para entender o impacto físico em tempo real e ajustar imediatamente as estratégias de treinamento. Os benefícios incluem a capacidade de monitoramento contínuo e preciso, o que ajuda a melhorar a performance e reduzir o risco de lesões. Equipamentos inteligentes permitem a personalização de programas de treino com base em dados específicos do atleta. O artigo aponta desafios como o custo elevado dos dispositivos, a necessidade de conhecimentos técnicos para interpretar os dados corretamente e possíveis limitações na aplicabilidade dos dados em diferentes contextos esportivos.

Já Teló et al. (2021) exploram o uso de análise de dados gerados por equipamentos inteligentes para otimizar o desempenho esportivo. Os benefícios incluem uma visão detalhada sobre o estado físico dos atletas, permitindo intervenções preventivas contra lesões e otimização de treinos. Essas tecnologias também ajudam a melhorar a performance e aumentar a longevidade da carreira dos atletas. No entanto, as limitações incluem preocupações com a privacidade dos dados dos atletas, o alto custo das tecnologias e a complexidade na interpretação dos dados, que exige uma equipe técnica qualificada. Além disso, o artigo destaca que os dados biométricos levantam questões sobre quem detém os direitos dessas informações, os atletas ou as organizações esportivas.

Dentre outros aspectos, Miranda et al. (2024) mencionam patentes relacionadas ao uso de equipamentos inteligentes e análise de dados, como dispositivos vestíveis, que coletam informações biométricas dos atletas. Esses dispositivos permitem um monitoramento contínuo e análise detalhada de parâmetros como frequência cardíaca, gasto energético e desempenho físico, o que pode ser utilizado para aprimorar estratégias de treinamento. Os benefícios incluem a personalização dos treinos e a detecção precoce de problemas de saúde ou fadiga. No entanto, uma limitação apontada é o alto custo dessas tecnologias, que ainda não estão amplamente acessíveis para todos os atletas, especialmente em modalidades ou países com menos recursos.

Ainda nessa perspectiva, Katz (2003) explora o uso de análise de dados avançada como uma das principais tendências tecnológicas no esporte. Katz enfatiza como a coleta de grandes volumes de dados por meio de sensores e dispositivos inteligentes permite uma avaliação mais profunda do desempenho dos atletas, ajudando a ajustar estratégias e programas de treinamento com base em dados objetivos. Os benefícios incluem a personalização dos treinos, a melhoria no desempenho e a prevenção de lesões. No entanto, ele também aponta algumas limitações, como a complexidade de interpretar grandes volumes de dados e a dependência de profissionais qualificados para usar essas ferramentas de forma eficaz. Além disso, há a questão do custo elevado, que pode limitar o acesso a essas tecnologias em contextos esportivos amadores.

Continuando nessa direção, Okazaki et al. (2012) discutem o uso de análise de dados como uma ferramenta crucial para melhorar o desempenho esportivo, destacando a importância dos equipamentos inteligentes, como dispositivos vestíveis e softwares de monitoramento, para a coleta e interpretação dos dados. Os principais benefícios incluem uma visão mais detalhada do desempenho do atleta, a possibilidade de intervenções rápidas e a personalização dos treinos de acordo com o perfil fisiológico de cada esportista. No entanto, as limitações apontadas incluem o custo elevado dessas tecnologias, a complexidade na interpretação dos dados e a necessidade de uma equipe técnica qualificada para garantir que as informações sejam corretamente aplicadas no processo de treinamento.

Ainda nesse contexto, Toledo e Marocolo (2019) discutem como a análise de dados, obtidos através de equipamentos inteligentes, tem se tornado uma ferramenta fundamental para otimizar o desempenho esportivo. Os benefícios incluem a possibilidade de ajustar treinamentos de forma personalizada, aumentar a segurança do atleta e prever situações de risco de lesão. As tecnologias permitem um acompanhamento em tempo real, ajudando a tomar decisões imediatas para corrigir falhas ou otimizar o desempenho. Entretanto, as limitações apontadas incluem a necessidade de equipes especializadas para interpretar os dados com precisão e o custo elevado dessas tecnologias, que pode restringir o acesso em esportes de base ou em regiões com menos recursos.

Continuando nessa perspectiva, Vieira, Gonçalves e Stevan Júnior (2015) discutem como a análise de dados coletados por equipamentos inteligentes possibilita um acompanhamento mais detalhado do desempenho esportivo. Os benefícios incluem a otimização dos treinos, baseada em dados objetivos, a personalização das estratégias e a identificação precoce de riscos de lesão. As tecnologias também fornecem um feedback instantâneo, permitindo correções imediatas na técnica do atleta. Entretanto, as limitações incluem o alto custo desses equipamentos e a necessidade de especialistas para interpretar corretamente os dados, o que pode ser um desafio para equipes com menos recursos financeiros.

Diferentemente, Cardoso et al., (2018) discutem o uso de equipamentos inteligentes como parte do treinamento de atletas paralímpicos, embora de maneira menos detalhada em comparação com esportes convencionais. A análise de dados pode auxiliar na melhoria do desempenho ao permitir a coleta de informações sobre o uso de próteses ou cadeiras de rodas, por exemplo, ajustando o equipamento para maximizar sua eficácia. No entanto, o artigo aponta que o uso desses sistemas ainda está em fase de desenvolvimento e, em alguns casos, é limitado devido à falta de recursos ou tecnologias suficientemente maduras para a análise em tempo real.

Desafios na Implementação de Tecnologias no Esporte (QP3)

Nos artigos foram identificados vários desafios, que são utilizados para responder a QP3. Dentre eles, o custo. Nesta direção, Dutra et al.,(2012) identificam várias limitações e desafios na implementação de tecnologias no esporte. Entre eles, destacam-se os altos custos de desenvolvimento e manutenção de sistemas integrados como o Syscoach, a resistência à mudança por parte dos profissionais do esporte e a necessidade de treinamento especializado para operar as novas tecnologias. Esses desafios podem atrasar a adoção das inovações, pois os clubes precisam avaliar cuidadosamente o retorno sobre o investimento e a capacidade de adaptação das suas equipes às novas ferramentas tecnológicas. A implementação bem-sucedida depende, portanto, de uma combinação de recursos financeiros, treinamento adequado e uma cultura organizacional aberta à inovação.

Por sua vez, Miranda et al., (2024) apontam que as principais limitações e desafios discutidos no artigo estão relacionadas ao custo elevado das tecnologias protegidas por patentes, o que pode dificultar sua adoção em massa. Além disso, há uma concentração geográfica de inovações, com um número significativo de patentes registradas em países desenvolvidos, criando um descompasso em relação a regiões com menos capacidade de inovação. Esse fator pode restringir o acesso global a essas tecnologias e retardar sua adoção em mercados emergentes. Outro desafio mencionado é a falta de regulamentação clara em algumas áreas tecnológicas, o que pode dificultar a introdução segura e eficiente dessas inovações no ambiente esportivo.

Por sua vez, Katz (2003) aponta que as principais limitações incluem o alto custo das novas tecnologias, o que pode restringir seu uso aos esportes de elite e limitar o acesso em níveis amadores. Além disso, Katz discute a resistência cultural e psicológica de alguns atletas e treinadores, que podem hesitar em adotar novas tecnologias devido ao medo de perder o controle sobre o processo de treinamento ou de confiar

excessivamente em dados em vez de intuição. Outro desafio importante é a curva de aprendizado necessária para dominar o uso dessas tecnologias, o que pode exigir treinamento adicional. Essas questões afetam a adoção das inovações tecnológicas, exigindo uma implementação gradual e um equilíbrio entre a tecnologia e o toque humano no esporte.

Ainda nesta direção, Ráthonyi et al., (2018) apontam que as principais limitações incluem o alto custo das tecnologias digitais e a disparidade de acesso entre equipes mais ricas e menos favorecidas. Além disso, há desafios relacionados à proteção de dados pessoais dos atletas, especialmente, no que diz respeito à privacidade e segurança da informação. A falta de regulamentação clara sobre o uso e a propriedade dos dados também é uma barreira significativa para a adoção dessas inovações, já que pode gerar conflitos legais. Esses desafios influenciam a adoção das tecnologias no esporte, criando um cenário em que apenas as equipes ou organizações com maior poder financeiro conseguem se beneficiar plenamente dessas ferramentas, o que pode aumentar a desigualdade no ambiente esportivo.

Já Chagas e Wiltgen (2021) destacam desafios como o custo de implementação dos dispositivos de monitoramento, que pode ser proibitivo para algumas equipes ou atletas individuais. Além disso, a interpretação dos dados requer uma curva de aprendizado, o que pode dificultar a adoção generalizada da tecnologia. Essas limitações influenciam a adoção ao criar barreiras para a integração da tecnologia no dia a dia do treinamento esportivo. As equipes e atletas que não têm acesso a recursos financeiros ou conhecimento técnico podem hesitar ou ser incapazes de adotar essas inovações, perpetuando desigualdades no acesso à tecnologia.

Por sua vez, Okazaki et al., (2012) destacam como principais limitações os altos custos das tecnologias e a desigualdade de acesso entre atletas de elite e atletas amadores. Além disso, há desafios relacionados à integração de diferentes sistemas e à necessidade de formação especializada para interpretar os dados corretamente. Outro fator relevante é a resistência à adoção dessas inovações, tanto por parte de treinadores quanto de atletas, que podem temer uma dependência excessiva da tecnologia, em detrimento da experiência prática e intuição esportiva. Esses desafios influenciam a adoção das inovações, exigindo investimentos em educação e uma abordagem equilibrada entre tecnologia e prática tradicional no esporte.

Continuando nesta direção, Toledo e Marocolo (2019) destacam o custo elevado das tecnologias como um dos principais desafios para a sua implementação, principalmente, em contextos de menor investimento. Além disso, a resistência cultural de atletas e treinadores, que podem preferir métodos tradicionais e questionar a necessidade de tanta tecnologia, também é apontada como uma barreira. Outro desafio relevante é a integração de diferentes dispositivos e sistemas, o que exige uma coordenação eficiente entre as áreas de treinamento e ciência. Essas questões influenciam a adoção dessas inovações, já que a falta de acesso, treinamento ou aceitação pode limitar o uso eficaz dessas tecnologias no esporte.

Já Teló et al., (2021) identificam diversas limitações e desafios, como o alto custo das tecnologias vestíveis, que pode ser uma barreira para equipes com menos recursos financeiros. Além disso, há preocupações jurídicas sobre privacidade e propriedade dos dados biométricos, que podem gerar conflitos entre atletas e organizações esportivas. A falta de regulamentação clara sobre o uso e compartilhamento dos dados também é mencionada como um desafio. Esses fatores influenciam a adoção dessas inovações, já que sem políticas claras e soluções para essas questões legais e econômicas, a implementação generalizada das tecnologias pode ser dificultada ou atrasada.

Por sua vez, Cardoso et al., (2018) levantaram que as principais limitações e desafios destacados no artigo, no contexto de paratletas, incluem o alto custo das tecnologias assistivas e a falta de acesso a essas inovações para muitos atletas. O custo de desenvolvimento de próteses e cadeiras de rodas adaptadas de alta tecnologia pode ser proibitivo, limitando a distribuição para atletas com menos recursos financeiros. Além disso, o acesso desigual a essas tecnologias cria barreiras de competitividade, em que

apenas atletas com melhores patrocínios ou condições têm acesso a esses avanços. O artigo também aponta a necessidade de maior investimento em pesquisa e desenvolvimento para tornar as tecnologias mais acessíveis e adaptadas a diferentes necessidades.

Nessa linha, Vieira, Gonçalves e Stevan Júnior (2015) apontam que o alto custo das tecnologias é uma das principais limitações, especialmente, em esportes que não recebem tanto investimento ou para atletas que não têm patrocínio significativo. A acessibilidade dessas tecnologias é um desafio, já que elas estão mais disponíveis para atletas de elite, enquanto atletas em fases iniciais de carreira ou em ligas menores têm dificuldade em obtê-las. Outro desafio mencionado é a integração e interpretação dos dados, que requer equipes técnicas especializadas, dificultando a implementação eficiente. Essas barreiras influenciam a adoção das inovações tecnológicas, criando uma desigualdade entre os que podem utilizar as melhores ferramentas e aqueles que não têm acesso a elas, impactando o nível competitivo. Entre as principais limitações e desafios na implementação dessas tecnologias no esporte, o artigo aponta a disparidade econômica como um fator significativo. Equipamentos inteligentes e softwares avançados são caros, o que restringe o acesso de atletas e equipes com menor poder aquisitivo. Isso gera um cenário de desigualdade no esporte, em que equipes de elite têm uma vantagem competitiva substancial, devido à sua capacidade de investir nessas inovações.

Outro desafio é a complexidade da análise dos dados. Dentre os trabalhos nesta perspectiva, Santos et al., (2016) apontam as principais limitações e desafios discutidos no artigo incluem a complexidade na análise dos dados gerados pelos sensores inerciais, que exigem conhecimento técnico especializado para uma correta interpretação. Outro desafio é garantir a calibração correta dos sensores para que os dados sejam precisos. Além disso, a adoção dessas tecnologias pode ser limitada por custos relacionados à compra e manutenção dos equipamentos, bem como pela necessidade de integração com outros sistemas de monitoramento e análise de desempenho. Essas questões podem dificultar a implementação dessas inovações em ambientes com menos recursos e conhecimento técnico.

Já Silva e Hirata (2012) identificam várias limitações e desafios na implementação dessas tecnologias. Um dos principais desafios é o custo dos dispositivos biomecânicos, que pode ser proibitivo para muitas equipes e atletas, especialmente, em níveis amadores ou semiprofissionais. Outro desafio significativo é a curva de aprendizado associada ao uso e interpretação dos dados coletados, exigindo treinamento específico para técnicos e atletas. Essas questões influenciam diretamente a adoção dessas tecnologias, criando uma barreira de entrada que pode limitar o acesso a esses avanços a apenas uma elite esportiva com maiores recursos. Isso pode resultar em uma desigualdade na disponibilidade de ferramentas de alta tecnologia para o desenvolvimento atlético, limitando a sua disseminação mais ampla no esporte. Além disso, a falta de conhecimento técnico pode fazer com que alguns treinadores ou atletas hesitem em adotar essas tecnologias, mesmo quando disponíveis, devido à complexidade percebida.

Outro desafio é a necessidade de dados. Dentre os trabalhos nesta direção, Machado e Maciel (2021) apontam que as principais limitações enfrentadas na implementação dessa tecnologia incluem a necessidade de grandes volumes de dados de qualidade para treinar adequadamente as redes neurais e garantir a precisão das previsões. Além disso, o artigo destaca o custo computacional e a complexidade no desenvolvimento desses sistemas, o que pode ser um desafio para equipes esportivas que não têm acesso a infraestrutura tecnológica avançada. Essas questões podem dificultar a adoção dessas inovações, especialmente, em ambientes esportivos com recursos limitados, apesar dos benefícios potenciais de melhorar o desempenho e a precisão das análises.

Mais um obstáculo está associado à qualidade dos dados. Dentre os estudos neste contexto, Fernandes (2016) informa que um dos principais desafios na implementação dessas tecnologias é a qualidade e a disponibilidade dos dados, que são essenciais para o sucesso dos modelos preditivos. Outra limitação é a complexidade dos modelos de

inteligência computacional, que exige conhecimento especializado para ser aplicada de forma eficaz. O artigo também discute a resistência à adoção de novas tecnologias por parte de alguns atletas e treinadores, que podem ter receio de confiar excessivamente em previsões baseadas em dados, em vez de na intuição e experiência. Essas questões influenciam a adoção das inovações, pois exigem investimentos em treinamento e infraestrutura, além de uma mudança de mentalidade para que as tecnologias sejam plenamente integradas no esporte.

4. CONSIDERAÇÕES

Este estudo examinou o impacto das inovações tecnológicas no esporte, com foco na análise de dados e no uso de equipamentos inteligentes, e seus efeitos na performance e treinamento dos atletas. Tecnologias emergentes, como dispositivos portáteis, inteligência artificial e redes neurais, estão transformando a maneira como os esportistas treinam, competem e se recuperam, trazendo avanços na otimização do desempenho, na prevenção de lesões e na precisão das estratégias de treinamento. Esses avanços prometem uma evolução significativa para o esporte moderno, oferecendo novas ferramentas para maximizar o potencial atlético.

No entanto, o estudo também revela desafios importantes, especialmente no que diz respeito à privacidade dos dados dos atletas e à falta de regulamentações jurídicas adequadas para protegê-los. Com o crescente uso de tecnologias que coletam informações detalhadas sobre a saúde e o desempenho dos atletas, há um risco maior de violação de privacidade, o que demanda maior atenção legislativa. Além disso, essas inovações podem acentuar desigualdades econômicas, favorecendo clubes e atletas com maior poder aquisitivo, que têm acesso a recursos tecnológicos de ponta, enquanto equipes menores e esportistas amadores enfrentam dificuldades, agravando o desequilíbrio competitivo no esporte.

Apesar dessas dificuldades, as perspectivas são promissoras. À medida que as tecnologias esportivas continuam a evoluir, o estudo sugere que é fundamental promover a democratização do acesso a essas inovações, permitindo que todos os atletas se beneficiem, independentemente de suas condições financeiras. Além disso, a criação de regulamentações claras e a conscientização sobre as implicações éticas no uso de dados pessoais são essenciais para garantir um desenvolvimento justo e sustentável no esporte. O estudo conclui que, com esforços conjuntos entre atletas, clubes, reguladores e desenvolvedores, o esporte pode avançar de forma mais equitativa e inclusiva, beneficiando todos os envolvidos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao grupo de pesquisa LIS —Laboratório de Inovações em Softwaree LISA —Laboratório de Inovações em Softwaree Automação, pelo apoio na produção deste trabalho, e à Universidade Federal Rural do Semi-Árido -UFERSA pelo financiamento, por meio da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG) através do Edital PROPPG Nº 22/2024 -Iniciação Científica –Ações Afirmativas e PROPPG Nº 22/2024 -Iniciação Científica –Ações Afirmativas e PROPPG Nº 21/2024 -Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

CHAGAS, Francisco; WILTGEN, Filipe. Ensaios em ambiente controlado com o dispositivo de monitoramento de impacto em práticas esportivas. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**, v. 6, n. 4, p. 382-01, 382-19, 2021.

DENARDIN CARDOSO, Vinícius; DE CASTRO HAIACHI, Marcelo; REPPOLD FILHO, Alberto Reinaldo; GAYA, Adroaldo Cezar. A Tecnologia no Esporte Paralímpico. **Pensar a**

Prática, v. 21, n. 3, 2018. DOI: 10.5216/rpp.v21i3.47496.

DUTRA, N. R.; FRAGOSO, V. M.; SANTOS, R. D. A.; SILVA, A. C.; SANTOS, M. P. Syscoach: uma proposta de software para apoiar a gestão dos clubes de futebol. **UniFOA – Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda,RJ**, Edição Especial, 2021.

FERNANDES, Mateus de Araujo; LIMA, B. N. B.; ALMEIDA, D. G.; GUIMARÃES, C. A.; BERMUDEZ, C. E.; LIMA, J. M. A. Inteligência computacional aplicada à previsão de vencedores em partidas de tênis. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, Passo Fundo, v. 8, n. 2, p. 82-98, jul. 2016. DOI: 10.5335/rbca.v8i2.5508.

KATZ, Larry. **Inovações na tecnologia esportiva: implicações para o futuro**. [S. l.: s. n.], 2000. 32 p.

KITCHENHAM, Barbara. Procedures for performing systematic reviews. **Technical report**,Keele, UK, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

MACHADO, Emanuela da Rosa; MACIEL, Rodrigo Cesar Nunes. Rede neural aplicada à análise de dados de percursos de ciclistas para previsão de métricas de desempenho. **Revista Vincci –Periódico Científico da UniSATC**, v. 6, n. 2, p. 191-216, jul./dez. 2021.

MIRANDA, Karolina Ribeiro Paes Oliveira Benevides; SAMPAIO, Romilson Lopes; TELES, Eduardo Oliveira; RIBEIRO, Núbia Moura. Patentes sobre tecnologias aplicadas ao esporte. **Cadernos de Prospecção**,Salvador, v. 17, n. 2, p. 539-553, abr. 2024. DOI: 10.9771/cp.v17i2.56530.

OKAZAKI, Victor Hugo Alves; DASCAL, Juliana Bayeux; OKAZAKI, Fábio Heitor Alves; TEIXEIRA, Luis Augusto. Ciência e tecnologia aplicada à melhoria do desempenho esportivo. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 11, n. 1, p. 143-157, 2012.

RATHONYI, G.; BÁCSNÉ BÁBA, É.; MÜLLER, A.; RATHONYI-ODOR, K. How digital technologies are changing sport? **APSTRACT: Applied Studies in Agribusiness and Commerce**, v. 12, n. 3-4, p. 89-96, 2018. DOI: 10.19041/APSTRACT/2018/3-4/10.

SANTOS, Caroline Peixoto; VIEIRA, Mário Elias Marinho; STEVAN JR, Sérgio Luiz. Sensores inerciais aplicados à marcha humana no esporte. In: **SEMINÁRIO DE ELETRÔNICA E AUTOMAÇÃO –SEA 2016**, 19-21 set. 2016, Ponta Grossa. Anais[...]. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

SILVA, Marcelo Guimarães; HIRATA, Tamotsu. Instrumentação biomecânica aplicada à análise do desempenho do chute em jogadores de futebol de campo. **XXIII Congresso Brasileiro em Engenharia Biomédica –XXIII CBEB**, 2012.

TELÓ, F. G.; OLIVIRA, B. B.; VITA, J. B.; FERREIRA, R. M. Z. Análise de Custo-Benefício, Tecnologias Vestíveis e Monitoramento Biométrico nos Esportes Norte-Americanos: Aspectos Jurídicos e Econômicos. **Economic Analysis of Law Review**, v. 12, n. 2, p. 191-209, 2021.

TOLEDO, H. C.; MAROCOLO, M. Ciência e tecnologia aliadas ao esporte. **Arquivos de Ciências do Esporte**, v. 7, n. 2, p. 55-56, 2019.

VIEIRA, M. E. M.; GONÇALVES, V. C.; STEVAN JUNIOR, S. L. A importância de equipamentos tecnológicos em esportes de alto rendimento. In:**10º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais**, ago. 2015.