



# UNIVERSIDADE DE ÉVORA

## Futuro do VAR com Inteligência Artificial

Bárbara Loureiro 148469, Gustavo Gomes 148392

Abril 2022

### Resumo

Video Assistant Referee (**VAR**), em tradução livre designado por **árbitro assistente de vídeo ou vídeo árbitro**, é um sistema utilizado no futebol para auxiliar e melhorar a decisão da equipa de arbitragem, designadamente, do árbitro em campo.

No nosso artigo, abordaremos o impacto da **Inteligência Artificial (IA)** no VAR e exploraremos as suas possibilidades que tem nesta tecnologia, que já por si é inovadora.

O VAR usa tecnologia audiovisual para ajudar os árbitros a evitar erros claros e óbvios em relação a metas, penalidades, cartões vermelhos diretos e confusão de identidade. Além disso, a IA integrada calibra com precisão o campo de jogo para permitir a inserção de sobreposições gráficas para apoiar a tomada de decisões.

O uso de IA em eventos desportivos é já uma realidade, e tem muito potencial. Num futuro próximo prevê-se uma evolução da IA, de forma a tornar o VAR mais confiável, com um desempenho mais rápido e eficaz e até mesmo independente do julgamento humano.

O objetivo do artigo passa pela exploração das possibilidades previstas e também da mudança causada no desporto em causa, tanto na dinâmica do jogo em si como na perspectiva dos árbitros, atletas e adeptos.

Palavras-chaves: **Vídeo Árbitro (VAR), Inteligência Artificial (IA)**. [1] [2] [?] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12]

## 1 Introdução

Ao longo dos tempos, a tecnologia tem desempenhado um papel cada vez mais importante no desporto e acompanhado a sua evolução, desde o simples uso de um cronómetro digital ao uso de inteligência artificial. O Vídeo Árbitro, designado doravante por VAR, não é exceção e é já uma característica comum em muitos desportos.

No mundo do futebol demorou algum tempo para ser implementado mas, no Mundial de 2018, a FIFA acabou por concretizar a sua implementação com o objetivo de melhorar a experiência que é um jogo de futebol, torná-lo mais justo e, acima de tudo, auxiliar a equipa de arbitragem na tomada de decisões, que acabam muitas vezes por ser difíceis, procurando melhorar esse processo.

Apesar de o futebol ser um jogo, não podemos negar que se trata também de uma indústria. Indústria essa que acaba por mover milhões, desde ligas e eventos ao valor de mercado dos jogadores. Como exemplo temos o **Mundial de Seleções**, que movimenta estimadamente:

- 533 milhões de euros de prémio em dinheiro a ser distribuído pelas seleções participantes sempre que forem eliminados;
- 32 milhões de euros de prémio em dinheiro para a equipa da seleção vencedora.

Estes valores descredibilizam completamente qualquer opositor ao uso de tecnologia que tenha como argumento “o futebol é só um jogo, não é sobre o dinheiro”. Mas este pensamento não condena uma arbitragem imperfeita, o que abre margem para uma manipulação de resultados e perda total da integridade do desporto. O uso da tecnologia garante uma arbitragem mais justa que por sua vez proporciona uma maior transparência no futebol em termos económicos.

Outros opositores da tecnologia apontam para o facto de as tecnologias mais avançadas, como o caso do VAR, deverem apenas ser implementadas nas principais ligas e torneios principais. Pois, como salientam, o futebol é um desporto universal, muitos dos jogadores não estão num meio financeiramente confortável em comparação com jogadores em ligas e torneios principais. Contudo, na realidade, o nível de tecnologia não deveria ser influenciado pela importância do jogo em questão. O objetivo é igualdade no desporto, e para reforçar isso, a FIFA fornece softwares confiáveis mas com menos custo (tecnologia glass) que facilita o uso e a sua presença a níveis recreativos.

A desigualdade no futebol também pode ser visualizada, num cenário real, na excessiva agressividade aplicada pelos jogadores, como lesionar propositadamente membros da equipa adversária. Para tal existem regras no jogo que definem o que é e o que não é uma ofensa e que levam à penalização e/ou à expulsão dos jogadores, nomeadamente, chutar ou tentar chutar um adversário, fazer uma rasteira ou tentar fazer uma rasteira ao adversário, golpes

ou tentativas de golpes a um adversário, empurrar ou atacar um adversário. Esta desigualdade é difícil de combater pois o árbitro em campo nem sempre se encontra num bom ângulo relativamente ao acontecimento para o visualizar devidamente, o que pode resultar num julgamento errado. As câmaras do VAR permitem obter vários ângulos de visionamento em relação ao acontecimento e/ou penalidade, colmatando

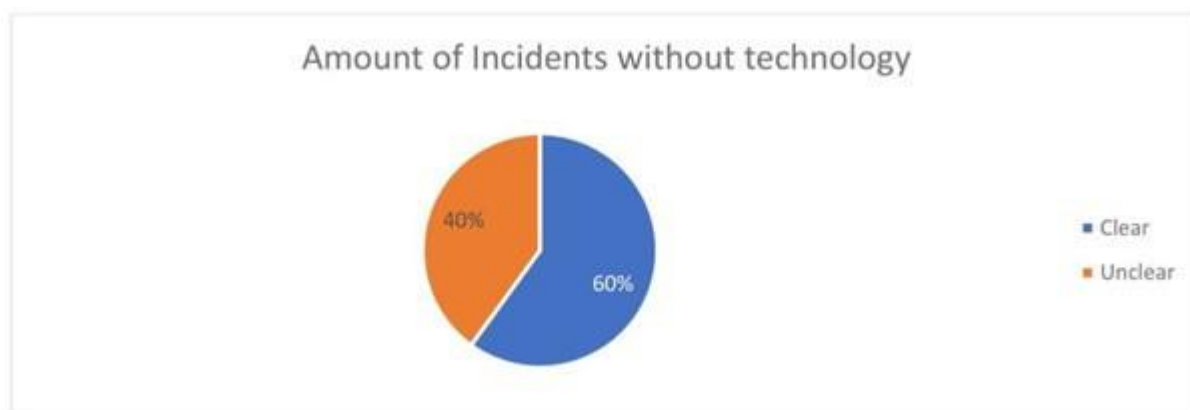


Figura 1: Quantidade de incidentes sem tecnologia

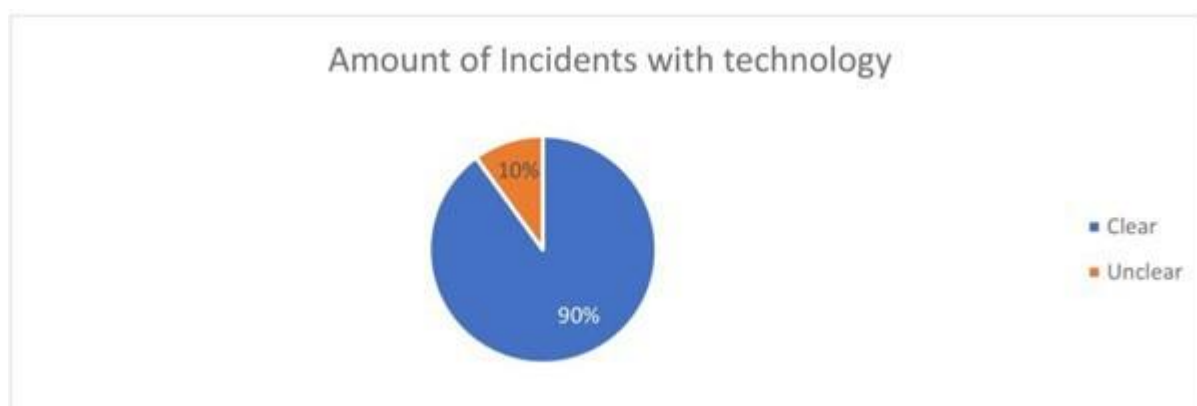


Figura 2: Quantidade de incidentes com tecnologia

as limitações humanas, o que facilita o julgamento do árbitro e torna o jogo mais justo. Alguns dirão que as câmaras não alteram a capacidade de decisão dos árbitros; elas apenas dão aos árbitros vários ângulos de visionamento da situação de jogo, conferindo-lhes mais informações. Contudo, a capacidade de descrição do acontecimento depende em grande parte das expectativas em relação aos árbitros, e se eles tiveram o benefício de tecnologias úteis, as expectativas podem ser aumentadas e os árbitros, esperamos, estarão à altura do desafio. Os jogadores acabam também por ter menos tendência a cometer penalizações após o uso do VAR.

O uso da tecnologia no futebol não teve impacto apenas no desporto em si e nos jogadores. Mudou igualmente a forma como é percebido externamente. Os adeptos assumem o papel de assegurar “a alma do jogo”.

A tecnologia veio roubar um pouco isso. Apesar de a intenção ser facilitar e melhorar o processo de decisão dos árbitros não garantiu a rapidez do processo.

O tempo de consulta do VAR pelo árbitro obriga aos espectadores a deixarem as suas emoções suspensas enquanto aguardam o veredicto final. Deixando muitos descontentes por essa razão, mas é também uma questão de adaptação, pois muitos agradecem a justiça no jogo. E o árbitro, que por vezes era muito criticado pelas suas decisões, agora tem um argumento contra os espectadores descontentes.

Uma das maiores preocupações por parte dos adeptos é saber se este uso contínuo do VAR irá futuramente comprometer ou não a visão mais humana do jogo.

## **2 VAR atualmente**

O VAR consiste numa equipa de pessoas que assistem a replays de vídeo de incidentes relevantes e trabalham em conjunto para rever e validar certas decisões tomadas pelo árbitro principal. Essa equipa é composta por quatro árbitros que observam os ecrãs durante cada partida: um vídeo-árbitro assistente - o VAR principal -, e três assistentes de vídeo-árbitro (AVAR1, AVAR2 e AVAR3). O VAR apresenta uma precisão de 99,3%.

A equipa está localizada numa sala de operação de vídeo (VOR), que possui uma fileira de ecrãs mostrando diferentes ângulos captados pelas trinta e três câmaras que o campo geralmente possui. Os feeds de vídeo são enviados ao VOR por meio de fibra ótica. O VAR principal assiste a um feed de vídeo, que possui um monitor embaixo composto de tela dividida que mostra quatro feeds. O AVAR1 recebe o feed principal, o AVAR2 assiste a duas telas que transmitem duas câmaras dedicadas que não são usadas em nenhum outro lugar e é responsável pelos desafios de impedimento; e o AVAR3 assiste ao jogo pela mesma transmissão de televisão que assistimos em nossa casa.

Após um incidente, ocorre uma ação do AVAR1. O árbitro principal tem duas opções: interfere ou não interfere no jogo. É essencial perceber se o árbitro pode interferir ou não com base no conhecimento do incidente. Se ele não estiver ciente do que aconteceu, é claro, que não interferirá. No entanto, as imagens de vídeo usadas pelo árbitro principal devem ser evitadas. O processo para analisar o incidente e tomar a melhor decisão deve ser feito pela Equipa VAR, o mais rápido e preciso possível. Mas o árbitro principal em campo também pode solicitar uma revisão após tomar uma decisão.

Existem 15 tipos de decisões que podem ser revistos:

- Golo;
- Pênalti;
- Cartão vermelho direto;
- Confusão de identidade;
- Posição de impedimento na jogada de criação do golo (somente no lance que gerou o golo);
- Infração da equipa atacante na jogada de criação do golo (qualquer falta não marcada);

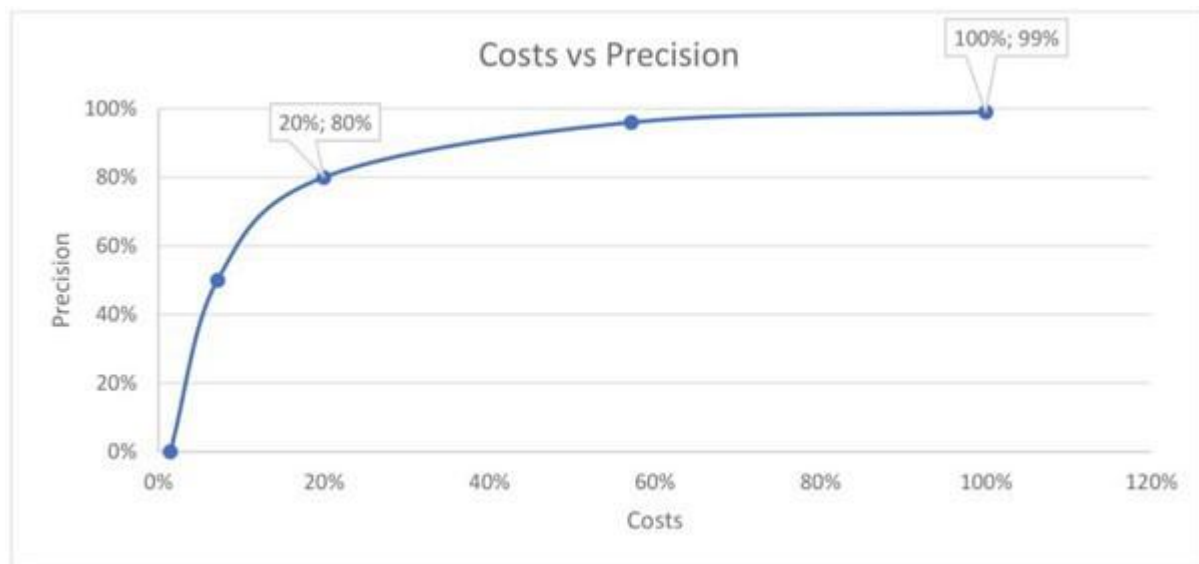


Figura 3: Custos vs Precisão usando o princípio de Pareto. 20% dos custos atingem 80% da precisão. No entanto, 100% dos custos corresponderiam a 99% da precisão e não 100%. Para chegar a 100% de precisão, precisamos de custos infinitos.

- Bola fora do campo antes do golo (verificar se a bola saiu das quatro linhas ou não);
- Golo/não golo (verificar se a bola entrou inteira);
- Pênalti erroneamente assinalado;
- Pênalti não assinalado;
- Falta ou impedimento antes da jogada de pênalti, cometido pela equipa atacante;
- Bola fora de campo antes da jogada de pênalti;
- As revisões limitam-se a expulsões diretas e não ao segundo cartão amarelo;
- VAR observa uma falta de expulsão clara que não foi detectada pelo árbitro;
- Se o árbitro advertir com cartão amarelo ou expulsar um jogador erroneamente.

O principal objetivo do VAR é aumentar a justiça, mas com baixos custos adequados. Quanto maior a precisão, maior a justiça obtida. Agora, se quisermos analisar a relação entre precisão e custos, um dos modelos adotados seria o Princípio de Pareto, que afirma que com 20% de uma variável, neste caso, os custos, podemos chegar a 80% da outra variável, neste caso, a precisão. No entanto, e ao contrário do princípio de Pareto, para o nosso caso, 100% dos custos corresponderiam a 99% da precisão. Para chegar a 100% de precisão precisar-se-ia de custos infinitos.

Na situação atual, o sistema tenta percorrer a curva de custos totais

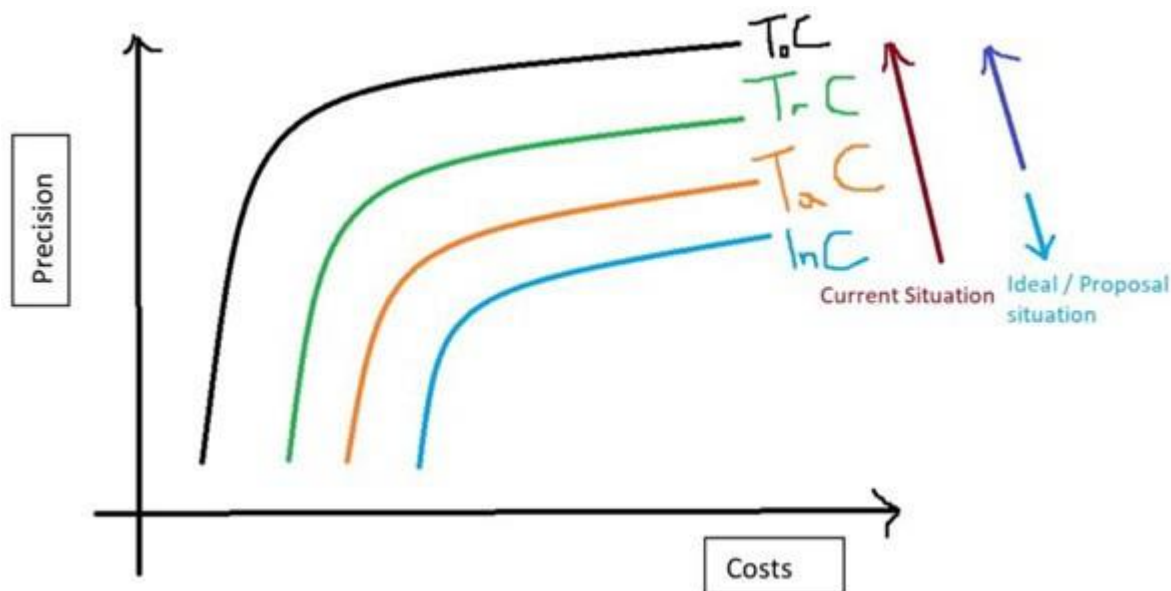


Figura 4: Divisão dos Custos vs Precisão usando o princípio de Pareto

aumentando todos os custos. Por outro lado, a situação ideal é percorrer a curva de custos totais aumentando os custos de treinamento e os custos tangíveis, mas reduzindo ao máximo os custos intangíveis. Este objetivo é o fator chave para alcançar a otimização do atual sistema de árbitros assistentes de vídeo.

### 3 VAR num futuro próximo

Embora estejamos muito longe de ver robôs reais a jogar em torneios desportivos ao invés de seres humanos, o uso de Inteligência Artificial, que será referida como IA, em eventos desportivos já é uma realidade e apresenta uma grande potencialidade nesse uso.

A Fifa decidiu usar um sistema de IA para agilizar o processo de revisão de impedimentos, tornando as interferências feitas pelo VAR muito mais rápidas e precisas. A novidade foi utilizada na Copa Árabe de 2021, no Quatar, e espera-se usar na Copa Mundial de 2022 (ainda em fase de testes). Atualmente, uma consulta ao VAR leva em média 70 segundos entre a análise da jogada e a decisão final dos juizes. Não parece muito, mas quando ocorre várias vezes durante a mesma partida, essa interferência acaba por prejudicar a fluidez do jogo, deixando atletas e adeptos incomodados com a demora.

A tecnologia baseada em IA usa detecção automática de bolas e cria modelos tridimensionais da posição de um jogador instantaneamente. O objetivo é que ela melhore a precisão do ponto de remate usando dados de

rastreamento e tecnologia de sensores dos sistemas de câmara, enquanto o corpo de um jogador será modelado para identificar qual parte do corpo de um jogador está mais à frente. O novo sistema possui entre 10 a 12 câmaras instaladas na cobertura de cada estádio para acompanhar a movimentação dos jogadores. Essas câmaras combinadas com outros sensores permitirão o rastreamento de 29 pontos por indivíduo, numa velocidade de aproximadamente 50 vezes por segundo. Essa configuração pode fornecer uma posição mais precisa de braços e pernas de cada jogador em relação à linha imaginária de impedimento, no momento em que a bola é lançada em tempo real. Isso vai permitir que os juizes de vídeo tenham a noção exata do posicionamento de todos os atletas envolvidos em jogadas decisivas. A IA pode enviar um alerta específico, indicando a possibilidade de impedimento diretamente para o VAR. Na cabine, os árbitros de vídeo poderão analisar a jogada mais rapidamente, diminuindo o espaço para interpretações equivocadas que demoram para ser concluídas.

Com a IA, o futuro VAR não exigirá um único árbitro humano para monitorizar as telas. Em vez disso, usando a tecnologia deep machinelearning, o software detectará automaticamente quando uma falta ocorre em tempo real e alertará o árbitro instantaneamente quando um jogador deverá receber um cartão vermelho. Não haveria, assim, necessidade de replays de vídeo e discussões constantes – a ação em questão teria um resultado instantâneo. Isso significaria o fim da bandeira de fora de jogo atrasado, na maior parte do tempo. Não se verá mais o jogo continuar por um longo período, apenas para que a bandeira finalmente suba depois que a bola entrar na baliza ou o ataque terminar. As decisões de fora de jogo serão instantâneas, em muitos casos, a bandeira será hasteada antes que um gol seja marcado. Em todo caso, a decisão deverá ser tão rápida que parecerá exatamente como costumava ser antes da VAR entrar no jogo.



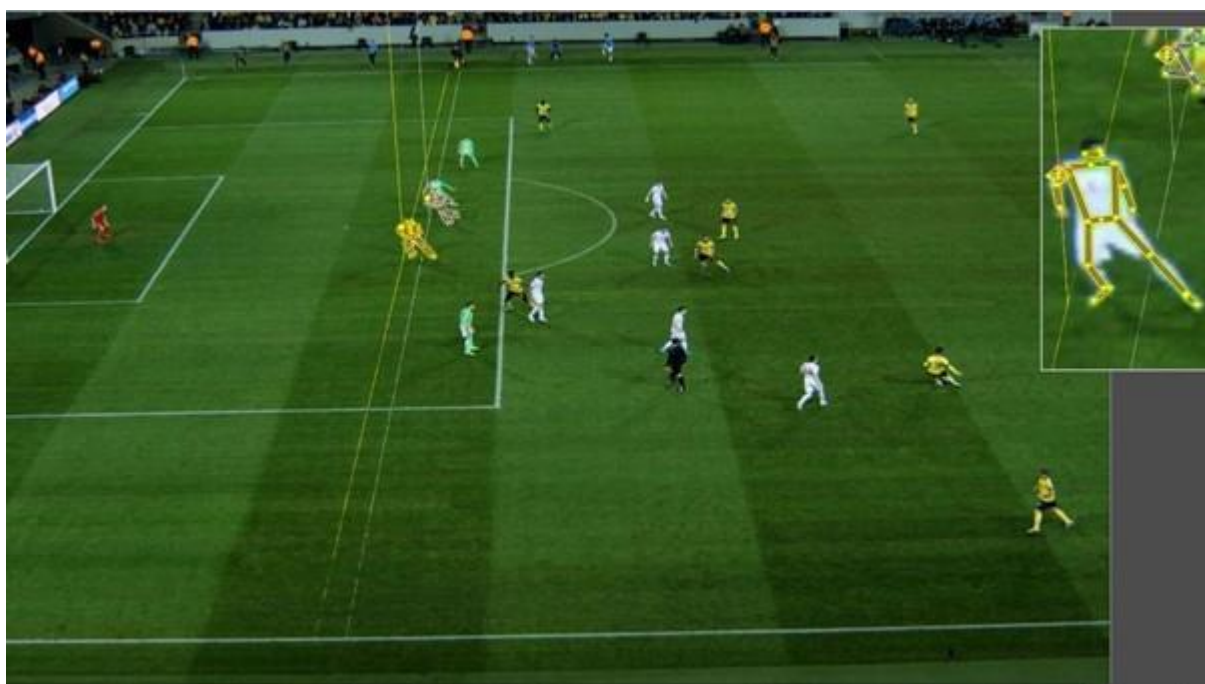


Figura 5: Tecnologia de rastreamento de membros usada para verificar o impedimento.

## 4 Conclusões

O VAR é um sistema muito promissor e cada vez mais importante no mundo do futebol, uma vez que o futuro da indústria do desporto está nas mãos da tecnologia. Com a ajuda da IA e outras variadas tecnologias evita-se que paire qualquer mácula sobre a honestidade e credibilidade, e qualquer atividade humana de interesse público deverá ser sempre regida pela clareza, verdade e justiça. O nível de competitividade também se elevou, devido a uma melhor compreensão do jogo e dos jogadores que o jogam. A tomada de decisão tornou-se mais baseada em factos e menos baseado em emoções. No entanto, nem tudo é um mar de rosas, há prós e contras.

Há certas desvantagens do uso da IA. Esta é um sistema que envolve altos custos para criar, manter e reparar para além de contribuir para o aumento do desemprego. O desempenho de tarefas básicas ainda não é possível para a IA, ela entrega o que é codificado nele, portanto, não é capaz de entender e processar a situação e tomar decisões adequadas. O espectro de melhoria na indústria do desporto é enorme, mas pode ser alcançado. Sem dúvida, podemos dizer que a IA fará a previsão de resultados no desporto confiável e fiel com uma margem de erro mínima. Contudo, é importante entender que, enquanto o elemento humano estiver envolvido no desporto, haverá sempre imprevisibilidade e incerteza no mesmo o que o torna fascinante e surpreendente para seus adeptos. Enquanto o elemento surpresa estiver presente, a oportunidade de lucro sempre estará lá para as empresas explorarem e ganharem. A indústria do desporto nunca morrerá e continuará a melhorar com tempo, tornando-o altamente competitivo e dinâmico.

## Referências

- [1] D. Vučkov and S. Babić. Vars/avars in croatian top division (1. hnl) and major league soccer: Experiences with var system. In *2021 44th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)*, pages 820–825, 2021.
- [2] Manuel Armenteros, Anto J Benítez, and Miguel Ángel Betancor. *The Use of Video Technologies in Refereeing Football and Other Sports*. Routledge, 2019.
- [3] Keshav Rathi, Priyam Somani, Aditya V Koul, and KS Manu. Applications of artificial intelligence in the game of football: The global perspective. *Researchers World*, 11(2):18–29, 2020.
- [4] Christie Scanlon, Gerald Griggs, and Connor McGillick. ‘it’s not football anymore’: perceptions of the video assistant referee by english premier league football fans. *Soccer & Society*, pages 1–13, 2022.
- [5] Jochim Spitz, Johan Wagemans, Daniel Memmert, A Mark Williams, and Werner F Helsen. Video assistant referees (var): The impact of technology on decision making in association football referees. *Journal of Sports Sciences*, 39(2):147–153, 2021.
- [6] Jorge Tovar. Why and how to improve var. In *On Fairness, Justice, and VAR*, pages 67–77. Springer, 2021.
- [7] LaLiga official website. Artificial intelligence and var take centre stage during laliga innovation showcase at the mobile world congress, 27 de fevereiro de 2019. Consultado a 26 de março de 2022 às 15:27.
- [8] SCC. Fifa’s var system and using ai in sporting tournaments. Consultado a 20 de abril de 2022.
- [9] ESPN FC. Semi-automated var offside is here, and fifa thinks it’s going to be transformative, 10 de fevereiro de 2022. Consultado a 20 de abril de 2022.
- [10] Jan Zglinski. Rules, standards, and the video assistant referee in football. *Sport, Ethics and Philosophy*, pages 1–17, 2020.
- [11] Apply Data Hugo Lara. So var, so good? towards an economic analytics of var, 9 de outubro de 2020. Consultado a 20 de abril de 2022.
- [12] Douglas Ciriaco Gustavo Minari. Fifa vai usar inteligência artificial para agilizar o var, 30 de novembro de 2021. Consultado a 20 de abril de 2022.