

O problema da simultaneidade na lei do impedimento do futebol

(*The problem of simultaneity in off-side law of football*)

T.F. Delfim¹ e V.L.B. de Jesus²

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Nilópolis, RJ, Brasil

Recebido em 4/1/2011; Aceito em 26/6/2011; Publicado em 1/12/2011

Segundo a regra da FIFA (do francês: Fédération Internationale de Football Association), para que a posição de impedimento de um jogador seja considerada uma infração, é necessária a observação simultânea da posição do jogador e da bola no momento do passe, para quaisquer posições da bola e do jogador no campo de futebol, exceto no caso de recebimento direto da bola de um tiro de meta, ou arremesso lateral, ou tiro de canto (escanteio). Este trabalho tem por objetivo mostrar que não é possível a marcação correta da infração do impedimento em todos os casos. Essa impossibilidade se dá pelo fato de o árbitro auxiliar responsável pela marcação da infração, também conhecido vulgarmente como “bandeirinha”, não possuir um campo de visão correspondente a 180° mas de aproximadamente 30° a 40° que permite a detecção simultânea de eventos, conforme discussão apresentada na seção 2. Baseado nesta discussão foi estimado o tempo característico gasto pelo árbitro auxiliar para girar a cabeça de aproximadamente 90° para tentar observar eventos simultâneos fora de seu campo de visão. Com estes intervalos de tempo foi possível estimar avanços típicos de jogadores em relação à linha de impedimento, quando em posição legal no momento do passe.

Palavras-chave: simultaneidade, futebol, campo de visão.

Based on FIFA's rule (from french: Fédération Internationale de Football Association), to consider a player in off-side position it is necessary the simultaneous observation of both the position of the player and the ball at the moment of the launch in any position of the ball and the payer in the football field, except in the case of a direct reception of the ball from the goal kick, or lateral reposition of the ball, or corner. The aim of this work is to show that it is not possible to mark correctly the off-side in all cases. This impossibility is due to the fact that the referee responsible to mark the off-side does not have a vision field correspondent to 180 degrees, but approximately 30 to 40 degrees that allows detecting simultaneous events, as discussed in section 2. Based on this discussion one estimates the characteristic time spends by the referee to turn the head approximately 90 degrees to try to observe simultaneous events out of his vision field. Using these intervals of time it was possible to estimate typical distances beyond the off-side line, when in legal position at the moment of the launch.

Keywords: simultaneity, football, vision field.

1. Introdução

Baseando-se na regra nº 11 sobre o impedimento, do livro de regras para futebol de campo instituído pela FIFA (do francês: Fédération Internationale de Football Association), que diz [1]: “Se um jogador se encontrar mais próximo da linha de meta adversária do que a bola e o penúltimo adversário, ele estará em caráter de impedimento”. Observe ainda que, segundo o livro de regras da FIFA, “um jogador em posição de impedimento somente será sancionado se, no momento em que a bola for tocada ou jogada por um de seus companheiros, ele estiver, na opinião do árbitro, envolvido em jogo ativo:

- interferindo no jogo, ou
- interferindo num adversário, ou

- ganhando vantagem por estar naquela posição.”

Segundo a regra da FIFA, para que a posição de impedimento de um jogador seja considerada uma infração, é necessária a observação simultânea da posição do jogador e da bola no momento do passe, para quaisquer posições da bola e do jogador no campo de futebol, “exceto para um recebimento direto da bola, de um tiro de meta, ou arremesso lateral, ou tiro de canto (escanteio)” [1].

O responsável por esta observação simultânea é o árbitro auxiliar, também conhecido vulgarmente como “bandeirinha”. Este árbitro se locomove em uma das laterais do campo de futebol procurando sempre a melhor posição para marcar, entre outras infrações do futebol, o impedimento. Em geral, o árbitro auxiliar se posi-

¹Aluno do curso de Licenciatura em Física do IFRJ - campus Nilópolis.

²E-mail: vitor.jesus@ifrj.edu.br.

ona na linha do último jogador de defesa, a chamada linha de impedimento. A Fig. 1 mostra um exemplo da posição do árbitro auxiliar, a linha de impedimento, o jogador que executa o passe e o jogador que recebe a bola, mas este jogador, por estar à frente da linha de impedimento no instante em que o passe é executado, comete a infração, ou seja, está impedido. Para que a infração seja marcada corretamente, o árbitro auxiliar deve ter em seu campo de visão, simultaneamente, o jogador que vai executar o passe e o jogador que está impedido (que está, no momento do passe, à frente da linha de impedimento). Esta simultaneidade não é possível de ser atendida em todas as situações, pois é notório que haverá casos que ocorrerão fora do campo de visão do árbitro auxiliar, já que o campo de visão de uma pessoa não cobre os 180° necessários para garantir em todos os possíveis casos o cumprimento da regra do impedimento. Então, na tentativa de observar eventos simultâneos, o árbitro auxiliar deve girar a cabeça, o mais rápido possível, para monitorar o jogador que tem a intenção de realizar o passe e um jogador em posição duvidosa, passível de impedimento.

Nestes casos, é possível que haja um “erro” na detecção da posição do jogador em relação à linha de impedimento. Na seção 2 é discutido o campo de visão efetivo do árbitro auxiliar que permite a detecção simultânea de eventos, e também é proposto um experimento com o objetivo de estimar o tempo característico gasto pelo árbitro auxiliar para realizar o giro de cabeça. Na seção 3 são estimados avanços típicos de jogadores em relação à linha de impedimento, quando em posição legal no momento do passe.

2. Metodologia

Iniciamos esta seção tratando do campo visual humano, e quando falamos em campo visual, neste caso, é “a área de sobreposição dos campos visuais monoculares, chamada campos visual binocular horizontal” [2]. Isso significa dizer que a visão monocular detém um campo de visão de 150° (Fig. 2a) no diâmetro horizontal, e a junção dos campos resulta num campo

de visão binocular de 120° (Fig. 2b) [3]. E dentro desta área gozamos da sensação visual de profundidade (*localização egocêntrica*) e perdendo em panorama (*Horópteo*). Essa “localização egocêntrica” é a sucinta discriminação perceptual de localização espacial de objetos, ou seja, a distância do observador até o objeto [4]. E o “Horópteo” é a região no espaço de visão, na qual os objetos nela contidos estimulam pontos da retina correspondente, sendo então percebidos simultaneamente, como mostra a Fig. 3. Baseado nestes dados pode-se estimar o campo de visão que permite a detecção simultânea de objetos em aproximadamente 30° a 40° .

Se o campo de visão do árbitro auxiliar não é 180° , é necessário que ele gire a cabeça, talvez várias vezes, e o mais rápido possível, na tentativa de observar simultaneamente tanto o jogador em possível posição de impedimento e o jogador que, em um dado instante, tenha possibilidade de realizar um lançamento para o jogador em questão. Isso permite a possibilidade de um “erro” de detecção da posição do jogador em relação à linha de impedimento no exato instante de tempo em que o passe foi executado.



Figura 1 - Situação típica de impedimento. Observe que tanto o jogador que realiza o passe como aquele que recebe o lançamento estão, neste caso, localizados dentro do campo de visão do árbitro auxiliar.

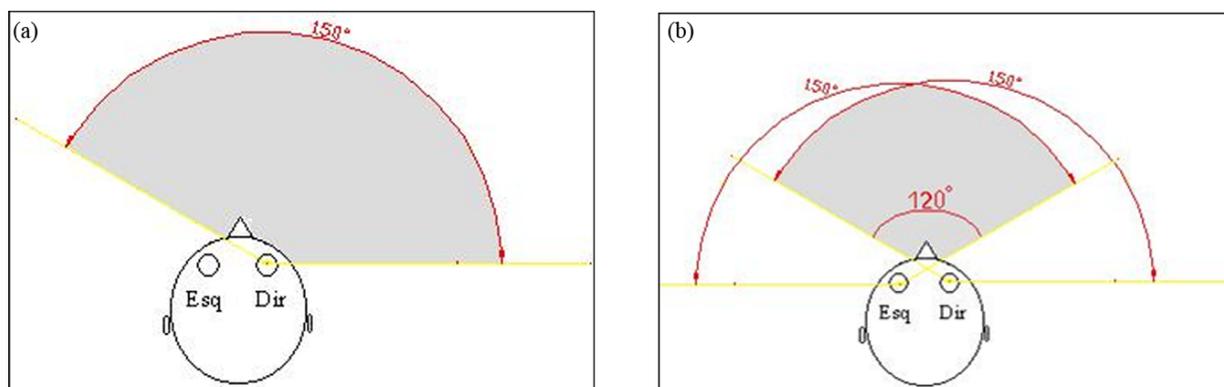


Figura 2 - (a) Reprodução de um campo de visão monocular. (b) Reprodução de um campo de visão binocular [2].

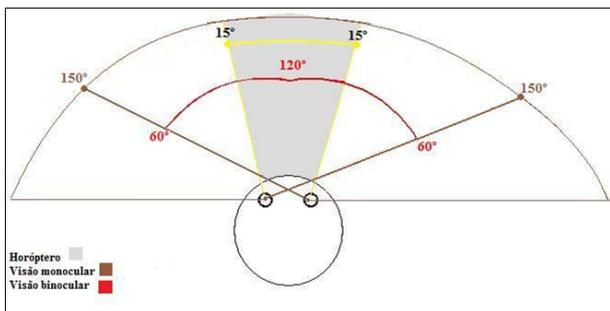


Figura 3 - Diagrama representando as regiões de visão monocular, binocular e "Horóptero" [3].

Esta possibilidade de erro é minimizada quando o jogador que executa o lançamento e o jogador que vai recebê-lo estão muito próximos (Fig. 4a) e, assim, estão *simultaneamente* no campo de visão do árbitro auxiliar. A situação se agrava quando estes jogadores estão muito afastados, estando um dos jogadores fora do campo de visão do árbitro auxiliar, conforme mostra a Fig. 4b. Neste caso, o árbitro auxiliar precisa girar a cabeça, pelo menos uma vez, para visualizar a posição de cada jogador e "julgar" que, no instante de tempo t em que o passe é executado, o jogador de ataque está ou não em posição de impedimento. Para isto, o árbitro auxiliar gastaria um tempo Δt e, durante este tempo, o jogador que realmente não estaria em posição de impedimento no instante de tempo t em que o passe foi feito, passa a estar à frente da linha de impedimento, quando o árbitro auxiliar o observa já em um instante de tempo $t + \Delta t$. Será que este intervalo de tempo Δt é suficiente para levar um jogador que em um determinado instante de tempo t não estava além da linha de impedimento, a uma posição suficientemente além da linha de impedimento levando o árbitro auxiliar a marcar inadvertidamente uma infração? Deve-se lembrar que para discernimento da posição de impedimento são necessárias, pelo menos, algumas dezenas de centímetros, distância suficiente para discriminar dois corpos super-

postos com relação à visão lateral do árbitro auxiliar.

Para estimar este intervalo de tempo foi utilizada uma simples montagem experimental, conforme mostra a Fig. 5, onde dois fotossensores foram instalados a uma distância de 11 cm um do outro. O acionamento do cronômetro (início e final da contagem de tempo) se dá quando a luz do fotossensor é bloqueada, por isso ao boné foi acoplada uma régua com o objetivo de iniciar e finalizar a contagem do tempo. A pessoa coloca o boné e se posiciona de forma que a régua esteja inicialmente localizada entre os fotossensores. Quando a pessoa gira o pescoço, passando a olhar na direção perpendicular à inicial, a régua, que inicialmente está localizada entre os fotossensores, passa por um deles, acionando-o e depois que a pessoa retorna o olhar para a posição inicial (não exatamente a posição inicial, mas aproximadamente 5 cm além), fazendo passar a régua pelo outro fotossensor, aciona o desligamento do cronômetro. Desta maneira é possível estimar o tempo gasto (Δt) para girar o pescoço de aproximadamente 90° e retornar à posição inicial. Para se obter uma estimativa dos tempos máximos e mínimos gastos para girar o pescoço foram feitas várias medidas com a valiosa colaboração de cinco alunos do IFRJ – campus Nilópolis. Os resultados são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado dos tempos máximos e mínimos de giro da cabeça (ida e volta) a 90° realizados por cinco alunos do IFRJ – campus Nilópolis.

Velocidade de giro	Tempo (s)
Máxima	0,45
	0,55
	0,60
	0,73
	0,69
Mínima	0,60
	0,68
	0,85
	0,80
	0,95

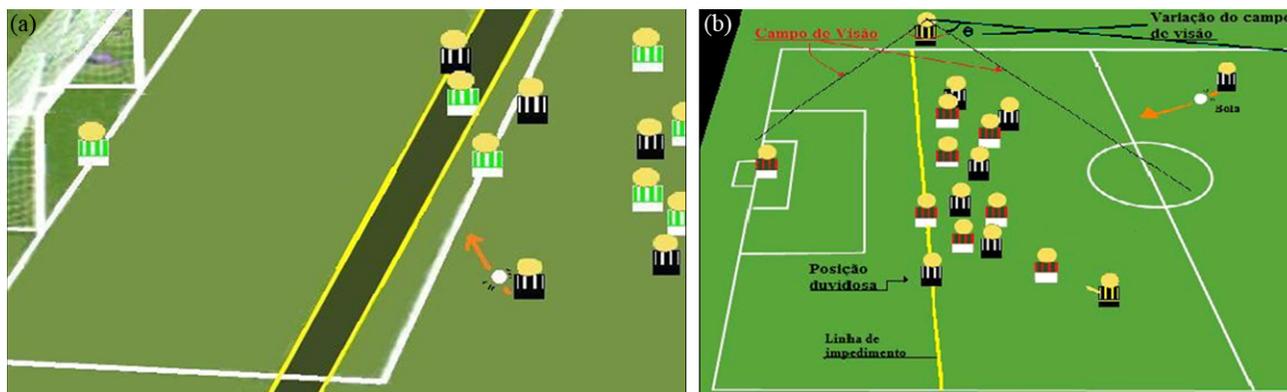


Figura 4 - (a) Execução de um lançamento, do qual o jogador e o receptor estão próximos, e dentro do campo de visão do árbitro auxiliar. (b) Quanto tempo o árbitro auxiliar levaria pra girar a cabeça, a fim de observar um lançamento de profundidade enquanto monitora um atacante em posição duvidosa?

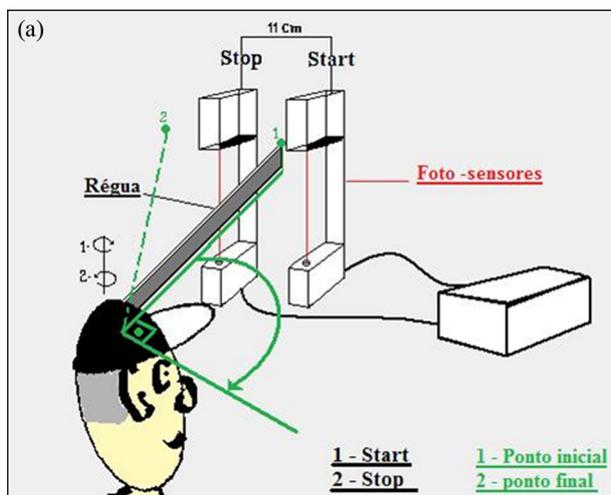


Figura 5 - (a) Ilustração da montagem experimental utilizado para estimar o tempo gasto para uma pessoa girar a cabeça e voltar à posição inicial. O ângulo de giro é de 90° . (b) Imagem da montagem experimental. Da esquerda para a direita estão o cronômetro, o “boné acionador” e os fotossensores.

Mas esse tempo estimado, sozinho, não pode nos dizer ainda muita coisa. É necessário lembrar que o jogo é dinâmico, e o jogador que recebe o lançamento, e está próximo à linha de impedimento, em geral não está parado, mas em movimento. Então, quanto maior for a velocidade do atacante em direção ao gol, por exemplo, maior será o seu deslocamento durante este intervalo de tempo Δt . Ao final, estamos interessados em saber se o deslocamento típico de um jogador neste intervalo de tempo pode alcançar algumas dezenas de centímetros. A respeito da velocidade típica de jogadores de futebol, buscamos analisar a velocidade inicial de um velocista de cem metros rasos no instante da largada até os primeiros dez metros, obtendo assim uma estimativa de sua velocidade média. Os valores mostrados na Tabela 2 pertencem ao velocista Usain Bolt, como a última quebra de recorde mundial, em Zurich, em 2009.

Tabela 2 - Tempo gasto pelo velocista Usain Bolt a cada 10 m em uma corrida de 100 m [5].

Variação da posição (m)	Tempo (s)
	0,146*
0- 10	1,89
10-20	0,99
20-30	0,90
30-40	0,86
40-50	0,83
50-60	0,82
60-70	0,81
70-80	0,82
80-90	0,83
90-100	0,83
Tempo total	9,58
Velocidade média ($m \cdot s^{-1}$)	10,43

*Tempo de reação do velocista após a largada.

3. Resultados

Baseados nas estimativas do tempo gasto pelo árbitro auxiliar para girar a cabeça 90° (ida e volta) e valores típicos da velocidade média de um jogador arrancando em direção ao gol próximo à linha de impedimento é possível estimar a distância de avanço do jogador em relação à linha de impedimento após a observação do lançamento pelo árbitro auxiliar. A Tabela 3 resume os resultados esperados. Os valores estimados para o avanço do jogador (aqui consideramos que o jogador tem velocidade média de arrancada nos primeiros metros de $3,0 \text{ m/s}$ – valor médio entre a velocidade típica de uma caminhada, 1 m/s , e a velocidade média do campeão dos 100 m rasos, aproximadamente 5 m/s em arrancada nos primeiros 10 m) estão tipicamente entre 1,3 m e 2,8 m. O limite superior seria de aproximadamente 5,0 m (caso extremo do velocista recordista mundial dos 100 m). As distâncias são consideráveis e podem confundir o árbitro auxiliar, levando-o a marcar inadvertidamente o impedimento. Certamente, o árbitro auxiliar deve considerar um “desconto” na hora de marcar um impedimento, sabendo que não é fisicamente possível observar, em alguns casos, simultaneamente o lançamento e a posição do jogador sujeito à infração.

A probabilidade de uma infração ser marcada incorretamente aumenta quando o jogador que faz o lançamento esta muito longe do campo de visão do árbitro auxiliar (Fig. 4b). O tempo gasto pelo árbitro auxiliar para tentar observar os dois lances simultaneamente, como manda a regra do impedimento, pode levar, no caso mais extremo tratado neste trabalho, a um equívoco na marcação da infração.

Tabela 3 - Resultados estimados para o avanço do jogador em relação à linha de impedimento após o giro de cabeça do árbitro auxiliar, estando o jogador, pela regra, em posição legal.

Tempo estimado para o giro da cabeça do árbitro auxiliar	Velocidade média do jogador em arrancada nos primeiros 10 m	Avanço do jogador em relação à linha de impedimento
Mínimo medido 0,45 s	5,3 m/s (Usain Bolt)	2,4 m
	3,0 m/s	1,3 m
Máximo medido 0,95 s	5,3 m/s (Usain Bolt)	5,0 m
	3,0 m/s	2,8 m

4. Conclusões

Este trabalho tem por objetivo mostrar que não é possível a marcação da infração do impedimento no jogo de futebol em todos os casos, por que pressupõe a observação correta de dois eventos simultâneos, a saber, o lançamento da bola feito por um jogador e a posição, com relação à chamada linha de impedimento, daquele que irá recebê-lo, como mostram as Figs. 1 e 4. Essa impossibilidade se dá pelo fato de o árbitro auxiliar responsável pela marcação da infração, conhecido vulgarmente como ‘bandeirinha’, não possuir um campo de visão correspondente a 180° , mas de aproximadamente 30° a 40° que permite a detecção simultânea de objetos, conforme discussão apresentada na seção 2. Baseado nesta discussão foi estimado experimentalmente o tempo característico gasto pelo árbitro auxiliar para girar a cabeça de aproximadamente 90° para tentar observar eventos simultâneos fora de seu campo de visão. Estes valores são apresentados na Tabela 1 e a partir deles foi possível estimar avanços típicos de jogadores em relação à linha de impedimento, quando em posição legal no momento do lançamento, apresentados na Tabela 3. Estas distâncias são apreciáveis e podem ser causadoras de marcações indevidas do impedimento, apesar de toda habilidade e treinamento dos árbitros auxiliares de futebol.

Atualmente, as câmeras de TV podem mostrar quadro a quadro qualquer lance duvidoso durante o jogo, e não há lance mais comentado e repetido diversas vezes na TV do que aquele que coloca em xeque a marcação, ou não, de um possível impedimento. Com esta “mãozinha” tecnológica é possível cumprir o re-

quisito de simultaneidade exigido pela regra do impedimento, corroborando, ou não, a decisão do árbitro auxiliar. Poderíamos ainda sair em defesa do árbitro auxiliar dizendo que esta disputa tecnológica é desigual.

Este trabalho tem também por objetivo estimular a curiosidade científica do público em geral, em particular dar subsídios para professores de física do ensino médio para uma aula mais dinâmica e divertida.

5. Agradecimentos

O autor V.L.B. de Jesus gostaria de agradecer ao programa PIBID-IFRJ 2007 financiado pela CAPES, cujos recursos ajudaram a divulgar a ciência em escolas públicas da Baixada Fluminense, motivando esta e outras discussões. O autor T.F. Delfim gostaria de agradecer ao CNPq pelo suporte financeiro de sua bolsa de iniciação científica.

Referências

- [1] FIFA, *Laws of the Game 2009-2010* (Fédération Internationale de Football Association, Zurich, 2008).
- [2] P.J. Hezel and H. Veron, in: *International Symposium Digest of Technical Papers, v. XXIV* (Society for Information Display, Playa Del Ray, 1993), p. 909-911.
- [3] L.A. Lorenzetto, *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde* **11**, 39 (2006).
- [4] Harley E.A. Bicas, *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia* **67**, 172 (2004).
- [5] speedendurance.com/2009/08/19, acesso em 13/10/2010.