

O ENSINO DA FÍSICA NO CONTEXTO DA PRÁTICA ESPORTIVA DE FUTEBOL:

O EFEITO MAGNUS COMO UM ESTUDO DE CASO



.....
Marcelo da Costa Carneiro^{1#} , Mairton Cavalcante Romeu¹, Juscilde Braga de Castro²

¹Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.

²Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.
.....

Palavras-chave

ensino de física
futebol
efeito Magnus

Resumo

Este trabalho aborda um estudo de caso sobre o efeito Magnus na prática do futebol, um fenômeno que acontece na bola, causando um desvio da sua trajetória normal. Ele também está presente na sustentação do avião, no contato do carro de Fórmula 1 com o solo, na propulsão de meios de transportes aquáticos e em outras atividades esportivas. O trabalho foi realizado na turma do 3º ano do Ensino Médio de uma escola do município de Beberibe, Ceará. Foi realizado por meio de experimento, com realização de questionários para avaliar o desempenho da turma antes e após a realização das aulas. A contextualização empregada sobre o ensino de física serviu para mostrar aos alunos que não basta apenas gostar de futebol, é importante saber como a física explica e está presente nele. Portanto, percebeu-se que a maioria dos alunos gostavam de futebol, mas não tinham conhecimento sobre esse fenômeno em estudo.

1. Introdução

A física é uma das ciências mais antigas do mundo e serve de base para conceitos presentes no nosso dia a dia. É possível perceber a física na área das ciências da natureza, no que diz respeito à investigação e à compreensão dos fenômenos físicos e químicos, além

Este artigo destaca as forças aerodinâmicas que atuam sobre uma bola de futebol

de contemplar as dimensões de linguagens e conteúdo humano-social. Na área de linguagens, códigos e suas tecnologias, deparamo-nos com a representação e a comunicação, isto é, a linguagem específica da física e sua forma de expressão ao seu campo. A área das

ciências humanas relaciona-se com a contextualização sociocultural do conhecimento científico e tecnológico. Por certo, a física está presente em tudo o que fazemos, no andar, no falar, no ato de praticar esportes e, inclusive, no futebol, que é o foco em estudo [1].

Nesse sentido, este artigo vem destacar a física presente no futebol, fazendo um estudo de caso sobre as forças aerodinâmicas que atuam sobre a bola de futebol, um fenômeno conhecido na dinâmica dos fluidos, na parte da hidrodinâmica dos conteúdos de física, o efeito Magnus, que acontece na “física dos

#Autor de correspondência. E-mail: professormarcelofisica@hotmail.com.

Este é um artigo de acesso livre sob licença Creative Commons



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

esportes”. Embora não seja um fato visto usualmente na disciplina de física no ensino básico [2], é um fenômeno com aplicações práticas no cotidiano e de potencial pedagógico, servindo de motivação para o aprendizado da física.

O efeito Magnus tem essa denominação em homenagem ao físico e químico de nacionalidade alemã, Heinrich Gustav Magnus, que ficou conhecido por suas descobertas relacionadas aos desvios de trajetórias de objetos que se encontram em movimento, seja quando eles estão imersos em água, seja quando estão no ar, que giram na presença de uma força de direção perpendicular do eixo de rotação de um cilindro ou esfera como no da própria corrente.

O artigo tem como objetivo evidenciar pedagogicamente a compreensão do efeito Magnus presente na prática esportiva do futebol, como um elemento de explicação para um melhor entendimento dos conceitos de física, bem como estudar e conhecer as forças aerodinâmicas que atuam em uma bola de futebol, tais como: camada limite, força e crise de arrasto. A proposta destaca a importância de identificar práticas esportivas associáveis ao assunto abordado, percebendo que a física está presente no cotidiano dos equipamentos e procedimentos esportivos tecnológicos, que podem ser articulados com outras áreas do conhecimento, utilizando *softwares*, animações, simulações, situações de caráter esportivos para traduzir a linguagem física na análise e discussão do efeito Magnus.

Esse artigo é dividido em introdução, já apresentada, seguida das discussões sobre o efeito Magnus no futebol. Na sequência, serão apresentadas as influências do efeito Magnus em lances futebolísticos.

2. O futebol e o efeito Magnus

O futebol é um esporte muito praticado no Brasil, seja como forma de lazer ou a nível profissional, com possibilidades pedagógicas ainda pouco exploradas que podem ser aplicadas e vistas em lances e jogadas vivenciadas nas partidas de futebol. Portanto, o trabalho desenvolvido mostra alguns exemplos de jogadas em que as forças aerodinâmicas atuam sobre uma bola de futebol, como na Fig. 1.

A Fig. 1 mostra as possíveis forças que podem atuar em uma bola de futebol, tais como a Força de Arrasto e a Força Magnus. É possível visualizar na Fig. 1 que a Força Magnus é perpendicular ao movimento da bola e perpendicular à Força de arrasto. Almeida e Silva [3] explicam que “por ser uma força que irá apontar para o centro de uma trajetória curvilínea, tal força pode ser encarada como uma força centrípeta cujas direção e sentido apontam para o centro da trajetória” [3, p. 3505-5].

O efeito Magnus é um fenômeno hidrodinâmico em que a trajetória de um objeto em um fluido é alterada pela sua rotação. Um exemplo desse fenômeno pode ser visto quando um jogador de futebol chuta uma bola em direção ao gol, em que a bola faz uma curva no ar. Isso acontece porque, ao ser chutada de determinada maneira, a bola desloca-se em giros em torno do seu próprio eixo.

Tanto Ramalho, Ferraro e Soares [4, p. 416] quanto Duarte, Andrade e Gleider [5, p. 139], indicam que, nesses casos, “aparece uma força resultante, de modo que a trajetória da bola é diferente daquela que seria descrita se ela não tivesse rotação”. Esse é o efeito Magnus. Esse movimento rotatório é parecido com o que acontece na asa de um avião, para garantir sua sustentação (força para cima – *upforce*); no contato constante do carro de Fórmula 1, entre os pneus e o solo, pressionando o carro contra a pista (força para baixo – *downforce*); na propulsão de meios de transportes aquáticos, dentre outras situações.

O que ocorre nessas situações pode ser explicado pela lei fundamental da hidrodinâmica ou princípio de Bernoulli, o qual afirma que, em diferentes pontos de uma corrente uniforme, se o fluido movimentar-se com velocidades diferentes, nos pontos de maior velocidade observa-se menor pressão e nos pontos de menor velocidade observa-se maior pressão [3, 4]. Portanto, o resultado é uma força de empuxo ou de arrasto que desvia o percurso da bola. Por isso, quando assistimos uma partida de futebol ou outro esporte qualquer, observamos curvas inesperadas que as bolas fazem quando estão em movimento.

Contudo, não são em todos os chutes que podemos ver o efeito Magnus, pois esse efeito “só existe porque a bola em movimento interage com o ar, dando surgi-

O efeito Magnus é um fenômeno hidrodinâmico em que a trajetória de um objeto em um fluido é alterada pela sua rotação

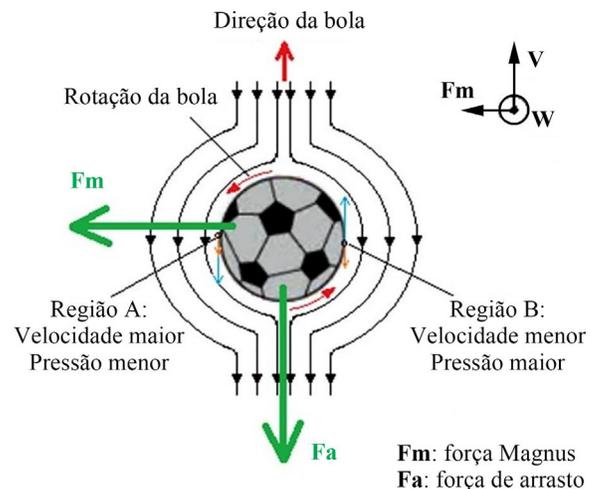


Figura 1 - Efeito Magnus em uma bola de futebol. Fonte: Ref. [3].

mento às forças que mudam o movimento da bola” [6, p. 116].

O trabalho sobre a física do futebol relacionado ao efeito Magnus inicia quando a bola é colocada no centro de campo, quando ela entra em movimento a partir do momento que um jogador chuta a bola e passa para outro companheiro da mesma equipe ou para frente. Na próxima seção, apresentaremos alguns lances futebolísticos famosos, relacionando-os ao efeito Magnus.

3. Analisando a influência do efeito Magnus em lances futebolísticos

Ao assistir diferentes campeonatos de futebol é possível observar jogadas fantásticas, dribles mirabolantes e defesas maravilhosas. Todos estes movimentos sofrem influências de diferentes tipos de forças, tais como: a resistência do ar sobre a trajetória da bola, ocasionando a camada limite; o fenômeno da força e da crise de arrasto, causando uma interação do movimento, possibilitando o efeito da bola, mais conhecido como efeito Magnus.

Alguns desses lances entraram para a história, como, por exemplo, o chute de Didi que ficou conhecido como “folha seca”. Em um jogo entre Brasil e Peru, Didi chutou a bola com o lado de fora do pé, atingindo-a de lado e fazendo com que ela realizasse uma incrível curva: ela subiu, passou por cima da barreira, que estava a uns dez metros de distância do gol e, se ela continuasse seu trajeto em linha reta, iria para fora do gol, mas, de repente, a bola fez uma curva no ar, enganando o goleiro peruano e caindo como se fosse uma folha seca dentro do gol, aos vinte e sete minutos do segundo tempo.

Outro exemplo aconteceu no chute de Ronaldo Gaúcho, na copa do mundo de 2002, em que o goleiro francês David Seaman pensava ser um cruzamento comum naquela região do campo, quando percebeu que a bola fazia uma curva, indo direto ao encontro do gol.

Analisemos um gol de falta, feito pelo jogador Roberto Carlos durante o torneio da França, no jogo de 1997 entre Brasil e França. Ao ser autorizada a cobrança, Roberto Carlos bateu na bola com a perna esquerda, mas a bola dirigiu-se para fora do campo pelo lado direito da barreira, até que, inesperadamente, a bola fez uma curva que todos achavam impossível, bateu na trave, deslizou e entrou (Fig. 2).

Esse lance, do chute do Roberto Carlos (Fig. 2), repercutiu num debate

Explicações revelam que, para se fazer uma curva da bola com o chute, basta usar o dorso interno ou externo do pé

sobre futebol e o efeito Magnus, pois surgiram alguns questionamentos de que as leis da física não permitiam tal curvatura do trajeto da bola, contudo, estes questionamentos são equivocados. A física não só permite, mas também explica o fato que aconteceu nessa partida de futebol.

Fato semelhante pode ser observado nos “gols sem ângulos”, que acontecem nos cruzamentos e escanteios, também conhecidos como gol olímpico. Nos jogos olímpicos de 1924 foi documentado, pela primeira vez, esse tipo de gol, pela seleção uruguaia. A bola sofreu uma diferença de velocidade devida à resistência do ar em dois pontos do diâmetro localizado na bola, em que a força Magnus induz a trajetória curvilínea, provocando o gol. Os gols olímpicos são mais fáceis de serem feitos no período do inverno devido ao ar ser mais denso, pois há uma maior concentração de vapor d' água. Pela mesma razão, é mais fácil marcar um gol de falta ou fazer uma cesta no basquetebol em lugares em que se encontram ao nível do mar.

Explicações revelam que, para se fazer uma curva da bola com o chute, basta usar o dorso interno ou externo do pé, se a curva for para a esquerda, usa-se o pé direito tocando no lado direito da bola e com a parte interna do dorso do pé; se for com o esquerdo a ação é contrária. Vejamos a representação de como uma bola chutada por um jogador de futebol sofre influências do efeito Magnus quando chutada no sentido horário (Fig. 3).

Na Fig. 3 é possível observar que V é a velocidade do ar acontecendo na parte superior da bola, e F é a força do chute. Verifica-se, pela Fig. 3, uma maior velocidade na parte de baixo, com menor pressão, pois as

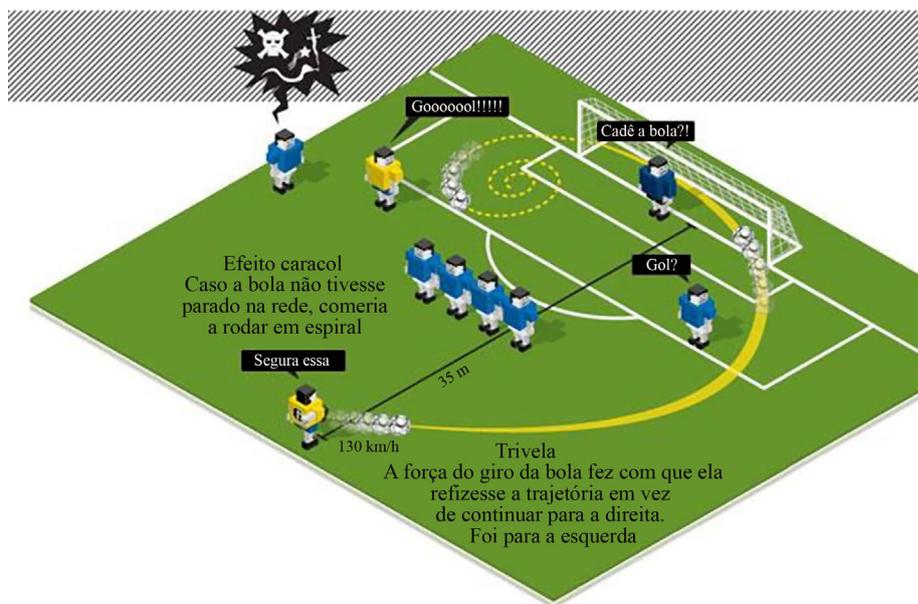


Figura 2 - Chute de Roberto Carlos no jogo entre Brasil e França, 1997. Fonte: Ref. [6].

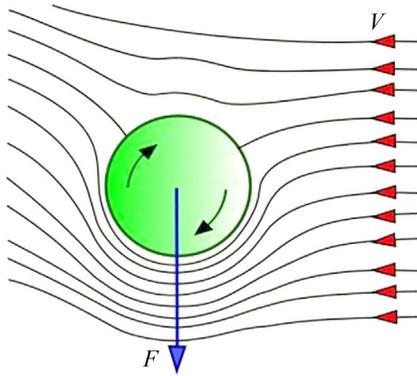


Figura 3 - Bola chutada sobre o efeito Magnus no sentido horário. Fonte: Ref. [7].

linhas de correntes de ar estão mais próximas da bola, enquanto na parte de cima as correntes de ar encontram-se mais afastadas da bola, logo, com uma menor velocidade agindo, há maior pressão. Devido a essa diferença de velocidade e pressão, a bola é empurrada para o lado direito ou esquerdo, ocasionando o encur-

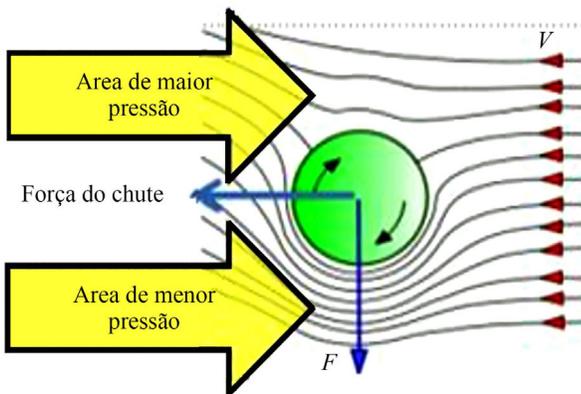


Figura 4 - Diferença de velocidade e pressão na bola sobre o efeito Magnus no sentido horário. Fonte: Ref. [8].

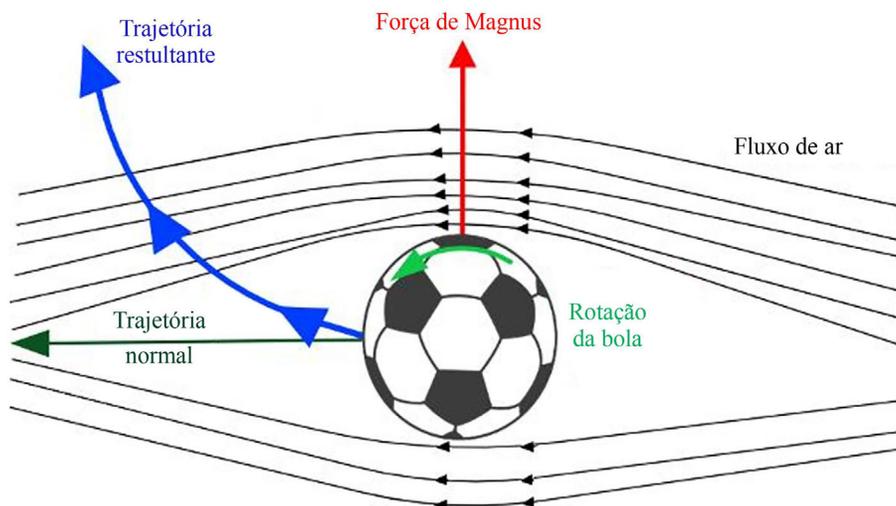


Figura 5 - Bola chutada sobre o efeito Magnus no sentido anti-horário. Fonte: Ref. [9].

vamento da bola, acontecendo o efeito Magnus e influenciando sua trajetória, fato que acontece com mais frequência em bolas mais leves de superfície lisas do que nas ásperas.

Contudo, nesse fato existem outras causas que estão envolvidas no efeito Magnus, tais como a camada limite e a força de arrasto da bola, ocorrendo a crise de arrasto. A bola, chutada na parte de cima ou de baixo, na lateral direita ou esquerda, pode fazer curvas inesperadas, ou seja, além do movimento de translação que está sendo imposto nela, indo para uma certa direção qualquer, ela apresenta, também, o movimento de rotação, girando em torno de seu próprio eixo, podendo acontecer no sentido horário ou anti-horário.

Na Fig. 4 observa-se com maior clareza essa explicação, possibilitando uma maior compreensão do fato em questão: quando a área de maior pressão é em cima, a velocidade é menor, enquanto a área de menor pressão é em baixo a velocidade é maior, pois a rotação é horária.

Quando a rotação é anti-horária, a relação entre velocidade e pressão acontece no sentido inverso ao mostrado na Fig. 4, com a rotação anti-horária, uma camada de ar presa à superfície da bola faz giros com ela, surgindo, perpendicular à trajetória normal da bola, uma força de empuxo - em vermelho na Fig. 5 - que desvia a trajetória da bola, indicada pela trajetória resultante na Fig. 5.

Compreender as forças que agem sobre os corpos, em situações esportivas, pode ajudar a perceber a física mais presente em situações cotidianas. Grande parte dos alunos do Ensino Médio, de escolas públicas e particulares, veem a física como uma disciplina de difícil compreensão. Isso pode acontecer devido ao fato de não relacionarem o que foi visto habitualmente na vida diária com os conceitos físicos, confundindo-os com os conteúdos de matemática, quase sempre desconhecidos por eles.

Nesse sentido, defendemos a importância de estimular o imaginário, o interesse pela procura de significados para aprender conceitos formais das ciências na vida pessoal, social e profissional do aluno, potencializando o ensino e a aprendizagem na disciplina de física. Na próxima seção, apresentamos os procedimentos metodológicos desta investigação.

4. Procedimentos metodológicos da investigação

Essa pesquisa caracteriza-se, segundo Gil [10], como descritiva, em formato de estudo de caso. Ela foi realizada junto a uma turma de vinte e seis alunos do 3º ano do Ensino Médio na Escola Municipal de Ensino Fundamental Raul Barbosa, situada na comunidade de Itapeim, anexo da Escola Ana Facó, localizado no município de Beberibe/CE. A escolha da escola e da turma aconteceu por interesse e disponibilidade de realizar a pesquisa.

O trabalho compreendeu dois momentos. No primeiro momento, o professor explanou a pesquisa que realizou sobre o futebol e o “efeito Magnus”. Nessa etapa, a finalidade era colher o máximo de informações dos alunos sem dar nenhuma explicação a respeito do estudo que foi desenvolvido. Para isso, foi entregue um questionário com perguntas subjetivas, com o objetivo de fazer um diagnóstico dos conhecimentos prévios dos estudantes.

No segundo momento, o professor fez uma apresentação de slide sobre o tema, explicando o efeito Magnus, mostrando, ainda, um vídeo³ em que o fenômeno poderia ser visto na prática do dia a dia. Também fez uma pequena demonstração experimental sobre o efeito Magnus, baseado no princípio de Bernoulli. O experimento consiste em pegar uma folha de papel ofício e, de posse dela, segurá-la no formato “paisagem” com os dedos polegar e indicador em suas extremidades e, próxima aos lábios, soprar na parte superior dela, fazendo, assim, com que ela se erga (Fig. 6).

Feito o experimento, foi explicado que, devido aos diferentes pontos de uma corrente uniforme em que o fluido se movimenta com velocidades diferentes, nos pontos de maior velocidade observa-se a menor pres-

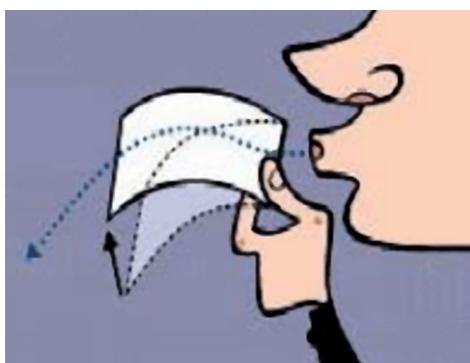


Figura 6 - Experimento com folha de papel – princípio de Bernoulli. Fonte: Ref. [11].

são e, nos pontos de menor velocidade, observa-se maior pressão. Por isso, quando se sopra na parte de cima da folha, ela se ergue, pois ali passa uma velocidade maior, logo, existe uma menor pressão, enquanto na parte de baixo da folha corre uma menor velocidade e uma maior pressão. Essa diferença de pressão produz uma força ascendente que levanta a folha de papel.

Após as discussões e demonstrações, foi aplicado um questionário para verificar se os conceitos físicos explorados foram assimilados. Chamamos esse questionário de pós-testes e, a seguir, faremos um comparativo com o teste diagnóstico (pré-teste).

5. Resultados e discussão de dados

O questionário da primeira etapa, aplicado aos estudantes, tinha sete perguntas, a saber:

- 1- Você gosta de futebol?
- 2- Você gosta de praticar futebol?
- 3- Você gosta de assistir futebol televisionado e/ou vai nos estádios?
- 4- Você acha que a física está presente no futebol?
- 5- Existe algum fenômeno no futebol que a física possa explicar?
- 6- Você já ouviu falar do efeito Magnus e sabe o que ele vem a ser?
- 7- Você acha que o efeito Magnus é um fenômeno que acontece em outras situações do cotidiano?

Verificou-se uma maior desenvoltura para responder aos questionamentos sobre futebol, contudo, em relação ao efeito Magnus, mostrou-se uma deficiência sobre o assunto (Fig. 7).

Na primeira questão, por exemplo, 65% dos alunos responderam que gostam de futebol, justificando que o esporte já se tornou uma paixão brasileira, enquanto 35% falaram que não gostam do esporte, por considerar um esporte masculino e que não faz o estilo deles. Estes resultados mostram que, apesar do futebol ter ganhado espaço entre o público feminino, ainda há pessoas que consideram uma prática masculina.

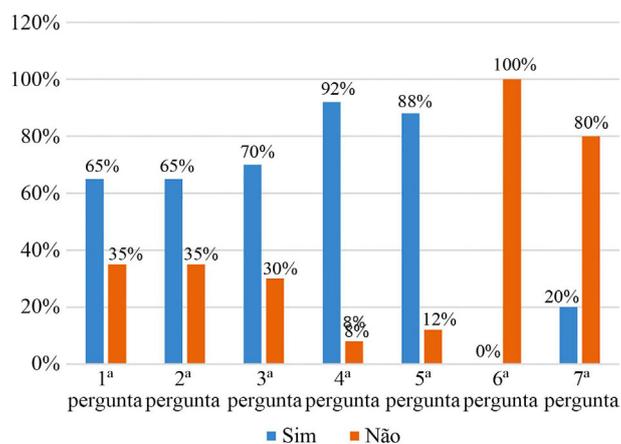


Figura 7 - Primeiro momento da pesquisa.

Fato semelhante foi observado na resposta da segunda questão, com 65% dos alunos justificando que praticam futebol por ser uma diversão, um lazer, uma distração, uma forma de exercitar o corpo, fazendo bem para a saúde. Os 35% dos estudantes restantes afirmaram que não praticavam futebol, por apresentarem algum tipo de problema de saúde, não ver sentido em correr atrás de uma bola, considerando-o um esporte que deve ser praticado apenas por aqueles que sabem jogar futebol.

Na terceira questão, a porcentagem foi de 70% para os discentes que afirmaram que assistem jogos televisionados e/ou vão aos estádios de futebol, porque eles acham ser mais interativos; os demais estudantes, 30%, não assistem jogos televisionados e/ou não vão aos estádios.

Na quarta questão houve uma predominância de 92% dos alunos afirmando que, apesar do pouco conhecimento, a física está presente em nossas vidas, principalmente no futebol. Apenas 8% acharam que a física não está presente no futebol. Esses resultados são importantes, pois indicam que a maioria dos estudantes percebem que a física está presente no cotidiano, podendo explicar diferentes fenômenos. Além disso, possibilita ao professor saber as concepções iniciais dos estudantes.

Para 88% dos estudantes, a física também está presente nas jogadas de futebol, porém, estes alunos não souberam explicar corretamente ou exemplificar os fenômenos, citando, aleatoriamente, a velocidade, a curva e/ou o desvio da bola. Já 12% dos alunos falaram que não existe nenhum fenômeno físico que possa ser utilizado para explicar o futebol.

Verificamos que 100% dos alunos nunca ouviram falar do efeito Magnus (6ª questão). Talvez, pelo fato de não conhecerem o efeito Magnus. Na sétima questão, 80% dos alunos falaram que não sabiam de outras situações no cotidiano em que o efeito Magnus poderia estar presente. Apenas 20% dos alunos afirmaram que existe o efeito Magnus em situação cotidiana, mas não souberam explicar e nem exemplificar possíveis situações. Isso nos leva a entender que os estudantes desconheciam o efeito Magnus de uma forma geral.

Considerando a avaliação diagnóstica aqui apresentada e discutida, foram realizados experimentos e discussões durante as aulas de física, com o objetivo de apresentar situações e conceitos envolvidos no efeito Magnus, conforme detalhado nos procedimentos metodológicos. A partir destas discussões, verificamos, na segunda etapa da pesquisa, que os alunos assimilaram o conhecimento diante das explicações dadas. Essa constatação foi obtida a partir de questionário para avaliar os conhecimentos desenvolvidos. As perguntas para essa fase foram as seguintes:

Consideramos promissora a experiência realizada com o grupo de estudantes, tendo em vista que repercutiu positivamente na compreensão conceitual do fenômeno

8- A física está presente no futebol?

9- Você sabe o que é o efeito Magnus?

10- No dia a dia existe outros exemplos sobre o efeito Magnus?

Voltamos a questionar sobre a física presente no futebol (ver 8ª questão), obtendo resultado positivo de 99% dos alunos, enquanto 1% respondeu negativamente. A falta de unanimidade das respostas pode ter acontecido pela falta de compreensão ou até pela falta de participação sobre o assunto abordado. Fato similar aconteceu na resposta da 9ª e 10ª questão (Fig. 8).

Na nona questão, 99% dos alunos também responderam “sim”, demonstrando que compreenderam o que é o efeito Magnus, entendendo sobre suas características, como a aerodinâmica da bola quando entra em contato com o ar, fato que foi explicado pelo professor. Isso foi evidenciado pelos comentários dos alunos, que exemplificaram algumas jogadas de futebol ao efeito Magnus, fato que não pôde ter sido feito na avaliação diagnóstica, devido à falta de conhecimento destes alunos sobre o assunto.

Na décima questão, novamente, 99% dos alunos responderam que existem outras situações, além das futebolísticas, que o efeito Magnus está presente. Verificamos a presença de exemplos, tais como com a folha de papel, no voo do avião, dentre outros.

Consideramos promissora a experiência realizada com o grupo de estudantes, tendo em vista que repercutiu positivamente na compreensão conceitual e na participação dos estudantes. A seguir, apresenta-se as considerações finais.

6. Considerações finais

Apesar da disciplina de física ser temida por uma grande parcela dos alunos, ela tem sua importância para a compreensão de fenômenos de diferentes naturezas, seja na medicina, na construção civil, nas tele-

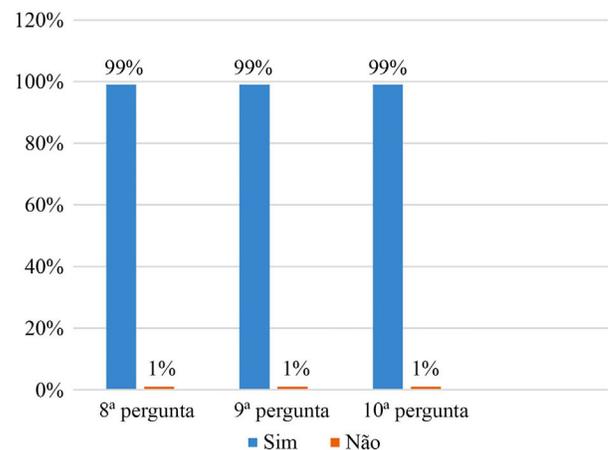


Figura 8 - Segundo momento da pesquisa.

comunicações, na meteorologia, na astronomia, dentre outras áreas afins. Portanto, os professores, assim como os recursos didáticos utilizados, como o livro didático, deveriam, antes do tratamento matemático, desenvolver a compreensão qualitativa dos fenômenos físicos, utilizando linguagens simples, buscando contextualizar os textos das obras didáticas. O interesse dos estudantes em compreender os fenômenos físicos pode ajudar no engajamento e, conseqüentemente, no desenvolvimento conceitual.

Em relação ao efeito Magnus no futebol, notamos que a maioria dos alunos envolvidos no estudo da pesquisa tinha uma afinidade pelo futebol, mas não sabiam que a curva feita por uma bola, a partir de um chute, poderia ser explicada pela física e que era cha-

mada de efeito Magnus. Mesmo os estudantes que não tinham afinidade e interesse pelo futebol mostraram-se interessados em entender as forças físicas envolvidas no efeito Magnus.

Nesse sentido, ressaltamos a importância das aulas de física serem contextualizadas, como forma dos estudantes entenderem a aplicação dos fenômenos estudados. Para isso, é preciso romper com o modelo tradicional de ensino e inserir situações práticas e experimentais, assim como usar outros materiais que vão além do livro didático.

Recebido em: 2 de Janeiro de 2022

Aceito em: 25 de Janeiro de 2022

Notas

¹Waldir Pereira foi um futebolista brasileiro que atuava como meia e jogou três Copas do Mundo pelo Brasil.

²É o tipo de gol caracterizado pela mínima possibilidade de ser realizado pela falta de visão do jogador em realiza-lo numa partida de futebol.

Referências

- [1] J.F.M. Borges, *Física do Cotidiano* (Livraria da Física, São Paulo, 2015), 2ª ed.
- [2] Brasil, Ministério da Educação, *Base Nacional Comum Curricular* (Mec/Semtec, Brasília, 2018).
- [3] B.S.G. Almeida, R.C. Silva, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **37**, 3505 (2015).
- [4] F. Ramalho Júnior, N.G. Ferraro, P.A.T. Soares, *Os Fundamentos da Física* (Moderna, São Paulo, 2003), 8ª ed., 446 p.
- [5] M. Duarte, E. Okun, E.G. Andrade, M. Gleiser, *A Física do Futebol: Mecânica* (Oficina de Texto, São Paulo, 2012), 139 p.
- [6] *Revista Galileu*, *Chute de Roberto Carlos Vira Teoria*, disponível em <https://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,ERT173708-17933,00.html>, acessado em 18/12/2021.
- [7] Blog ARCosta, *O Efeito Magnus*, disponível em www.blogarcosta.blogspot.com.br/2009/04/o-efeito-magnus.html, acessado em 18/12/2021.
- [8] Blog Estado Quântico, *Efeito Magnus*, disponível em www.estadoquântico.blogspot.com/2011/01/efeito-magnus.html, acessado em 15/12/2021.
- [9] Blog Os Fundamentos da Física. Efeito Magnus, disponível em www.osfundamentosdafisica.blogspot.com/2010/06/bola-desloca-se-da-direita-para.html, acessado em 15/12/2021.
- [10] A.C. Gil, *Como Elaborar Projetos de Pesquisa* (Atlas, São Paulo, 2010), 5ª. ed.
- [11] Blog Experimentos Escolares de Física, *Papel Atraído por Aire*, disponível em www.experimentofisicaescolar.blogspot.com/2014/01/papel-atraido-por-aire.html, acessado em 26/12/2021.