



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL/CAPES
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA
MODALIDADE A DISTÂNCIA**

ANA PAULA COSTA DO NASCIMENTO

**O ESTADO DA QUESTÃO SOBRE A FÍSICA APLICADA AO FUTEBOL: O
EFEITO MAGNUS**

BURITI DOS LOPES

2023

ANA PAULA COSTA DO NASCIMENTO

O ESTADO DA QUESTÃO SOBRE A FÍSICA APLICADA AO FUTEBOL: O EFEITO
MAGNUS

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus Teresina Central*.

Orientador(a): Prof(a). Me. Wilton de Carvalho Lopes.

BURITI DOS LOPES

2023

O ESTADO DA QUESTÃO SOBRE A FÍSICA APLICADA AO FUTEBOL: O EFEITO

MAGNUS

Ana Paula Costa do Nascimento¹

Wilton de Carvalho Lopes²

RESUMO

O ensino de Física na atualidade passa por grandes desafios, principalmente no que se refere à baixa motivação e ao fraco desempenho dos alunos. Embora essa ciência explique um grande número de fenômenos naturais perceptíveis pelo homem em seu cotidiano, se for estudada apenas com base na abstração e na materialização, acaba por não despertar o interesse dos alunos. Uma das maneiras de se fazer, no ensino de Física é tomar situações que ocorrem nas práticas esportivas como exemplos reais que podem ser compreendidos com o auxílio de conceitos científicos. O futebol é visto como o esporte mais popular do mundo, com aplicações práticas evidentes e de grande potencial, e pode dar uma motivação especial ao aprendizado de muitos tópicos da Física. Portanto, o presente trabalho irá mostrar através de uma revisão de literatura as produções e discussões da comunidade científica brasileira sobre o estado em questão da Física aplicada ao futebol: o efeito Magnus, como subsídio do processo de delineamento de uma pesquisa e ao mesmo tempo possibilitará ao estudante/pesquisador habilidades para identificar e definir seus referenciais e categorias, as quais se tornam indispensáveis no processo de análise das informações e na fundamentação teórica.

Palavras-chave: física aplicada ao futebol; ensino de física; efeitos da bola de futebol; efeito Magnus.

ABSTRACT

The teaching of Physics nowadays faces great challenges, mainly with regard to low motivation and poor student performance. Although this science explains a large number of natural phenomena perceptible by man in his daily life, if it is studied only based on abstraction and materialization, it ends up not arousing the interest of students. One of the ways to do this in physics teaching is to take situations that occur in sports practices as real examples that can be understood with the help of scientific concepts. Football is seen as the most popular sport in the world, with obvious practical applications and great potential, and can give a special motivation to learn many physics topics. Therefore, the present work will show, through a literature review, the productions and discussions of the Brazilian scientific community about the state in question of physics applied to soccer: the Magnus effect, as a subsidy of the research design process and at the same time will enable to the student/researcher skills to identify and define their references and categories, which become indispensable in the process of analyzing information and theoretical foundation.

Keywords: physics applied to soccer; physics teaching; soccer ball effects; Magnus effect

Data de aprovação: 06 /05/2023

¹ Graduanda do Curso de Licenciatura em Física, Instituto Federal do Piauí/Universidade Aberta do Brasil, Polo Buriti dos Lopes- PI. paulinhaven@hotmail.com. Campus/Teresina Central.

² Prof. Esp. Me. Doutorando em Ciências dos Materiais, pela Universidade Federal do Piauí. Professor no Instituto Federal do Piauí/campus Pedro II -PI wcarvalholopes@ifpi.edu.br. Campus-Teresina Central.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física na atualidade passa por grandes desafios, principalmente no que se refere à baixa motivação e ao fraco desempenho dos alunos. Embora essa ciência explique um grande número de fenômenos naturais perceptíveis pelo homem em seu cotidiano, se for estudada apenas com base na abstração e na materialização, acaba por não despertar o interesse dos alunos (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007). Para Freire (1987), o ensino não deve ser baseado na transmissão unidirecional de conhecimentos por parte do professor, isto é, de forma bancária, mas necessita do diálogo constante entre educadores e educandos.

Uma das maneiras de se fazer, no ensino de Física é tomar situações que ocorrem nas práticas esportivas como exemplos reais que podem ser compreendidos com o auxílio de conceitos científicos. Embora não defendam a aquisição de conhecimento como relevante apenas quando ele é aplicável, os autores afirmam que não há desvantagens em tal aplicabilidade. Além disso, Júdice e Veloso Júnior (2002) apontam três justificativas acerca da relevância do trabalho: a motivação que propiciaria aos estudantes, a contextualização do ensino e a inovação metodológica.

A disciplina de física trabalha com idealizações que muitas vezes não são tão discutidas quanto deveriam e, possivelmente, por isso nas aulas há um distanciamento do contexto do discente: no mundo real não vemos partículas, não conseguimos observar um objeto se movimentando sem a presença do ar e também todos corpos que conhecemos tem massa, além de realizarem movimentos nada comportados como aqueles que calculamos tradicionalmente.

Portanto, na Física descrito por Galileo, o princípio da relatividade do movimento, está relacionado ao referencial, ou seja, o espaço é relativo. À medida que o movimento de um corpo depende de um referencial, todavia não há movimento ou repouso absoluto. As forças fluidodinâmicas, como o nome indica, surgem quando um objeto se movimenta em relação ao fluido em que está imerso. Se estas forças forem significativas, como pretendemos mostrar no caso da bola de futebol, irão influenciar de maneira determinante o movimento deste corpo, chamaremos de forças aerodinâmicas, quando este fluido for o ar (RUBINI, 2003).

O futebol é visto como o esporte mais popular do mundo, com aplicações práticas evidentes e de grande potencial, e pode dar uma motivação especial ao aprendizado de muitos tópicos da física. Além disso, é um esporte coletivo marcado por inúmeras ações e alta intensidade por breves períodos de recuperação, realizado por em um período mínimo de tempo de 90 minutos. Em 2006, segundo o FIFA Big Count, são 270 milhões de praticantes de futebol distribuídos pelo mundo (FIFA, 2006). É um esporte praticado por milhões de pessoas e

prestigiado pela assistência também de milhões de pessoas que acompanham os campeonatos como torcedores e expectadores.

Portanto, a peça central do jogo de futebol é a bola, e a sua trajetória de voo é influenciada por suas características aerodinâmicas. Dependendo do comportamento aerodinâmico, a bola pode ser desviada da trajetória de voo prevista, resultando em uma trajetória de voo imprevisível, (ALAM *et al* 2015). Com relação a essa trajetória, estamos falando do efeito Magnus, que se faz de uma força derivada da rotação de um objeto esférico ou cilíndrico enquanto este se desloca num fluido. Um dos fundamentos é o princípio de Bernoulli que descreve o comportamento de um fluido a partir de princípios de conservação de energia. Este princípio indica que, quando a velocidade de um fluido aumenta, a sua pressão diminui, e vice-versa. Estas diferenças de pressão, que se querem igualar, geram uma força vertical no cilindro, no sentido da baixa pressão; esta força, no entanto, também se deve em parte à Terceira Lei de Newton, que afirma que para cada ação (força) na natureza há uma reação igual e oposta. Neste caso, a ação que cria a reação/força Magnus, é a separação tardia do fluido da superfície do cilindro que cria um fluxo descendente.

Por se tratar de um dos esportes mais populares do mundo, o futebol foi escolhido para ser estudado e analisado neste artigo, com o objetivo de mostrar a física aplicada ao futebol, uma prática prazerosa para quem joga e para quem assiste, apresentando os efeitos físicos a que a bola está sujeita durante o jogo, e será apresentada por meio de uma revisão de literatura onde busquei por artigos científicos que procuraram descrever comentários e/ou sugerir atividades que abordam possíveis aspectos da relação entre a física e o futebol, bem como os efeitos na bola de futebol, buscando também, auxiliar pesquisas futuras com o entendimento e a compreensão sobre a existência de conceitos básicos, além de mostrar o Efeito Magnus, que tende a ocorrer na presença de uma coluna de ar, é responsável pela curva que a bola sofre ao longo de sua trajetória e depende da velocidade com que a bola gira em torno do seu próprio eixo e das rugosidades da superfície do objeto em questão.

Sendo assim, a organização da escrita ocorrerá, por meio de um percurso metodológico realizado e posteriormente, será traçado a análise dos artigos emergentes, quais foram os movimentos realizados e o que me levou a discutir sobre os aspectos encontrados. Finalizarei com a discussão das categorias finais, explicitando o que se mostrou sobre a referida temática e as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ensino tradicional, centrado no professor, com o conteúdo exposto no quadro ou seguindo rigidamente um livro texto com foco na resolução de exercícios, na maioria das vezes não abordando os fenômenos físicos, pode tornar a aula pouco contextualizada e consequentemente levar a uma falta de motivação por parte dos alunos, podendo com isso aumentar os níveis de reprovações. Para Freire (1987), no método tradicional de ensino, os alunos são passivos e recebem os conteúdos prontos e acabados, e a aprendizagem é medida pela memorização e não há dialogicidade entre professor e aluno.

Portanto, a Física está presente em todas as atividades humanas, no nosso cotidiano, além de fazer parte da natureza. Nos esportes, em geral, também encontramos associações de movimentos explicados pela Física. Um dos principais esportes brasileiros é o futebol, cujos jogadores utilizam, sem muitas vezes perceber, os conhecimentos físicos para realizar grandes jogadas. Pois o simples fato de caminharmos já é considerado um fenômeno físico que envolve diversas leis e movimentos.

2.1 A HISTÓRIA DO FUTEBOL

Muitos historiadores descobriram vestígios de vários jogos que utilizavam a bola como objeto de jogo, em culturas antigas como na China, Itália, Egito e Japão, embora não se tenha muita certeza sobre os primórdios do futebol. Nesse período não havia a bola que conhecemos atualmente, por esse motivo os objetos utilizados como bola era, na maioria das vezes, feito de pedras, madeira, crânios de animais ou de inimigos vencidos em alguma batalha.

Os jogos de bola com os pés que antecederam o futebol atual cobriram um período de muitos séculos e podem ser divididos em cinco fases principais: a primeira é a fase das origens aos vários tipos rudimentares de futebol praticados na antiguidade por povos da Ásia, América pré-colombiana e Europa; a segunda compreende a Idade Média e Renascença, em que antecedentes mais próximos do futebol atual se desenvolveram na Inglaterra, França e Itália, no séc. XVII; a terceira marca um longo período de transição, até o esporte ser introduzido nas escolas públicas inglesas do séc. XVII e XIX; a quarta assinala o nascimento do futebol moderno, numa taberna londrina, a 26 de outubro de 1863; e a quinta vem com a internacionalização do esporte até os dias de hoje (SOUTO, 2014).

Na Idade Média esses instrumentos foram substituídos por bexiga de animais que eram empalhadas, (DUARTE e OKUNO, 2012). Para os autores, as primeiras manifestações do chamado *football* (do inglês *foot*, pé; *ball*, bola) surgiram entre 2500 a 3.000 a.C na China, onde

chamavam *Tsu Chu*, que significa literalmente chutar com pé (*Tsu*) a bola (*Chu*). Para Verminnem, (2013), na Roma foi destacada a chamada *harpastum*, juntamente com diversas modalidades esportivas com bola no continente europeu, como o *soule*, o *calcio fiorentino* e o “futebol medieval”, nome que servia de sinônimo para qualquer jogo que vilas inglesas praticavam carregando ou chutando uma bola.

Mesmo não considerando certas teorias antropológicas desprovidas de fundamento científico, segundo as quais um futebol incipiente teria sido praticado já na pré-história, Souto (2014) afirma que o homem se sentiu atraído a brincar com objetos esféricos em épocas remotas, desenvolvendo jogos que podem ser considerados precursores do futebol atual. Achados arqueológicos permitem dizer que um jogo de bola praticado com o pé, já era conhecido no Egito e na Babilônia há mais de XXX séculos. Segundo o mesmo autor, tal jogo tinha caráter religioso onde a bola simbolizava o sol para os egípcios, a lua, para os babilônios, ou ainda maus espíritos que os jovens, em certas festividades, procuravam afugentar golpeando com os pés uma bexiga de boi inflada de ar, para os povos asiáticos (SOUTO, 2014).

Em 29 de outubro de 1863, o futebol foi regulamentado e surgiram as primeiras 9 regras. O sistema utilizado era o 1x1x8. Assim, um zagueiro e um meio campista, com obrigações defensivas, e no ataque 08 jogadores. (MELO, 2000; FRISSELLI, 1999; LEAL, 2001; DRUBSKY, 2003; CRIVELLENTI, 2005; BARBIERI, 2009). Essas regras, bem como a determinação da quantidade de jogadores, surgiram para que o futebol fosse disciplinado e, sobretudo, diferenciado de outras modalidades que nasciam e também fazia uso dos pés como caracterização de esporte (DRUBSKY, 2003). Não existia uma estratégia, de modo que todos atacavam e defendiam, contudo o número de 11 jogadores usado atualmente foi utilizado pela primeira vez em 1860, na Inglaterra. Naquela época o futebol ainda não possuía regras definidas e durante sua partida era bastante confundido com as regras do “Rugby” (FRISSELLI, 1999).

2.2 A HISTÓRIA DO FUTEBOL NO BRASIL

Os historiadores assinaram a introdução oficial do futebol no Brasil, em 1894. Porém é certo que muito antes disso o jogo tenha sido praticado no país, ainda que de forma improvisada. Para Azevedo, (2012) por volta de 1872 e 1873, um dos padres do colégio São Luís, em Itu SP, organizou partidas entre os seus alunos, segundo as regras então adotadas de Eton Inglaterra. Em 1874, marinheiros ingleses teriam jogado bola na praia de Glória, Rio de Janeiro, o mesmo acontecendo com tripulantes do navio *Criméia*, que o fizeram num capinzal próximo à rua Paissandu diante da residência da Princesa Isabel, já por volta de 1878.

Portanto, a história do futebol brasileiro começa no século XIX, oficialmente com a chegada das primeiras bolas e uniformes para sua prática, trazidos por Charles Miller, no ano de 1894. Neste ano Charles Miller, retornou ao Brasil, para trabalhar nas estradas de ferro, trazendo consigo bombas de ar, bolas, chuteiras, uniformes e livros contendo regras do jogo de futebol. Recebendo o título de “PAI DO FUTEBOL BRASILEIRO”, por ter organizado o primeiro jogo de futebol registrado no Brasil. Charles Miller então, foi o introdutor oficial do futebol no Brasil, nascido no bairro de São Brás, São Paulo, em 1874, de pai inglês e mãe brasileira morreu na mesma cidade em 1953 (COELHO, 2002).

Charles Miller, então de volta ao Brasil, não foi apenas o responsável pelo início da prática regular e organizada do futebol no país, mas foi também o primeiro a se destacar como jogador e a ganhar popularidade, pois jogou futebol até 1910 e foi árbitro até 1914. Além disso, no mesmo ano de 1894 foi aceito pelos historiadores como o início do futebol no Brasil, devido a chegada de Charles Miller em São Paulo, depois de fazer cursos em Southampton, Inglaterra, trazendo de lá duas bolas de couro e uniforme completo, material utilizado nos primeiros jogos que ele mesmo organizou em Várzea do Carmo, São Paulo entre ingleses e brasileiros da Companhia de Gás do London Bank e da São Paulo Railway (COELHO, 2002).

Portanto, o Futebol começou a ser visto com um olhar científico, onde começaram a fazer parte da comissão técnica: fisiologistas, fisioterapeutas, nutricionistas, médicos especializados e outros profissionais. Na década de 1970, a seleção brasileira foi considerada pela maioria o melhor time de todos os tempos, tanto porque uniram grandes craques que levaram o Brasil a vitória, quanto porque houve um grande planejamento dentro e fora de campo. Para Duarte e Okuno (2012), o Brasil hoje, tem uma estrutura de apoio aos atletas melhor até que a dos grandes clubes da Europa. O futebol começa a dar espaço para a ciência e começa a evoluir, melhorando técnicas, e o rendimento no campo, o marco do futebol científico, técnico, organizado, planejado e disciplinado. Daí em diante o futebol ganha a dimensão que se tem hoje, ser mundialmente popular.

Para Byington (2008), o futebol é tão forte quanto na nossa vida, como por exemplo:

“[...] O futebol é um jogo que emociona multidões, ocupando em nossa cultura a função de esporte nacional que nos levou já muitas vezes à consagração internacional. Espero que o estudo dos símbolos do futebol, que passarei a fazer, sirva não somente para abrir o caminho e ligar mais nossa consciência coletiva ao coração do nosso povo [...]”

Como podemos ver, a difusão do futebol pelo Brasil não se deu de um centro para sua periferia, mas de quase simultâneos focos disseminadores, ou seja, o futebol se difundiu no

nosso país de maneira regional. Com esta popularização propagada pelas várias regiões do país e sua difusão regional, o futebol começa a ser praticado pelas camadas mais baixas. Pois, a registro de um aumento no número de praticantes em campos improvisados que ladeavam as margens dos rios Pinheiro e Tietê, em São Paulo, dando origem ao futebol varzeano (realizado nas várzeas dos rios),(INCARBONE, p 98- 103, 1990).

No Brasil, o Futebol é capaz de arrastar multidões aos estádios por ser um o esporte com grande adesão e apelo popular. Associar aspectos da prática dos esportes aos respectivos conceitos físicos pode se tornar um caminho lúdico é útil não só para despertar o interesse pelo ensino da física, mas também para facilitar o aprendizado dessa disciplina. (ALMEIDA e SILVA, 2015). Para a maioria da população brasileira, o futebol é uma atividade de lazer. Muitos acompanham os campeonatos, discutem os lances e esperam o dia seguinte para brincar com seus colegas a respeito da vitória do seu time. Enfim, o futebol faz parte da vida de grande parcela da população. As crianças experimentam as primeiras emoções e o prazer desse jogo por meio da prática, seja ele jogado com bola, lata, descalço, sozinho ou em grupo.

2.3 A EVOLUÇÃO DA BOLA DE FUTEBOL

De acordo com a história das bolas de futebol, nos tempos antigos as bolas eram feitas de materiais sólidos, que pudessem ser chutados, como crânios, bexigas de animais, portavinho, madeira, couro preenchido de cabelo ou musgo e até mesmo pedras. Somente no início da Idade Média que foram inventadas as primeiras bolas que quicavam. A bola de futebol mais antiga, provavelmente, tem uns 450 anos e foi encontrada em 1999, escondida entre as vigas da cama da Rainha Mary Stuart, no Castelo de Sterling, na Escócia. (VELOSO, 2014).

As bolas eram feitas de bexigas de animais com revestimento de couro, porque rompiam muito rápido devido a violência com que o jogo era praticado. A partir de então começaram a revestir as bolas com couro, que é um material mais resistente. Mas somente a partir de 1960 foram substituídas por bexigas de borracha, como mostra na Figura 1, (VELOSO, 2014).



Figura 1. As bolas mais antigas até as mais atuais (VELOSO, 2014).

Desde a década de 1970, o design das bolas de futebol passou por uma série de mudanças tecnológicas utilizando novos projetos e processos de fabricação. Adidas, o fornecedor oficial de bolas de futebol para a FIFA aplicou colagem térmica substituindo a costura tradicional para fazer um design de superfície sem costura usando 8 painéis curvos em vez de 32 painéis em sua bola da Copa do Mundo da FIFA 2010, (ALAM *et al* 2015). A estrutura da superfície (textura, sulcos, sulcos, costuras, etc) da bola também foi alterado no processo.

Podemos observar de acordo com a figura 1, a evolução das bolas de futebol e quase todas são feitas de material sintético. As bolas têm várias camadas de material que são revestidos com uma cobertura à prova d'água. As camadas são cortadas em gomos de diversas formas geométricas como retângulos, pentágonos ou hexágonos, que são costurados para formar a bola.

A bola do jogo, geralmente de cor branca, deve medir entre 60 cm e 70 cm no comprimento de sua circunferência e seu peso deverá ser de 410 a 450 g e, atualmente, não é mais feita de couro, embora ainda seja encontrada com esse material. Há, aproximadamente, 10 anos, as fábricas de bolas de futebol passaram a fazê-la de um material chamado poliuretano. Esse material é uma espécie de plástico muito resistente e não se encharca, quando em contato com a água e também não deforma, embora seja menos resistente que o couro. O seu interior ainda contém uma câmara de ar, feita de borracha especial. Em todos os países que pratica o futebol, as bolas oficiais são feitas desse material, interna e externamente.

A bola de futebol fabricada no Brasil, era feita com 12 divisões até há pouco, o que chamados de gomos, mas estudos científicos provaram que ela tem melhor qualidade, quando fabricada com 32 partes, pois a deformação é mais difícil. Além disso ela não é mais feita de couro. A nova matéria prima (poliuretano) é mais resistente e ajuda a mantê-la no formato inicial. O couro, embora mais resistente que o poliuretano, encharca-se facilmente, ocorrendo a deformação.

Para o Futebol de Campo, que é praticado em gramado, existe uma maior exigência no desempenho e vigor físico de seus atletas, uma vez que, as dimensões do campo são maiores, correspondem à 120 metros de comprimento por 90 metros de largura. Suas dimensões mínimas aceitáveis são 90m por 45m, respectivamente (ALMEIDA; COUTO; DOS SANTOS LEITE, 2009).

2.4 EFEITO MAGNUS

A compreensão sobre as forças que atuam no comportamento da bola, está relacionada ao entendimento das forças que agem sobre ela e a veracidade de suas influências. Portanto, o ponto de partida para conhecermos a física que ocorre durante o chute na bola é explicado por, Asai (2002), assim, a bola está sujeita à ação da força gravitacional e das forças aerodinâmicas, com o contato após o pé do jogador.

Fox (*et al* 2014), está sujeito a um escoamento, qualquer corpo que gira em torno do seu centro, é afetado por uma força perpendicular à direção do movimento e ao eixo de rotação. Essa força conhecida como efeito Magnus, pelo efeito de desvio de trajetória do corpo, pode ser calculada pela seguinte equação,

$$F_m = \frac{1}{2} C_s \rho A V^2 \frac{\omega \times V}{|\omega \times V|}$$

onde ω é a velocidade angular, C_s , o coeficiente de sustentação - grandeza adimensional -, ρ , massa específica, A , a área característica e v , a velocidade. Com base, a análise da equação, podemos notar os parâmetros envolvidos que influenciam a magnitude da força Magnus.

Para Almeida e Silva (2015), o efeito Magnus, no caso da bola futebol, mostra que na região de maior pressão para a menor, irá surgir uma força, e consequentemente ocorrerá uma mudança na trajetória da bola. Contudo, a força de Magnus sempre será perpendicular ao movimento da bola e perpendicular à força de arrasto. Devido uma força que irá apontar para o centro de uma trajetória curvilínea, tal força pode ser encarada como uma força centrípeta cujos direção e sentido apontam para o centro da trajetória, como mostra na Figura 2.

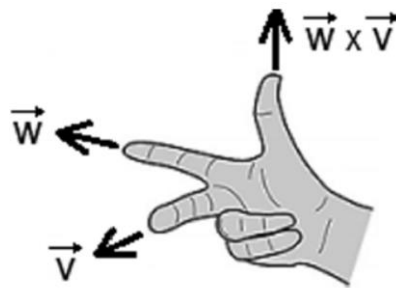


Figura 2- Direção da Força Magnus dada pela regra da mão direita. Fonte: (ALMEIDA E SILVA, 2015).

Portanto, a explicação desse efeito, sobretudo em bolas de futebol, está ligada ao movimento de rotação da bola fazendo com que ocorra o arrasto do ar ao redor da bola, como podemos observar na Figura 3.

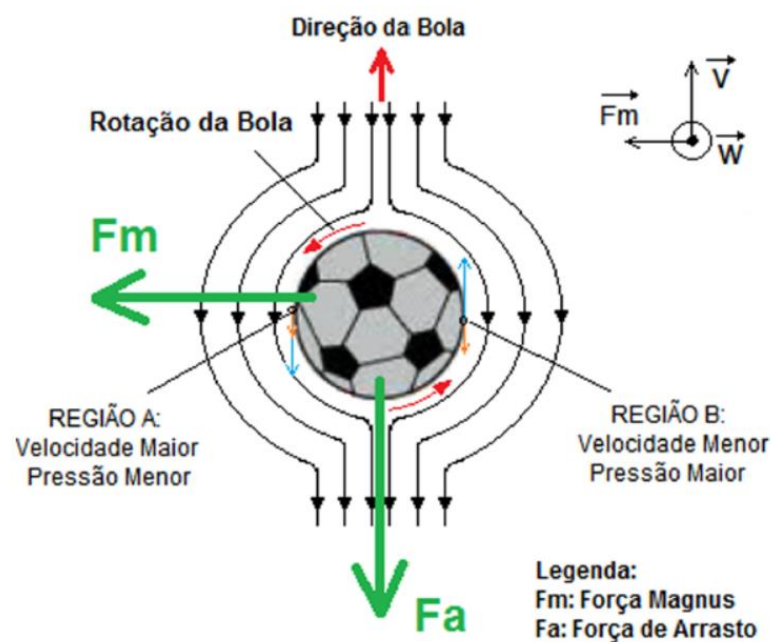


Figura 3 – Efeito Magnus em uma bola de futebol. Fonte: (ALMEIDA E SILVA, 2015).

Para Mehta, (1985), a trajetória de voo de uma bola de futebol que não gira ou gira lentamente pode flutuar de maneiras imprevisíveis, como, por exemplo, nas muitas cobranças de falta de Cristiano Ronaldo. Além disso, as bolas de futebol geralmente exibem tremor horizontal anômalo ou queda rápida, como resultado de um fenômeno denominado “efeito junta”.

No trabalho de Leroy (1977) visa explicar a súbita mudança de direção da bola. Na copa de 1958, no jogo entre no jogo Brasil 1 x 0 Peru, ficou marcado pelo gol de Didi que para o autor foi chamado de “folha seca”, segundo ele Didi era capaz de chutar a bola de maneira a produzir uma rotação cujo eixo possuía a mesma direção da sua velocidade, ou seja, naquele

instante não houve força de sustentação sobre a bola, mas ao longo da trajetória, a força gravitacional vai mudando a direção da velocidade. Formando-se um ângulo de rotação do eixo, nulo e aparece repentinamente uma força lateral que desvia a bola.

Não podemos deixar de falar sobre famoso chute de Roberto Carlos no jogo Brasil 1 x 1 França, realizado na copa de 1997, pelo qual o belo chute manteve a bola em uma trajetória consideravelmente retilínea e repentinamente desvia para o lado entrando no gol, como podemos observar na Figura 4.

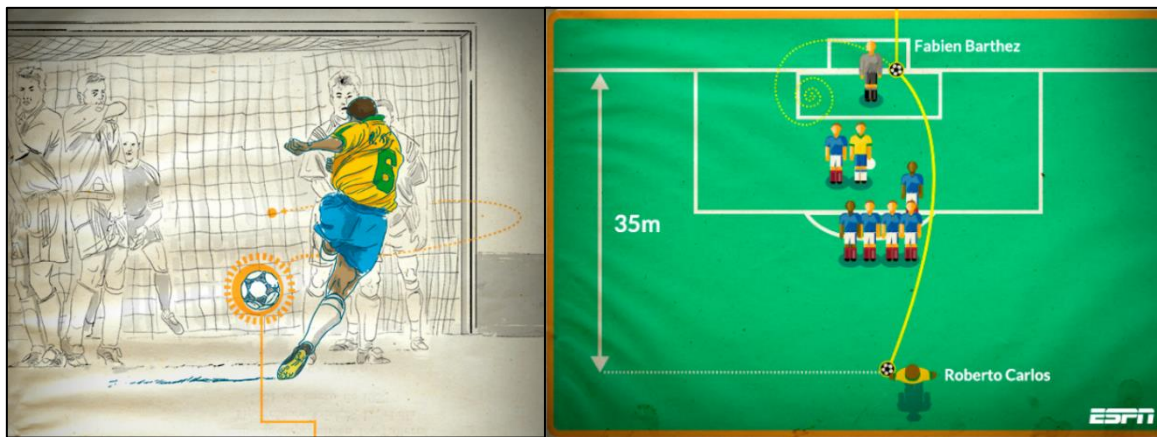


Figura 4. Chute de Roberto Carlos a 35 metros de distância das traves, com barreiras. Fonte: (ESPN, 2017).

Para Asai (1998), que a bola estava na região de baixo CA (crise de arrasto) e que havia uma força Magnus desviando-a para a esquerda. Consequente, ao diminuir de velocidade, a bola entra no regime de alto CA, aumentando a força de arrasto e diminuindo ainda mais sua velocidade, aumentando a influência da força Magnus e provavelmente também o seu valor.

Para a história do futebol, esse gol feito por Roberto Carlos, ficou marcado por ter desafiado a física, e a partir dele também motivou uma série de estudos e análises sobre a aerodinâmica e a trajetória da bola no Estádio Gerland, em Lyon. Portanto, ainda segundo a reportagem realizada pela emissora ESPN, (2017), “a trajetória da bola pode desviar significativamente, da circular desde que o chute tenha longa distância. Desta forma, a trajetória se torna surpreendente e imprevisível para o goleiro”.

Portanto, para o Prof. Dr. José Fernando Fontanari, e membro do corpo editorial dos periódicos *Physics of Life Reviews* e *Theory in Biosciences*, em entrevista relata:

"Embora a física explique perfeitamente a trajetória da bola, as condições, como potência do chute, ponto do impacto do pé do Roberto Carlos na bola e distância às traves, que fizeram com que ela ocorresse são tão raras que podemos chamá-la de milagrosa". (ESPN, 2017.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1 TIPO DE PESQUISA

Para Ventura (2007), o início de qualquer processo de pesquisa, é necessária a definição do objeto de estudo, a partir desse ponto de partida, constrói-se o processo de investigação, delimitando-se e recortando alguns aspectos sobre o tema proposto. Portanto, o estudo consiste em uma revisão de literatura que conforme afirma Gil (2002, p. 29) “é elaborada com base em material já publicado”. Quando se trata de Revisão de Literatura, importante delimitar o tema ao universo significativo de informações colhidas em fontes de dados precisas e atualizadas, não perdendo o foco e nem a percepção sobre o trabalho, assim como o estado em questão da física aplicada ao futebol: o efeito Magnus, tema proposto.

Diante desta investigação será mostrado produções e discussões da comunidade científica brasileira sobre o Estado em Questão da Física aplicada ao futebol: o Efeito Magnus, como subsídio do processo de delineamento de uma pesquisa e ao mesmo tempo possibilitará ao estudante/pesquisador habilidades para identificar e definir seus referenciais e categorias, as quais se tornam indispensáveis no processo de análise das informações e na fundamentação teórica.

Segundo Nóbrega-Therrien (2011), através de um levantamento bibliográfico seletivo, busca-se a compreensão crítica do panorama atual do tema a ser tratado. Essa compreensão crítica auxilia o pesquisador a definir e compilar o delineamento do seu trabalho, tendo uma visão ampla e inovadora, capacitando a definir e redefinir o seu objeto de pesquisa, seu objetivo, e a delimitação do problema conforme a demanda atual científica relacionada ao seu tema.

3.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

É compreendido que o Estado da Questão vai além da Revisão da Literatura, e se trata de um mergulho profundo e específico no tema de pesquisa, com o intuito de adquirir e apropriar conhecimentos suficientes para descobrir novos caminhos importantes para a investigação. Sendo assim, com esse embasamento teórico e metodológico significamos que o desenvolvimento do Estado da Questão ocorreu da seguinte maneira: definição da fonte de consultas, seleção dos artigos e coleta das informações emergentes e, por fim a análise dessas informações. Portanto, foi utilizada como fonte de pesquisa a seguinte base de dados: o Scholar (Google Acadêmico).

Portanto, com esse embasamento teórico e metodológico significou que o desenvolvimento do Estado da Questão ocorreu primeiramente na busca por trabalhos cujo anos de publicações foram a partir de 2010 à 2020. Em relação à seleção dos artigos fez -se necessário utilizar na busca do título, palavras-chave ou nos resumos, os seguintes descritores: Física

aplicada ao futebol, aerodinâmica na bola de futebol, ensino de física, efeitos da bola de futebol e efeito Magnus. O próximo passo, ocorreu por meio de leituras dos artigos e dos resumos procurando a relação com a temática Física aplicada ao futebol.

Para encontrar os trabalhos no Google Acadêmico, foi necessário ir para a página inicial do site, navegando pelo menu de pesquisa e acessando os trabalhos. Portanto, o acesso ocorreu nas áreas/eixos temáticos que mais se aproximavam com a Física aplicada na bola de futebol. Com isso, foi realizado análises com os trabalhos encontrados, realizando um mapeamento inicial, como mostra na Tabela 1.

Fonte de Pesquisa	Tipos de trabalhos	Ano de publicação
Scholar (Google Acadêmico)	Dissertações e Artigos	2010 a 2020

Tabela 1 – Procedimentos de pesquisa realizada nos periódicos. Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Dessa forma, podemos observar por meio da Tabela 2, a fonte de pesquisa, os tipos de trabalhos que foram encontrados, e a codificação do ano. Diante de uma primeira leitura dos trabalhos, foram encontrados três artigos, uma monografia e uma dissertação de mestrado.

Fonte de Pesquisa	Autores	Tipo de periódicos	Título do trabalho	Ano
Scholar (Google Acadêmico)	C.E. Aguiar e G. Rubini	Artigo	A aerodinâmica da bola de futebol	2004
	Raquel Ferreira Veloso	Monografia	A física aplicada ao futebol: os efeitos na bola de futebol	2014
	Bruno Seixas Gomes de Almeida, Robson Coutinho Silva	Artigo	Aerodinâmica de bolas	2015
	Fernando Chade de Grande	Dissertação de Mestrado	Física no futebol: objeto de aprendizagem gamificado para o ensino de física em mídias digitais por meio do esporte a partir do edutretenimento	2016
	Deivid G. Medeiros, Carlos A. D. Zarro, C. E. Aguiar	Artigo	O efeito Magnus e suas aplicações	2019

Tabela 2 – Trabalhos encontrados acerca do tema. Fonte: Elaborada pela autora, 2023

Como podemos observar na tabela 2, a seleção dos trabalhos encontrados acerca do tema, foram organizados de acordo com o ano de publicação e o próximo passo foi analisá-los em busca

da compreensão sobre a Física aplicada no futebol, bem como o efeito Magnus, nos anos escolhidos. Com base nos resultados obtidos mostrados na tabela, podemos observar a presença de um trabalho sobre a aerodinâmica da bola de futebol, este por sua vez, foi publicado em 2004, portanto, fora da pesquisa desejada, porém a decisão de mantê-lo como estudo, e posteriormente, analisá-lo juntamente, com os outros dentro do período escolhido de estudo, foi a escassez de trabalhos realizados no período escolhido, e também por mostrar o chute de Pelé, ícone do futebol brasileiro. Portanto com base nos resultados, na próxima seção, discutiremos como foi feito o tratamento das informações, o que emergiu das leituras e como chegamos às categorias finais, as quais me possibilitou a discutir aspectos importantes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O esporte chama muito a atenção por estar nos sonhos do público jovem, por que não utilizar esse poder de atração para o estudo da Física? Iniciando com esta indagação, o presente artigo mostrará por meio das análises de trabalhos, citados na metodologia desta pesquisa, quais conceitos foram encontrados e como podem ser aplicados ao futebol, bem como, de que forma esses conceitos podem ser levados para as salas de aulas, visto que há poucos trabalhos realizados com a temática física associada ao futebol.

Aguiar e Rubini (2004), perceberam essa potencialidade em outros esportes, e com isso desenvolveu um estudo sobre a aerodinâmica da bola, especialmente no futebol, com o famoso chute de Pelé, na Copa do Mundo de 1970, em jogo contra a seleção da Tchecoslováquia. Diante do presente trabalho apresentado por Aguiar e Rubini (2004), é relevante o estudo, pois através dele podemos entender o efeito Magnus que ocorreu na trajetória da bola, durante o chute do Rei Pelé, como mostra nas Figuras 5 e 6. Este também foi um dos motivos de mostrar no presente artigo o quanto os conceitos da física está presente no futebol.



Figura 5. O chute de Pelé.
Fonte: (AGUIAR, RUBINI, 2004)



Figura 6. A bola passa rente a trave.
Fonte: (AGUIAR, RUBINI, 2004)

Portanto, a explicação para o efeito Magnus é dada pelo comportamento da camada limite, sua separação é antecipada no lado da bola em que a rotação se opõe ao fluxo de ar, e postergada no lado em que a rotação acompanha a passagem do ar. Além disso, o artigo dos autores Aguiar e Rubini (2004), buscou analisar a jogada histórica a partir de uma fita de vídeo disponibilizada na internet, e relatado por Nelson Rodrigues(1993), onde verificaram então, a trajetória da bola chutada por Pelé. Para isto, o trecho do vídeo contendo a cena foi digitalizado e armazenado em formato AVI em um computador PC/Windows. Eles analisaram da seguinte forma: Cada quadro do vídeo (são 30 por segundo) foi então salvo como uma imagem individual em formato BMP. Dois desses quadros (no início e final da jogada) foram mostrados no trabalho deles. As imagens foram analisadas com um programa escrito em LOGO que, com o auxílio da geometria projetiva e de algumas hipóteses simplificadoras, é capaz de extrair a posição da bola em cada quadro.

Posteriormente, os autores traçaram linhas gerais nas imagens do campo de futebol através das imagens capturadas, com objetivos de obterem trajetórias feitas pela a bola durante o chute de Pelé no centro do campo de futebol, trajetórias estas da velocidade da bola desde o seu ponto de partida do centro de campo, até onde caiu a bola, com isso, os resultados que eles encontraram ao final do experimento foi como a velocidade da bola diminuiu, e como a queda é bem mais vertical do que a subida. Chegaram então, a conclusão que a bola ficou 3,20 segundos no ar, e caiu a 59,4 metros do ponto onde foi chutada, mostrada na Figura 7.

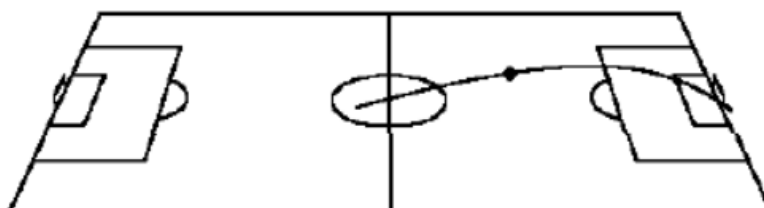


Figura 7. Simulação do chute de Pelé. A crise do arrasto ocorre no ponto marcado sobre a trajetória. Fonte: (AGUIAR, RUBINI, 2004)

Para tanto, além do efeito Magnus teve-se a crise de arrasto influenciando assim na trajetória da bola, bem como desempenhando um papel importante na jogada de Pelé. Para a obtenção do resultado, fizeram o cálculo do coeficiente de arrasto, bem como o valor da densidade do ar, levando em consideração a altitude de Guadalajara, sendo 1600 metros. Além disso, foi levando em questão a velocidade de crise com a frequência de rotação da bola. A ocorrência da crise a esta velocidade reduz significativamente a força de arrasto em quase metade da trajetória, assim mostrada na Figura 8.

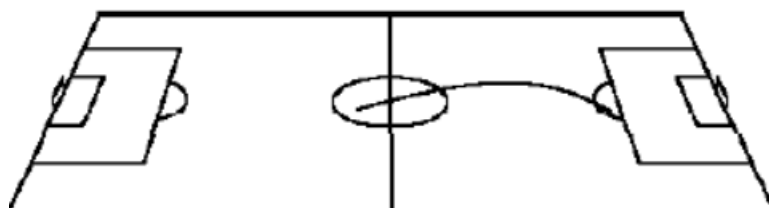


Figura 8 - O que aconteceria com a bola chutada por Pelé se não houvesse a crise do arrasto. Fonte: (AGUIAR, RUBINI, 2004).

A relevância do efeito Magnus é atestada pelo valor encontrado para a frequência de rotação. Portanto, a conclusão do trabalho foi constatar a existência da crise do arrasto quanto o efeito Magnus como fator um papel determinante na dinâmica de uma bola de futebol. É impossível ter uma boa descrição do chute dado por Pelé sem levar em conta estes aspectos da aerodinâmica da bola, (AGUIAR e RUBINI, 2004).

Associar aspectos da prática dos esportes aos respectivos conceitos físicos pode se tornar um caminho lúdico e útil não só para despertar o interesse pelo ensino da física, mas também para facilitar o aprendizado dessa disciplina. Portanto, o trabalho de Almeida e Silva (2015), traz por meio de construção e montagem de modelos experimentais, realizados em oficinas, experimentos que buscou integrar fundamentos teóricos da física, bem como associar a interatividade, ferramenta lúdica entre o público e saber. Os autores confeccionaram dois experimentos e apresentaram no Museu no Rio de Janeiro, com a seguinte temática: Ciência do Esporte, cujo o objetivo era mostrar conceitos físicos presentes em estudos de aerodinâmica, em bolas, mostrados na Figura 9.



Figura 9 – Materiais usados na elaboração de modelos de bola de futebol (redonda, de isopor) e de bola de futebol americano (elíptica, de material de garrafa pet) sobre modelos idênticos de carrinhos de brinquedo. Fonte: (ALMEIDA E SILVA, 2015).

O primeiro experimento foi chamado de “bola flutuante”, com objetivo de explicar e discutir o princípio de Bernoulli e o efeito Magnus, bem como a força de arrasto, conceitos relevantes da física, e o segundo foi “bola de futebol versus bola de futebol americano”, onde

buscou discutir a diferença de comportamentos entre os dois tipos de bola, quando submetidos à passagem de uma corrente de ar, (ALMEIDA E SILVA, 2015).

Para isso, eles confeccionaram as bolas, com matérias diferentes, segundo os autores, para construir o experimento “bola flutuante”, foram empregados um secador de cabelo modelo *Taiff Turbo*, com 1600 W de potência, e uma bola de isopor de tamanho médio (diâmetro aproximado de 12 cm), como mostra na Figura 10. Uma faixa azul foi desenhada ao longo da linha média da bola, de forma a facilitar a observação de movimento e rotação quando ela era submetida a corrente de ar do secador de cabelo. Os autores ressaltaram que a bola de isopor apresentava com peso suficiente para não voar e permanecer em posição estável e vertical, levitando quando exposta ao fluxo de ar na saída do secador.

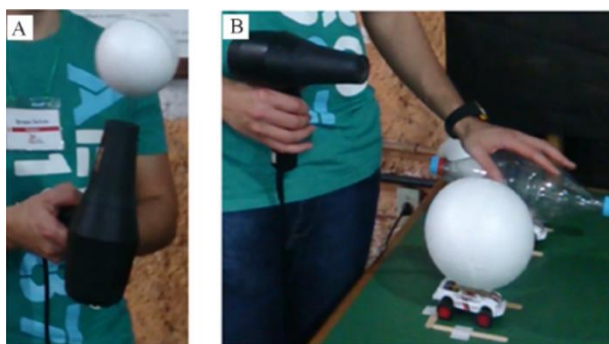


Figura 10 - Experimento “bola flutuante” (bola de futebol levitando quando exposta à saída de fluxo de ar do secador de cabelo (A); Experimento “bola de futebol versus bola de futebol americano” (Bola de futebol e bola de futebol americano presas a carrinhos de brinquedo, sendo cada conjunto impulsionado por mesma intensidade de fluxo de ar provido por um secador de cabelo com idêntica potência (B). Fonte: (ALMEIDA E SILVA, 2015).

Para o segundo experimento, “bola de futebol versus bola de futebol americano”, foram utilizados um secador de cabelo modelo *Taiff Turbo*, com 1600 W de potência, uma bola de isopor bipartida (diâmetro aproximado de 18 cm), duas garrafas pet, dois carrinhos idênticos de brinquedo, dois pedaços idênticos de papelão e dupla face. A bola de futebol americano foi confeccionada cortando-se as duas garrafas pet ao meio e, com tá dupla face, unindo-se as partes superiores de cada garrafa contendo suas respectivas tampas. A bola de futebol foi simulada pela bola de isopor bipartida. Para permitir que ambas as bolas pudessem se deslocar de forma semelhante quando impulsionadas pelo fluxo de ar do secador de cabelo, cada uma das bolas foi presa a um carrinho de brinquedo. Ou seja, ambas as bolas foram coladas com tá dupla face sobre um pedaço de papelão e cada qual foi colada sobre um carrinho (ALMEIDA E SILVA, 2015).

Nos experimentos realizados pelos autores Almeida e Silva(2015), utilizando materiais de baixo buscou-se o equilíbrio de massa final de ambos os experimentos, mostrando a fundamentação teórica associada a tal comportamento da bola, atribuído ao princípio de Bernoulli. Para Gobbi *et al* Valentine (2006), o princípio de Bernoulli é o comportamento de um fluido a partir de princípios de conservação de energia. Portanto, o estudo mostrou por meio dos experimentos descritos acima, interesses por parte dos alunos, quanto ao comportamento de diferentes objetos quando são submetidos a uma corrente de ar.

Entretanto, para alunos do Ensino Médio, como sugestão de análises com base no trabalho de Almeida e Silva (2015), podem fazer uma discussão sobre a massa, força e até mesmo a aceleração, tópicos estes que por sua vez, é visto no ensino médio na disciplina de física que podem possibilitar em trabalhos futuros, uma vez que, estes assuntos estão presentes no currículo do Ensino Médio.

Dando continuidade às análises dos trabalhos, Veloso (2014), aborda uma física diferenciada através do futebol, bem como o estudo sobre sua origem, a chegada ao Brasil e os efeitos físicos a que a bola está sujeita durante o jogo. Além disso a autora busca relacionar os conceitos de cinemática e os princípios a dinâmica, abordando as leis Newton. O objetivo do trabalho foi mostrar um ensino diferenciado, para que os professores pudessem levar para as salas e aulas e consequentemente, despertasse um maior interesse por meio dos alunos sobre o assunto, já que ela relaciona a física com o futebol.

Nessa perspectiva no trabalho da autora, é enfatizado um evento conhecido mundialmente, ocorrido no jogo na Copa do Mundo, 2014, no dia 04 de Julho, realizada no Brasil, onde os times: Brasil x Colômbia se enfrentaram. É contada a história que durante a partida o jogador colombiano Juan Camilo Zuniga, em um ato de covardia, jogou-se contra o adversário brasileiro Neymar Junior acertando-lhe na altura da coluna. Essa atitude maldosa virou reportagens por diversas semanas em vários meios de comunicação mundiais.

Para a tal atitude, provocada pelo jogador colombiano ao aplicar uma força consideravelmente intensa no jogador brasileiro, temos conhecimento da Terceira lei de Newton, que mostra que para cada força de ação aplicada há uma força de reação de mesma intensidade, mesma direção e sentido contrário. Ao ser atingido, o jogador Neymar caiu ao chão. O simples fato da queda de Neymar envolve a força gravitacional e a força de atrito entre o seu corpo e o gramado. Ao perceber que Zuniga havia atingido Neymar de forma grave o árbitro para o jogo, abrindo um pequeno intervalo de tempo para que o jogador atingido fosse retirado do gramado (VELOSO, 2014).

Portanto, tudo o que está na natureza é regido pelas leis da Física, com o futebol não é diferente, podemos dispor de uma série de estudos aplicados para melhor compreensão de um fenômeno específico. A partir daí, os movimentos foram estudados pela autora buscando compreensão para os efeitos provocados na bola, quando, esta, se aplica uma força. Em seguida, no decorrer do trabalho foram explanadas as três leis de Newton detalhando as forças exercidas, bem como, o efeito Magnus e a força de arrasto. O intuito da pesquisa autora foi relacionar estes conceitos físicos que ocorrem no futebol, como curiosidades para os alunos em sala de aula, nas aulas de física.

O trabalho realizado por Medeiros, Aguiar e Zarro (2019), explanando o efeito Magnus e suas aplicações, publicado no Simpósio Nacional de Ensino de Física, teve como objetivo estudar as forças aerodinâmicas que atuam em corpos quando giram e investigar qualitativamente como essas forças afetam o movimento. Os autores utilizaram um método chamado POE (Predizer, Observar e Explicar). Para o desenvolvimento da pesquisa dos autores, foi utilizado Flettner(frota) e um cilindro de papel descendo por um plano inclinado, além de um vídeo que mostrava uma bola sendo abandonada de uma represa, como mostra Figura 11.

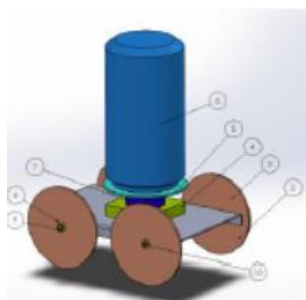


Figura 11. Modelo de um carrinho Flettner. Fonte: (MEDEIROS, AGUIAR E ZARRO, 2016)

Assim, como vimos nos trabalhos anteriores o efeito Magnus faz parte de um dos conceitos estudados, visto que é um fenômeno hidrodinâmico, descrito então pelo alemão Heinrich Gustav Magnus, no século XIX, o então pioneiro deste fenômeno, dando o seu nome ao efeito descoberto naquele século. Como já sabemos, nesse efeito há uma trajetória de um corpo quando é imerso em um fluido (líquido ou gases), muda devido a rotação do corpo.

O trabalho de Aguiar, Zarro e Medeiros (2019), se deu por meio de uma prática experimental desenvolvida em sala de aula, no colégio Estadual Guilherme da Silveira Filho, durante três anos, com base aos conceitos físicos sobre impulsos e movimento. Para Wichello (2018), as atividades experimentais, quando bem planejadas, são recursos importantíssimos no ensino. Essas atividades devem possibilitar aos alunos a vivência de situações variadas do

mesmo tema, que oportunizam o desenvolvimento cognitivo necessário para a compreensão desejada dos assuntos estudados (GASPAR e MONTEIRO,2005).

Para a realização do trabalho, foi aplicado questionários sobre o que os alunos sabiam sobre o conceito de efeito Magnus e posteriormente, analisados. O resultado obtido pela pesquisa foi de forma negativa, uma vez que por unanimidade, os alunos relataram sobre o não conhecimento do efeito, e só a partir daí foi apresentado o carrinho de Flettner, mostrado na Figura 11, acima. Todavia, o aprender sem usufruir de aulas práticas pode tornar as aulas cansativas, principalmente para aqueles que tem uma dificuldade maior no aprendizado, fica muito mais fácil aprender, compreender através da visualização do acontecimento de um fenômeno (ISQUIERDO e BERGHAUSER, 2017).

No processo de ensino e aprendizagem, fica nítido por meio destes trabalhos apresentados, a percepção que somente os dados teóricos apresentados em sala de aula, por meio de aulas expositivas não são suficientes para despertar o interesse e a atenção dos alunos aos assuntos programáticos na disciplina de física, principalmente quando são apresentadas teorias, com utilização de fórmulas e cálculos.

Portanto, o último trabalho analisado no presente artigo, escrito por De Grande (2016), apresenta a física como objeto de aprendizagem gamificado para o ensino de física, através de um protótipo não-funcional como proposta de objeto de aprendizagem para servir de suporte ao ensino da Física Mecânica. Ao estabelecer relação entre o aprendizado da Física Mecânica com suas ações e acontecimentos da vida, o aprendiz pode exercer seu senso crítico, observar a Ciência ocorrendo em seu ambiente e assim o aprendizado pode ser melhor absorvido por sua estrutura cognitiva. Além, disso, produtivo porque promove o progresso intelectual e depende da disciplina, da tarefa e dos tópicos abordados. A animação digital foi aplicada na produção dessa proposta para simular as ações do jogador no momento do chute, bem como na representação audiovisual do protótipo, como podemos observar na Figura 12.

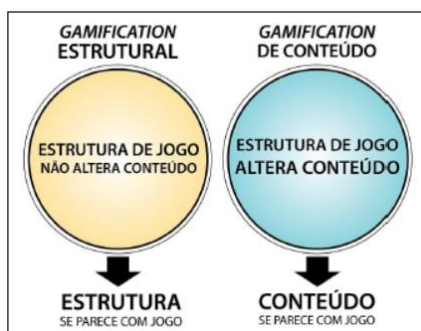


Figura 12. Representação visual para os tipos de *Gamification* segundo Karl M. Kapp (2014) Fonte: (DE GRANDE, 2016).

No ensino de ciências, especificamente no ensino de Física, o relatório do PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) é estabelecido na Parte III, competências e habilidades a serem desenvolvidas nas disciplinas de Física. Dentre algumas dessas competências, a contextualização sociocultural determina “estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana e ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes.” (PCNEM, 2000). Segundo Yamazaki (2014) o aspecto lúdico é com frequência relacionado ao jogo de brincadeiras, podendo sua incorporação aos métodos de ensino proporcionar os estudantes uma ativa participação no processo de ensino.

Para Cunha (2004), os jogos são indicados como um tipo de recurso didático educativo que pode ser utilizado em momentos distintos, como na apresentação de um conteúdo ou mesmo na ilustração de aspectos relevantes ao conteúdo, como revisão ou síntese de conceitos importantes. Brandenburg, Pereira e Fialho (2019) destacam a importância da reflexão sobre modelos de práticas de ensino que contribuam para facilitar o processo de aprendizagem.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa gerada em torno do desenvolvimento desse artigo, alimentou diferentes indagações a propósito de como poderíamos buscar alternativas de ensinar de Física mostrando tais conceitos aplicado do futebol, uma vez que, esse esporte se tornou tão envolvente para os jovens e sem perder o foco na aprendizagem. Considera-se que as atividades experimentais da física podem ser utilizadas pelo professor como um mediador entre o assunto ministrado e o aluno, e ainda possibilitar uma vinculação entre a teoria e sua aplicação na vida humana. Nas atividades experimentais o aluno é incentivado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das “línguas”, tendo a oportunidade de relacionar com o mundo empírico.

Acredito que atividades que procuram relacionar a Física ao futebol, explicitando de que maneira conhecimentos dessa disciplina podem auxiliar no entendimento de situações que permeiam a prática desse esporte, possam propiciar um maior envolvimento dos estudantes nas discussões efetuadas em sala de aula. Como vimos, poucos trabalhos foram desenvolvidos associando a Física aplicada ao futebol, não só apenas esse esporte, mas em linhas gerais foi percebido a escassez de trabalhos relacionados a outros esportes que usam a bola como meio de atividade esportiva.

Diante desta análise e construção de novos saberes, espero que este trabalho possa servir de base para futuros trabalhos na área da pesquisa, mostrando aos professores de Física para

não se limitarem ao uso apenas do ensino tradicional, mas que possam associar conceitos físicos em outros esportes, assim como vimos no futebol, o Efeito Magnus. Mostrando o quanto, esse efeito pode influenciar em um jogo e mudar a história de uma partida, como ficou para a história o Rei Pelé, com seu magnífico chute e o seu quase gol.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, C.E.; RUBINI, G. **A aerodinâmica da bola de futebol**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 4, p. 297 - 306, (2004).
- ALMEIDA, B. S.G. SILVA, R C. **Aerodinâmica de bolas**. Rev. Bras. Ens. Fis. 37 (3) • Set 2015.
- ALMEIDA, G, D; COUTO, H, R, F; SANTOS L, G. **Olhares sobre as relações de gênero na prática do futsal na educação física escolar**. 2009. Disponível em: < <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/20086>>. Acesso em: 16 abril. 2023.
- ALAM F., CHOWDHURY, H., MUSTARY, LOGANATHAN, B. **Estudo aerodinâmico de bolas de futebol aprovadas pela FIFA**. 6ª Conferência Internacional BSME sobre Engenharia Térmica (ICTE). Escola de Engenharia Aeroespacial, Mecânica e de Manufatura, RMIT University, Melbourne, 3083, Austrália, 2015.
- ASAI, T. ; AKATSUKA, T. ; HAAKE, S. **“The physics of football”** ; Physics World , junho 1998.
- ASAI, T.; CARRÉ, M. J.; AKATSUKA, T. et al. **“The curve kick of a football I: impact with the foot”**; Sports Engineering 5, pgs. 183-192, 2002.
- AZEVEDO, G. **Futebol no Brasil** (Blog do Tubasso) 2012. Acesso em 15 abril, 2023.
- BARBIERI, F.; BENITES, L.; SOUZA NETO, S. **Os sistemas de jogo e as regras do futebol: considerações sobre suas modificações**. Motriz, Rio Claro, v.15, n.2, p.427-435, abr./jun. 2009.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. **O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 24, n. 2, p. 194-223, ago. 2007.
- BRANDENBURG, C.; PEREIRA, A.; FIALHO, L. **Práticas reflexivas do professor reflexivo: experiências metodológicas entre duas docentes do ensino superior**. Práticas Educativas, Memórias e Oralidades -Rev. Pemo, v. 1, n. 2, 2019. Disponível em:<https://revistas.uece.br/index.php/revpemo/article/view/3527/3761>. Acesso em:18 maio 2023.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acessado em 16 abril 2023.
- BYINGTON, C. A. B. **Psicologia simbólica junguiana: a viagem de humanização do cosmos em busca da iluminação**. São Paulo, SP: Linear, 2008.

COELHO, P. V. **O Jornalismo Esportivo**. São Paulo, 2002.

CUNHA, M. B. **Jogos de Química: desenvolvendo habilidades e socializando o grupo**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 12, Goiânia (Universidade Federal de Goiás; Goiás), 2004.

CRIVELLENTI, F. C.; SOARES, F. L. **Organização e Evolução do Sistema Tático no Futebol**. Batatais, Mon. Centro Universitário Claretiano, 2005.

DE GRANDE, F. C. **Física no futebol: objeto de aprendizagem gamificado para o ensino de física em mídias digitais por meio do esporte a partir do edutretenimento**. Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2016.

DUARTE, M; OKUNO, E. **Física do Futebol: mecânica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

DRUBSCKY, R. O universo tático do futebol – Escola Brasileira. Belo Horizonte: Health, 2003.

FIFA – FEDERATION INTERNATIONALE DE FOOTBALL ASSOCIATION; **FIFA Big Count 2006: 270 milion people active in football. 2006**. Disponível em: http://www.fifa.com/mm/document/fifafacts/bcoffsurv/bigcount.statspackage_7024.pdf f> Acesso em: 06 abril. 2023

FOX, R.W., MCDONALD. A.T., PRITCHARD. P.J., LEYLEGIAN. J.C., **Introdução à Mecânica dos Fluidos** (LTC, São Paulo, 8ª ed. , p. 241. 2014).

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FRISSELLI, A., MANTOVANI, M. **Futebol: teoria e prática**. São Paulo: Phorte Editora. 1999.

GASPAR, A. M; MONTEIRO, I.C.C. **Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky**. Investigações em Ensino de Ciências. V. 10 (2), p. 227-254, 2005.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOBBI, M; DIAS, N.L.; MACARENHAS, F; VALENTINE, E. **Introdução à Mecânica dos Fluidos e aos Fenômenos de Transporte** (Editora da UFPR, Curitiba, 2006).

INCARBONE, O. **Iniciação desportiva**. "Revista brasileira de ciência e movimento", 4 (3): 98- 103, 1990.

ISQUIERDO, E. F; BERGHAUSER, N. A. C - **O uso do laboratório de física e a sua eficácia para o processo de ensino-aprendizagem** - Paraná, 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/recit/article/view/5185> > acessado em:17 de Abril 2023.

JÚDICE, R.; VELOSO JÚNIOR, V. C. **A física na escola**, v. 3, n. 1, p. 5-7, 2002. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol3/Num1/a03.pdf>>. Acesso em: 01 abril. 2023.

LEAL, J. C. **Futebol Arte e Ofício**. Rio de Janeiro: Editora Sprint, 2001.

LEROY, B. “O Efeito “Folha Seca”. Revista Brasileira de Física vol.7 nº3 pgs.693709, 1977.

MEDEIROS, D. G; ZARRO, C. A. D; AGUIAR, C. E. **O efeito Magnus e suas aplicações.** XXIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF. 27 de janeiro a 01 de fevereiro de 2019- Salvador – BA-2019

MEHTA, R.D. **Aerodynamics of sports balls.** Annual Review of Fluid Mechanics 17, 151–189, 1985.

MELO, R. **Sistemas e Táticas para Futebol.** 2ª edição. Rio de Janeiro. Sprint. 2000

NÓBREGA-TERRIEN, S. M.; TERRIEN, J. **Trabalhos Científicos e o Estado da Questão: Reflexões teórico-metodológico.** Estudos em Avaliação Educacional, v. 15, n. 30, p. 5-16 jul.-dez. 2011.

RODRIGUES, N. **À sombra das chuteiras imortais;** São Paulo: Companhia das Letras, 1993.

RUBINI, G M. **A Dinâmica da Bola de Futebol.** Orientador: Carlos Eduardo Magalhães de Aguiar. Rio de Janeiro: UFRJ/IF, 2003. Monografia (Licenciatura em Física).

SOUTO, R. **História do Futebol.** (2014). Acesso em: 07 abr. 2023.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. Revista SoCERJ, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/setembro_outubro_O_Estudo_de_Cas_como_M.pdf>. Acesso em: 18 abril 2023.

VERMINNEM, P. **A história do futebol.** DK Akademie; Alemanha 2013.

VELOSO, R. F. **A física aplicada ao futebol: Os efeitos na bola de futebol.** Orientador: Prof. Dr. Rubens Silva. Belém do Pará: UFPA, 2014. Monografia (Licenciatura em Física).

WICHELO, G. C. - **A importância da física experimental no processo de ensino e aprendizagem,** Espírito Santo, 2018. Disponível em: <http://www.saocamiloes.br/centroeducacional/noticias/2018/05/a-importancia-da-fisica-experimental-no-processode-ensino-e-aprendizagem.html> > acessado em: 17 de abril 2023.

YAMAZAKI, S.C.; YAMAZAKI, R. M. O. **Jogos para o ensino de física, química e biologia: elaboração e utilização espontânea ou método teoricamente fundamentado?** R.B.E.C.T., v. 7, n.1,2014. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/viewFile/1310/1225>. Acesso em:18 maio 2023