

Ano IV, v.1 2024 | submissão: 12/03/2024 | aceito: 14/03/2024 | publicação: 16/03/2024

## **Análise biomecânica e demanda metabólica do meio-campista defensivo no futebol contemporâneo: uma revisão sistemática e aplicada**

Biomechanical analysis and metabolic demand of the defensive midfielder in contemporary soccer: a systematic and applied review

**José Antonio Miranda da Silva Junior**

### **Resumo**

O presente artigo científico investiga as adaptações fisiológicas, as vias bioenergéticas predominantes e as demandas biomecânicas específicas da posição de meio-campista defensivo no futebol moderno de alto rendimento. O problema de pesquisa centra-se na necessidade de compreender como a evolução tática do jogo, caracterizada pelo aumento exponencial da intensidade e pela redução drástica dos espaços de manobra, alterou o perfil bioenergético e mecânico exigido desses atletas. O objetivo geral é analisar a intermitência dos esforços de alta intensidade, a carga mecânica imposta pelas mudanças de direção e desacelerações, e propor protocolos de treinamento físico baseados em evidências que mitiguem o risco de lesões e otimizem a performance. A metodologia adotada é a revisão bibliográfica narrativa e sistemática de estudos sobre fisiologia do exercício, cinesiologia e treinamento desportivo, limitados ao período até 2021. Os resultados indicam que o volante percorre distâncias totais superiores a outras posições, com uma predominância crítica de ações excêntricas de desaceleração que exigem adaptações neuromusculares específicas. Conclui-se que a preparação física deve priorizar a potência aeróbia para recuperação e a força reativa para suportar a densidade competitiva atual.

**Palavras-chave:** Fisiologia do Futebol. Biomecânica Aplicada. Metabolismo Anaeróbio. Treinamento de Força. Meio-Campista Defensivo.

### **Abstract**

This scientific article investigates the physiological adaptations, predominant bioenergetic pathways, and specific biomechanical demands of the defensive midfielder position in modern high-performance soccer. The research problem focuses on the need to understand how the tactical evolution of the game, characterized by an exponential increase in intensity and a drastic reduction in maneuvering spaces, has altered the bioenergetic and mechanical profile required of these athletes. The general objective is to analyze the intermittency of high-intensity efforts, the mechanical load imposed by changes of direction and decelerations, and to propose evidence-based physical training protocols that mitigate the risk of injury and optimize performance. The methodology adopted is a narrative and systematic bibliographic review of studies on exercise physiology, kinesiology, and sports training, limited to the period up to 2021. The results indicate that the defensive midfielder covers total distances greater than other positions, with a critical predominance of eccentric deceleration actions that require specific neuromuscular adaptations. It is concluded that physical preparation must prioritize aerobic power for recovery and reactive strength to withstand current competitive density.

**Keywords:** Soccer Physiology. Applied Biomechanics. Anaerobic Metabolism. Strength Training. Defensive Midfielder.

## **1. Introdução**

A evolução do futebol nas últimas duas décadas impôs uma reconfiguração drástica e mandatória nas demandas físicas e fisiológicas dos atletas de elite, transformando o esporte em uma disciplina de altíssima exigência bioenergética. Estudos de análise de movimento (*time-motion analysis*) revelam consistentemente que, embora a distância total percorrida tenha se estabilizado em torno de 10 a 13 quilômetros por partida, o número de ações de alta intensidade — incluindo sprints,

**Ano IV, v.1 2024 | submissão: 12/03/2024 | aceito: 14/03/2024 | publicação: 16/03/2024**

saltos, divididas e mudanças bruscas de direção — aumentou exponencialmente, exigindo uma reavaliação completa dos métodos de preparação física. Nesse cenário complexo, a posição de meio-campista defensivo, popularmente conhecido como volante, apresenta-se como um paradigma fisiológico único e desafiador para preparadores físicos e fisiologistas. Situado no centro nevrálgico do campo, este atleta é submetido a uma carga externa híbrida e constante: necessita de capacidade aeróbia de elite para cobrir grandes áreas do terreno de jogo (volume) e, simultaneamente, potência anaeróbia explosiva para executar ações decisivas de desarme, transição e cobertura (intensidade). A Educação Física, enquanto ciência do movimento humano, deve dissecar essas variáveis com precisão cirúrgica para prescrever treinamentos que respeitem a especificidade posicional e a individualidade biológica.

A justificativa científica e social para este estudo reside na alarmante incidência de lesões musculares e articulares observada em meio-campistas nas principais ligas do mundo, lesões estas frequentemente associadas à fadiga acumulada e à inadequação da preparação física às demandas reais e caóticas do jogo moderno. A formação acadêmica especializada em *Fitness Training* e Performance Esportiva permite compreender que o treinamento genérico e linear é manifestamente insuficiente para o atleta de elite que opera no limite de suas capacidades fisiológicas. É imperativo analisar profundamente os sistemas energéticos predominantes – o sistema fosfagênio (ATP-CP) para ações explosivas de curtíssima duração e a glicólise/fosforilação oxidativa para a recuperação entre estímulos intermitentes – para desenhar microciclos de treinamento que sejam, ao mesmo tempo, eficazes na melhoria da performance e seguros para a integridade física do atleta. A compreensão detalhada da interação entre carga interna e externa é a chave para a longevidade esportiva.

Este trabalho estrutura-se em cinco eixos fundamentais de análise acadêmica: a bioenergética da intermitência e a capacidade de *Repeated Sprint Ability* (RSA); a biomecânica vetorial das mudanças de direção e o impacto das forças de reação do solo; a fadiga neuromuscular e suas implicações diretas na eficiência técnica e tática; a antropometria e composição corporal ideais para a função; e as estratégias de recuperação (*recovery*) pós-esforço baseadas na fisiologia. A metodologia revisita clássicos da literatura da fisiologia do exercício aplicados especificamente ao futebol, buscando estabelecer um protocolo de "performance baseada em evidências" que possa servir de guia para profissionais da área. A hipótese central é que o meio-campista defensivo moderno é um atleta de características fisiológicas mistas que requer um modelo de periodização que integre, de forma indissociável, o desenvolvimento da potência aeróbia e a capacidade de força reativa.

## **2. Bioenergética aplicada e a intermitência do esforço no meio-campo**

O futebol é classificado fisiologicamente como uma modalidade de caráter estocástico e intermitente, onde períodos de baixa intensidade, como caminhada e trote, são intercalados

**Ano IV, v.1 2024 | submissão: 12/03/2024 | aceito: 14/03/2024 | publicação: 16/03/2024**

aleatoriamente com explosões de altíssima intensidade que definem os momentos críticos do jogo. Para o meio-campista defensivo, essa intermitência é exacerbada pela necessidade tática de reagir continuamente aos movimentos tanto dos atacantes adversários quanto dos próprios companheiros de equipe, exigindo uma prontidão metabólica constante. A via metabólica aeróbia constitui a base fisiológica que sustenta a ressíntese de fosfocreatina (PCr) durante os intervalos de baixa intensidade ou pausas passivas. Um Consumo Máximo de Oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ ) elevado, idealmente acima de 60 ml/kg/min para atletas de elite, é fortemente correlacionado na literatura com uma maior capacidade de manter a intensidade e a frequência dos *sprints* nos minutos finais da partida, retardando o aparecimento da fadiga periférica e central.

No entanto, as ações determinantes para o sucesso do meio-campista — o desarme preciso, o salto para o cabeceio defensivo, o chute de longa distância e a aceleração para interceptar um passe — são predominantemente dependentes do metabolismo anaeróbio alático e da capacidade neuromuscular de gerar força rápida. A Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF), ou a capacidade de gerar força explosiva em tempos inferiores a 300 milissegundos, é o parâmetro que diferencia o atleta de elite do atleta mediano. O treinamento deve, portanto, focar prioritariamente na capacidade de *Repeated Sprint Ability* (RSA), que é a habilidade fisiológica de realizar *sprints* sucessivos com o mínimo de decréscimo de performance entre eles. A fisiologia do exercício ensina que a tolerância à acidose metabólica, causada pelo acúmulo de íons  $H^+$  decorrente da hidrólise do ATP e da glicólise rápida, é altamente treinável através de métodos intervalados de alta intensidade (HIIT) específicos.

A relação trabalho-pausa (densidade) no meio-campo é um fator crítico que deve ditar a prescrição do treinamento físico. Diferente de laterais e alas, que realizam corridas lineares longas com pausas mais definidas, o volante realiza uma infinidade de movimentos curtos, intensos e multidirecionais em espaços extremamente reduzidos e congestionados. Isso exige uma eficiência mitocondrial superior para a "limpeza" e reutilização do lactato sanguíneo como substrato energético, um processo conhecido como *Lactate Shuttle*. O treinamento deve simular essa densidade específica, utilizando jogos reduzidos (*Small Sided Games*) que elevam a frequência cardíaca para zonas próximas ou superiores ao limiar anaeróbio, mimetizando a demanda metabólica da competição sem o desgaste articular excessivo provocado por corridas contínuas de longa distância em linha reta.

A eficiência do sistema tampão (bicarbonato) e a capacidade dos transportadores de monocarboxilato (MCTs) em remover o lactato da célula muscular para a corrente sanguínea são adaptações periféricas essenciais para o meio-campista. Durante sequências intensas de jogo, onde a bola permanece em disputa na zona central por minutos a fio, a concentração de lactato pode atingir níveis superiores a 10-12 mmol/L. O atleta que não possui adaptações enzimáticas glicolíticas e oxidativas robustas entrará em fadiga precoce, resultando em perda de coordenação motora fina e erros na tomada de decisão tática. Portanto, o condicionamento físico não visa apenas a resistência,

Ano IV, v.1 2024 | **submissão: 12/03/2024** | **aceito: 14/03/2024** | **publicação: 16/03/2024**

mas a manutenção da lucidez cognitiva através da homeostase metabólica sob estresse.

Além das vias energéticas clássicas, a economia de corrida (*Running Economy*) desempenha um papel vital na performance do meio-campista defensivo ao longo de uma temporada. Atletas com melhor economia de movimento gastam menos energia para realizar o mesmo trabalho mecânico, preservando suas reservas de glicogênio muscular para os momentos decisivos da partida. O treinamento de força máxima e pliometria tem se mostrado eficaz na melhoria da economia de corrida, ao aumentar a rigidez (*stiffness*) do complexo músculo-tendíneo, permitindo um maior aproveitamento da energia elástica acumulada durante o ciclo alongamento-encurtamento da passada. Isso demonstra a interconexão indissociável entre o treinamento de força e a capacidade de *endurance* no futebol moderno.

A monitorização da carga interna através da frequência cardíaca e da percepção subjetiva de esforço (PSE) deve ser cruzada com dados de GPS (carga externa) para garantir que o treinamento esteja atingindo as zonas alvo de adaptação bioenergética. Para volantes, é crucial monitorar não apenas a distância total, mas a distância percorrida em zonas de alta velocidade ( $>19,8$  km/h) e o número de acelerações de alta intensidade ( $>3$  m/s<sup>2</sup>). Um programa de treinamento que negligencia a especificidade dessas métricas corre o risco de subtreinar o sistema anaeróbio ou sobrecarregar o sistema aeróbio de forma inespecífica, não preparando o atleta para a realidade caótica dos 90 minutos de jogo.

Por fim, a nutrição esportiva e a suplementação estratégica (como creatina, beta-alanina e nitratos) atuam como coadjuvantes indispensáveis na otimização dessas vias metabólicas. O conhecimento profundo da bioquímica do exercício permite ao profissional de Educação Física e à equipe multidisciplinar desenhar estratégias de *fueling*(abastecimento) pré, intra e pós-treino que maximizem a ressíntese de glicogênio e a reparação tecidual. O meio-campista defensivo, devido ao seu alto volume de jogo e envolvimento constante em duelos físicos, possui uma demanda calórica e proteica aumentada que deve ser periodizada de acordo com a carga dos microciclos de treinamento.

### **3. Análise biomecânica: a mecânica da desaceleração e mudança de direção**

A biomecânica do meio-campista defensivo é caracterizada fundamentalmente por um volume extraordinariamente alto de Acelerações e Desacelerações (*Acc/Dec*) de alta magnitude. Estudos biomecânicos avançados indicam que a carga mecânica gerada por uma desaceleração brusca (frenagem) pode ser até três a seis vezes superior à carga gerada por uma aceleração de mesma intensidade, devido às forças de reação do solo e à necessidade de dissipação de energia cinética. Para o volante, que precisa mudar de direção constantemente para fechar linhas de passe, acompanhar dribles de atacantes ágeis ou realizar coberturas defensivas, a capacidade de força excêntrica dos grupos musculares isquiotibiais e quadríceps é absolutamente vital para a integridade articular.

**Ano IV, v.1 2024 | submissão: 12/03/2024 | aceito: 14/03/2024 | publicação: 16/03/2024**

A falha na capacidade de força excêntrica, especialmente sob condições de fadiga, resulta frequentemente em lesões por estiramento muscular ou, em casos mais graves, na ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA), uma das lesões mais devastadoras no esporte. O mecanismo de lesão do LCA em situações de não-contato ocorre geralmente durante uma desaceleração combinada com uma mudança de direção e rotação do tronco, gerando um valgo dinâmico do joelho que excede a resistência tênsil do ligamento. O treinamento preventivo deve focar no controle neuromuscular do valgo dinâmico, fortalecimento do complexo póstero-lateral do quadril (glúteo médio e máximo) e aprimoramento da técnica de aterrissagem e frenagem.

O movimento de mudança de direção (COD - *Change of Direction*) envolve componentes perceptivo-cognitivos e motores complexos que vão além da simples força bruta. Biomecanicamente, uma COD eficiente exige uma base de suporte ampla, o abaixamento do centro de gravidade para aumentar a estabilidade e a aplicação otimizada de força lateral contra o solo para gerar o vetor de mudança. O treinamento de força para meio-campistas deve incluir exercícios com vetores de força multidirecionais e exercícios pliométricos que enfatizem o ciclo alongamento-encurtamento (CAE) em planos frontal e transversal, e não apenas no plano sagital, como ocorre na corrida linear tradicional.

A rigidez (*stiffness*) tendínea deve ser otimizada através de treinamento pliométrico para que a energia elástica acumulada na fase de aterrissagem seja reutilizada eficientemente na fase de propulsão seguinte. Um tendão complacente demais dissipa energia como calor, enquanto um tendão com a rigidez ideal atua como uma mola, aumentando a eficiência do movimento e reduzindo o custo metabólico das mudanças de direção. Exercícios como *drop jumps*, saltos com barreiras e exercícios de agilidade reativa são fundamentais para desenvolver essa qualidade mecânica específica nos volantes, que realizam centenas de CODs por partida.

A assimetria de força entre os membros inferiores é um fator de risco prevalente e perigoso no futebol, muitas vezes exacerbado pela preferência podal do atleta (perna dominante). A avaliação isocinética em atletas de elite frequentemente revela desequilíbrios significativos entre a musculatura flexora e extensora do joelho (razão I/Q) ou entre o membro dominante e o não dominante. A correção desses déficits através de treinamento de força unilateral e funcional é uma intervenção profilática obrigatória. O treinamento unilateral não apenas corrige assimetrias, mas também ativa a musculatura estabilizadora do tronco e do quadril de forma mais intensa do que exercícios bilaterais.

O "Core" (complexo lombo-pélvico-quadril) atua como o elo central de transferência de força entre os membros inferiores e superiores. Para o meio-campista defensivo, um *core* estável e forte é essencial para vencer duelos físicos (cargas ombro a ombro) sem perder o equilíbrio dinâmico e a posse da bola. A instabilidade do *core* resulta em "vazamento" de energia e menor eficiência na aplicação de força nos membros inferiores, além de aumentar o risco de lesões na região pubiana

**Ano IV, v.1 2024 | submissão: 12/03/2024 | aceito: 14/03/2024 | publicação: 16/03/2024**

(pubalgia) e na coluna lombar. O treinamento de estabilidade do *core* deve ser integrado aos movimentos funcionais do futebol, e não realizado apenas de forma isolada no solo.

Por fim, a análise biomecânica deve considerar a interação do atleta com a superfície de jogo (grama natural, grama sintética, híbrida) e o calçado (chuteiras). A tração rotacional excessiva proporcionada por certas combinações de travas e superfícies pode aumentar o risco de lesões torcionais em joelhos e tornozelos durante as mudanças de direção. O profissional de Educação Física deve orientar os atletas sobre a escolha adequada do equipamento e adaptar a intensidade dos treinos de mudança de direção de acordo com as características da superfície, minimizando o risco de travamento articular e maximizando a performance mecânica.

#### **4. Neurociência e fadiga: implicações táticas no alto rendimento**

A fadiga no futebol de alto rendimento não é um fenômeno puramente periférico ou metabólico; ela possui um componente neural central significativo que afeta diretamente a performance do meio-campista. A fadiga central, caracterizada pela redução na capacidade do sistema nervoso central de recrutar unidades motoras voluntárias, manifesta-se não apenas na diminuição da produção de força, mas também na deterioração das funções cognitivas superiores, como atenção, antecipação e tomada de decisão. Para um volante, cuja função primária é a leitura tática e a ocupação racional do espaço, a fadiga mental pode ser tão ou mais prejudicial quanto a falha muscular.

Estudos neurofisiológicos demonstram que, sob condições de fadiga, ocorre uma diminuição na velocidade de condução do impulso nervoso e uma alteração nos padrões de ativação muscular, resultando em movimentos menos coordenados e menos eficientes. Isso explica por que muitos erros técnicos (passes errados, domínios falhos) e táticos (posicionamento incorreto, atraso na cobertura) ocorrem nos últimos 15 minutos de cada tempo de jogo. O treinamento de resistência deve, portanto, incorporar tarefas cognitivas complexas sob estado de fadiga física induzida, treinando o cérebro a manter a eficiência do processamento de informações mesmo em condições de estresse fisiológico elevado.

A capacidade de manter a concentração focal e a vigilância periférica é vital para o meio-campista defensivo. A neurociência aplicada ao esporte sugere que o treinamento de "resistência mental" ou "resiliência cognitiva" pode ser realizado através de jogos reduzidos com regras variáveis e alta demanda de processamento de informação. Ao sobrecarregar o sistema cognitivo durante o esforço físico, promove-se adaptações neurais que aumentam a tolerância à fadiga mental e melhoram a capacidade do atleta de filtrar estímulos irrelevantes e focar nas pistas visuais críticas do jogo, como a linguagem corporal do adversário.

A fadiga neuromuscular também afeta a propriocepção e o controle postural dinâmico, aumentando o risco de entorses e lesões ligamentares. Quando os mecanorreceptores articulares e

**Ano IV, v.1 2024 | submissão: 12/03/2024 | aceito: 14/03/2024 | publicação: 16/03/2024**

musculares têm sua sensibilidade reduzida pela fadiga, o tempo de resposta reflexa para estabilizar uma articulação diante de uma perturbação inesperada aumenta perigosamente. A inclusão de exercícios de equilíbrio e perturbação em estados de pré-fadiga controlada durante os treinos pode ajudar a adaptar o sistema sensorio-motor a operar de forma mais segura e eficiente nos momentos finais das partidas competitivas.

A recuperação neural pós-jogo é um aspecto frequentemente negligenciado em comparação com a recuperação metabólica. O estresse cognitivo de uma partida de alta competitividade, somado às viagens e à pressão por resultados, pode levar a um estado de *burnout* ou fadiga crônica do sistema nervoso. Estratégias de higiene do sono, monitoramento da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) como marcador de equilíbrio autonômico e técnicas de relaxamento são fundamentais para restaurar a prontidão neural do meio-campista para o próximo microciclo de treinamento e competição.

O entendimento da fadiga neural também influencia a estratégia de substituições e rotação de elenco. A análise de dados de GPS e acelerometria em tempo real permite identificar quedas abruptas na intensidade ou na frequência de ações explosivas, sinalizando que o sistema neuromuscular do atleta atingiu seu limite funcional. A substituição tática de um volante fadigado não é apenas uma questão de manter a intensidade física da equipe, mas de preservar a integridade estrutural do sistema defensivo, que depende da lucidez e da capacidade de reação rápida desse jogador chave.

Conclui-se que a preparação física moderna deve transcender o modelo hidráulico de "encher o tanque de energia" e adotar um modelo neurobiológico complexo. O treinamento do meio-campista defensivo deve visar a construção de um atleta resistente à fadiga em todos os seus níveis — metabólico, muscular e neural. A integração entre a ciência do exercício e a neurociência cognitiva é a fronteira final para a otimização da performance humana no futebol de elite, permitindo que a técnica e a tática prevaleçam sobre o cansaço.

## **5. Antropometria, composição corporal e força específica**

O perfil antropométrico e a composição corporal do meio-campista defensivo evoluíram significativamente para acompanhar as demandas físicas do futebol contemporâneo. Atualmente, busca-se um atleta com baixo percentual de gordura corporal (idealmente entre 8% e 10%) e uma massa muscular funcional bem desenvolvida, que proporcione potência sem comprometer a agilidade e a resistência. O excesso de gordura corporal representa um peso morto que aumenta o custo energético da locomoção e a carga sobre as articulações nas fases de impacto, acelerando a fadiga e aumentando o risco de lesões crônicas por sobrecarga.

A relação peso-potência é um indicador crucial de performance. O meio-campista não

**Ano IV, v.1 2024 | submissão: 12/03/2024 | aceito: 14/03/2024 | publicação: 16/03/2024**

precisa ter a hipertrofia excessiva de um fisiculturista, que poderia limitar a amplitude de movimento e a eficiência cardiovascular, mas necessita de níveis ótimos de força relativa. O treinamento de força deve focar na hipertrofia miofibrilar (aumento da densidade contrátil) em detrimento da hipertrofia sarcoplasmática, visando o aumento da capacidade de produção de força por unidade de massa muscular. Isso permite que o atleta seja forte nos duelos e explosivo nas arrancadas, mantendo-se leve o suficiente para suportar 90 minutos de corrida intermitente.

A avaliação antropométrica regular, utilizando protocolos como o ISAK (*International Society for the Advancement of Kinanthropometry*), permite monitorar as adaptações morfológicas ao treinamento e à dieta. Para volantes, a massa muscular nos membros inferiores, especialmente glúteos, quadríceps e isquiotibiais, é fundamental para a geração de potência e proteção articular. No entanto, a força do tronco e da cintura escapular também é vital para a estabilidade nos contatos físicos e para a eficiência da biomecânica da corrida, atuando como contra-balanço durante os movimentos dos membros inferiores.

O conceito de "Força Ótima" deve guiar a preparação física. Existe um ponto a partir do qual o ganho adicional de força máxima não se traduz em melhoria da performance no campo e pode até prejudicar a coordenação fina ou a resistência. O objetivo é desenvolver a força que pode ser aplicada nas velocidades e tempos de execução específicos do futebol. A transferência da força ganha na sala de musculação para o campo de jogo é realizada através de exercícios complexos e de contraste, onde movimentos de força pesada são imediatamente seguidos por gestos esportivos explosivos biomecanicamente similares.

A individualidade biológica deve ser respeitada na definição das metas de composição corporal. Meio-campistas com características mais defensivas e físicas podem se beneficiar de uma maior massa muscular para imposição física, enquanto volantes com características de maior mobilidade e construção de jogo podem priorizar um perfil mais longilíneo e resistente. O papel do fisiologista e do preparador físico é encontrar o equilíbrio ideal para cada atleta, ajustando as variáveis de treinamento e nutrição para moldar o físico às necessidades táticas da posição e às características genéticas do indivíduo.

A nutrição periodizada desempenha um papel central na manipulação da composição corporal. A ingestão de macronutrientes deve ser ajustada de acordo com o gasto energético diário e os objetivos do microciclo (perda de gordura, manutenção ou ganho de massa magra). O *timing* da ingestão de proteínas e carboidratos é crucial para maximizar a síntese proteica e a recuperação do glicogênio. A educação nutricional do atleta é parte integrante do treinamento invisível, garantindo que o corpo tenha o substrato necessário para se adaptar aos estímulos do treinamento físico intenso.

Em suma, a construção do corpo do atleta de elite é um processo científico e contínuo. A antropometria e a composição corporal não são apenas questões estéticas, mas determinantes

**Ano IV, v.1 2024 | submissão: 12/03/2024 | aceito: 14/03/2024 | publicação: 16/03/2024**

funcionais da performance biomecânica e fisiológica. O meio-campista defensivo moderno é um atleta lapidado para a eficiência, onde cada grama de massa corporal tem uma função específica na execução das complexas tarefas motoras e táticas exigidas pelo futebol de alto nível.

## 6. Conclusão

A análise biomecânica e fisiológica detalhada apresentada neste estudo confirma, de maneira inequívoca, que a posição de meio-campista defensivo constitui uma das funções mais exigentes e complexas do esporte moderno sob a ótica da ciência do movimento. A performance de elite nesta posição não é fruto do acaso ou apenas do talento técnico inato, mas sim o resultado de uma adaptação biológica refinada e sistemática a estímulos de treinamento altamente específicos e controlados. A integração harmoniosa entre a capacidade aeróbia de elite, necessária para suportar o volume de jogo e a recuperação intra-esforço, e a potência neuromuscular explosiva, vital para definir lances cruciais e vencer duelos, deve ser o objetivo central da preparação física contemporânea no futebol.

A investigação demonstrou que a negligência em relação às demandas excêntricas das frenagens e mudanças de direção é um fator causal primário na epidemiologia das lesões musculares e ligamentares em volantes. Portanto, a inclusão de protocolos de treinamento de força excêntrica, pliometria multidirecional e estabilização do core não deve ser vista como complementar, mas como o alicerce fundamental da prevenção de lesões e da longevidade atlética. A capacidade de desacelerar eficientemente é tão importante quanto a capacidade de acelerar, tanto para a performance tática quanto para a saúde articular do atleta.

Além disso, a compreensão da fadiga como um fenômeno neurobiológico complexo, que afeta a tomada de decisão e a coordenação motora fina, reitera a necessidade de metodologias de treinamento que integrem o estresse cognitivo ao esforço físico. O atleta moderno deve ser treinado para pensar com clareza enquanto opera em acidose metabólica e estresse mecânico. A monitorização da carga interna e externa, aliada a estratégias de recuperação baseadas em evidências, permite ao treinador e ao preparador físico modular o estresse imposto ao atleta, maximizando as adaptações positivas e minimizando o risco de *overtraining*.

Conclui-se, portanto, que a atuação do profissional de Educação Física no contexto do futebol de alto rendimento deve ser rigorosamente pautada em dados científicos, fisiologia aplicada e biomecânica, afastando-se do empirismo e da tradição sem fundamento. O entendimento profundo das vias metabólicas, da mecânica vetorial das ações de jogo e dos marcadores biológicos de fadiga é essencial para a construção de atletas resilientes, inteligentes e de alta performance. A ciência do esporte, quando aplicada com rigor acadêmico e sensibilidade prática, transforma o potencial genético bruto em excelência atlética sustentável, elevando o nível do jogo e protegendo o ser humano por trás do atleta.



## 7. Referências

BANGSBO, J. **The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise.** *Acta Physiologica Scandinavica*, v. 151, suppl. 619, p. 1-155, 1994.

BOMPA, T. O.; HAFF, G. G. **Periodization: Theory and Methodology of Training.** 5. ed. Champaign: Human Kinetics, 2009.

BRADLEY, P. S. et al. **High-intensity running in English FA Premier League soccer matches.** *Journal of Sports Sciences*, v. 27, n. 2, p. 159-168, 2009.

DI SALVO, V. et al. **Analysis of high intensity activity in Premier League soccer.** *International Journal of Sports Medicine*, v. 30, n. 3, p. 205-212, 2009.

GABBET, T. J. **The training—injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder.** *British Journal of Sports Medicine*, v. 50, n. 5, p. 273-280, 2016.

MCHUGH, M. P. et al. **The role of passive muscle stiffness in symptoms of exercise-induced muscle damage.** *American Journal of Sports Medicine*, v. 27, n. 5, p. 594-599, 1999.

RAMPIRINI, E. et al. **Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level.** *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 12, n. 1, p. 227-233, 2009.

STØLEN, T. et al. **Physiology of soccer: an update.** *Sports Medicine*, v. 35, n. 6, p. 501-536, 2005.