

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE
EDUCAÇÃO FÍSICA BACHARELADO

ANA KAROLYNE DA SILVA SANTOS
MARIA JULIANA DE OLIVEIRA ROMÃO DA SILVASILVA

VALIDAÇÃO DO PROTOCOLO FORÇA X VELOCIDADE PARA AVALIAR O CHUTE
DE JOGADORES DE FUTEBOL.

Maceió
2023

ANA KAROLYNE DA SILVA SANTOS
MARIA JULIANA DE OLIVEIRA ROMÃO DA SILVA

VALIDAÇÃO DO PROTOCOLO DE FORÇA X VELOCIDADE NO CHUTE DE
JOGADORES DE FUTEBOL.

Trabalho de conclusão de curso de Educação física Bacharelado da Universidade Federal de Alagoas como requisito para obtenção do grau em Bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Filipe Antônio De Barros Sousa.

Maceió

2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecário: Jone Sidney A. Oliveira – CRB-4 – 1485

S237v Santos, Ana Karolyne da Silva.

Validação do protocolo força x velocidade para avaliar o chute de jogadores de futebol. / Ana Karolyne da Silva Santos, Maria Juliana de Oliveira Romão da Silva. - 2023.

[20] f.

Orientador: Filipe Antônio de Barros Sousa.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Educação Física: Licenciatura) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Educação Física e Esporte. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. [19]-[20].

1. Biomecânica. 2. Esporte coletivo. 3. Estudo metodológico – Educação Física. I. Título.

CDU: 796

AGRADECIMENTOS

A Deus, por nossa vida, saúde e por nos permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste sonho.

Aos nossos familiares que sempre estiveram nessa jornada conosco, pelo amor incondicional e todo apoio.

A todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta com a realização desse trabalho.

RESUMO

Observando que o chute é um dos principais componentes do futebol, decompor a variável para uma melhor avaliação é de grande valia para a ciência esportiva. O perfil de força-velocidade (F.v) é uma abordagem que permite enxergar um parâmetro de desempenho por diversos parâmetros de interesse e ainda não foi aplicado no chute. O objetivo foi testar a validade e reprodutibilidade do teste que mede a relação F.v no chute de jogadores de futebol. Foram convidados a participar desse estudo quinze voluntários saudáveis com idade de 18 ± 1 anos, jogadores de futebol do gênero masculino, com massa corporal de $69,8 \pm 13,1$ kg e estatura de 176 ± 8 cm e que participam de treinamento sistematizado. Desses quinze voluntários, oito retornaram para uma segunda sessão de teste, para análise da reprodutibilidade do teste. Para mensurar a força do chute, aplicamos uma nova metodologia atada, com uma célula de carga, que envia um sinal elétrico a um sistema de aquisição de sinais e o armazena no computador para ser analisado em um software específico. Na execução do teste o avaliado teve seu tornozelo atado a uma corda elástica de baixa resistência. Foram utilizadas quatro resistências distintas, e para cada uma delas, três tentativas de chute na bola aplicando o máximo de força possível em um intervalo de 0,15 segundos entre elas, totalizando 12 chutes por atleta. Já a velocidade de projeção do tornozelo foi avaliada por videogrametria, ou seja, os chutes foram filmados por 2 câmeras 4k UHD que foram calibradas usando pontos com distâncias conhecidas no campo, marcados para essa finalidade. O movimento foi rastreado a partir de um ponto no tornozelo, usando o software DvideoW e a posição desse ponto foi reconstruída por meio do método DLT (Direct Linear Transformation) para unidades de metros nos três eixos do plano cartesiano. Para finalizar, uma função foi construída em ambiente Matlab com propósito de analisar a trajetória do tornozelo. Logo a função retornou a velocidade resultante do atleta por meio do método de composição vetorial pelo teorema de Pitágoras, para verificar qual teria melhor ajuste no modelo da relação F.v. Com base nos valores de força obtidos pela célula de carga e da velocidade do pé obtidos por videogrametria, foi possível gerar relações entre força e velocidade e entre força e potência de forma individual para cada atleta. Com a análise dos dados é possível afirmar que o modelo confirma a hipótese em questão. Visto que as velocidades de chute foram significativamente menores e as forças máximas maiores com o aumento da resistência. Foi possível aplicar o modelo da relação F.v em jogadores de futebol utilizando o movimento de chute contra diferentes resistências. O ajuste da reta não foi o ideal em todos os casos e diferiu muito na análise de reprodutibilidade. Foi possível aplicar o modelo da relação força x velocidade em jogadores de futebol utilizando o movimento de chute contra diferentes resistências. A força realizada é de fato menor contra as resistências menores, e as velocidades são maiores contra resistências menores. O ajuste da reta não foi o ideal em todos os casos e diferiu muito na análise de reprodutibilidade.

Palavras-chave: Biomecânica, Esporte coletivo, Estudo metodológico.

ABSTRACT

Given that kicking is one of the main components of soccer, breaking down the variable for better evaluation is of great value to sports science. The force-velocity profile (F.v) is an approach that allows a performance parameter to be viewed through various parameters of interest and has not yet been applied to kicking. The aim was to test the validity and reproducibility of the test that measures the F.v ratio in soccer players' kicks. Fifteen healthy volunteers aged 18 ± 1 years, male soccer players, with a body mass of 69.8 ± 13.1 kg and a height of 176 ± 8 cm and who participate in systematic training, were invited to take part in this study. Of these fifteen volunteers, eight returned for a second test session to analyze the test's reproducibility. To measure the force of the kick, we applied a new methodology, using a load cell, which sends an electrical signal to a signal acquisition system and stores it in a computer to be analyzed using specific software. To carry out the test, the test subject had their ankle tied to a low-resistance elastic rope. Four different resistances were used, and for each one, three attempts were made to kick the ball, applying as much force as possible with a 0.15 second interval between them, totaling 12 kicks per athlete. Ankle projection speed was assessed using videogrammetry, i.e. the kicks were filmed by 2 4k UHD cameras that were calibrated using points with known distances on the field, marked for this purpose. The movement was tracked from a point on the ankle using the DvideoW software and the position of this point was reconstructed using the DLT (Direct Linear Transformation) method to units of meters on the three axes of the Cartesian plane. Finally, a function was built in Matlab to analyze the trajectory of the ankle. The function then returned the athlete's resulting velocity using the vector composition method using the Pythagorean theorem, to check which would best fit the F.v. relationship model. Based on the force values obtained by the load cell and the foot velocity obtained by videogrammetry, it was possible to generate relationships between force and velocity and between force and power individually for each athlete. Analysis of the data shows that the model confirms the hypothesis in question. The kicking speeds were significantly lower and the maximum forces higher as the resistance increased. It was possible to apply the F.v relationship model to soccer players using the kicking motion against different resistances. The fit of the line was not ideal in all cases and differed greatly in the reproducibility analysis. It was possible to apply the model of the force x velocity relationship to soccer players using the kicking motion against different resistances. The force exerted was indeed lower against lower resistance, and the speeds were higher against lower resistance. The straight line fit was not ideal in all cases and differed greatly in the reproducibility analysis.

Keywords: Biomechanics, Team sports, Methodological study.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAIS E MÉTODOS	9
2.1. Caracterização dos sujeitos da pesquisa.....	9
2.2 Modelo para mensuração de força de chute no futebol	9
2.3 Análise de videogrametria.....	11
2.5 Análise estatística.....	14
3. RESULTADOS	15
4. DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÕES	19
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	20

1. INTRODUÇÃO

O futebol é a modalidade esportiva mais popular do mundo. Neste sentido é de se esperar que o interesse em entender os componentes táticos, técnicos e físicos do futebol seja de suma importância na ciência esportiva (SVENSSON; DRUST, 2005). O futebol é uma modalidade esportiva que engloba movimentos de alta-intensidade, separados por períodos de baixa intensidade ao longo de um jogo (DRUST; ATKINSON; REILLY, 2007).

Para atender toda essa demanda física exigida durante uma partida, um atleta de futebol precisa condicionar uma série de variáveis que serão importantes em momentos distintos e, por consequência, decisivos por todo o jogo (DRUST; ATKINSON; REILLY, 2007). Geralmente, no futebol as variáveis mais analisadas são os parâmetros aeróbios e anaeróbios, força, agilidade e flexibilidade (EKBLÖM, 1989). Assim, embora esses fatores sejam relevantes para o jogo, o futebol é uma modalidade esportiva bastante complexa, na qual diversos fatores podem justificar o sucesso ou fracasso de uma equipe.

Apesar da alta complexidade do futebol, o objetivo final do futebol é, no final das contas, marcar gols na equipe adversária. A maneira mais utilizada para alcançar tal objetivo é por meio do chute. O chute é, notavelmente, uma das habilidades mais determinantes no futebol (KATIS et al., 2013), a qual é considerada como ação de definição (LEES et al., 2010). De acordo com Lees e Nolan (1998), o chute é o fundamento ou habilidade mais estudada no futebol, sendo assim, possuir ferramentas eficazes para melhorar na performance que podem influenciar seu desempenho positivamente.

Diversos estudos buscaram avaliar fatores físicos e biomecânicos que determinam a força e precisão do chute (MANOLOPOULOS; PAPADOPOULOS; KELLIS, 2006). Em relação a força, uma evidência mostra que após 10 semanas de treino de força os indivíduos aumentaram a velocidade da bola e também a velocidade linear do pé (ou seja, velocidade entre a posição inicial e o toque na bola) (MANOLOPOULOS; PAPADOPOULOS; KELLIS, 2006). Outro estudo mostrou que um chute com mais precisão demanda mais ativação muscular dos músculos tibial anterior e bíceps femoral e um chute menos preciso ativa mais o reto femoral (KATIS et al., 2013). Interessante que o movimento ideal do tronco e membros superiores contribui bastante para o desempenho ideal do chute (SHAN; WESTERHOFF, 2005). A força do chute também depende da potência muscular, produto da força pela velocidade, que consiste na força máxima que um músculo pode gerar em uma determinada velocidade (ENOKA, 2000;

GUEDES; JUNIOR; ROCHA, 2008). Portanto, diversos fatores físicos e biomecânicos influenciam o desempenho do chute.

Embora essas evidências mostrem alguns componentes associados ao chute, aumentar o número de variáveis observadas durante o mesmo movimento pode avançar ainda mais o conhecimento relacionado ao chute. Uma abordagem bastante interessante, baseada na dinâmica

inversa, é o perfil força-velocidade (F.v). O perfil F.v permite entender a relação entre os parâmetros de força e velocidade através de uma extrapolação de uma relação linear entre essas duas variáveis baseadas em diversos esforços (SAMOZINO et al., 2016). Após essa extrapolação é possível observar o fenômeno por meio de algumas variáveis, como a máxima força teórica (Fzero), máxima velocidade teórica (Vzero), e a inclinação da relação entre F.v (slope). Geralmente, essas variáveis do perfil F.v têm sido usadas para o treinamento do desenvolvimento de potência e desempenho geral em sprints (HELLAND et al., 2018). Contudo, realizar esse tipo de medida em condições dinâmicas com elevada validade ecológica [ou seja, no próprio chute usando a máxima velocidade (VMAX) anteroposterior] e, portanto, melhor aplicabilidade para a prática esportiva pode ser de grande valia para a compreensão mais avançada do chute. Visto que, os estudos anteriores não realizaram análises dessas variáveis com tamanha validade ecológica, ou seja, de forma tão específica com a execução do movimento do chute em campo, semelhante à forma como é realizado durante o jogo, testar a validade e reprodutibilidade dessa forma é importante para a consolidação do perfil F.v no chute.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo testar a aplicabilidade e reprodutibilidade do teste que mede a relação F.v no chute de jogadores de futebol. Além disso, selecionar a melhor variável da velocidade anteroposterior, por exemplo, velocidade máxima (VMAX), média das velocidades máximas (VMAXmédica) e mediana dasa) pode avançar para traçar o perfil F.v. Portanto, a hipótese do trabalho é que quanto maior a resistência imposta entre os esforços menor será a velocidade anteroposterior. Em adição, escolher a VMAX pode ser o melhor parâmetro para avaliar o perfil F.v.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Caracterização dos sujeitos da pesquisa

Foram convidados a participar desse estudo quinze voluntários saudáveis, atletas futebol do gênero masculino da categoria sub 20 de uma equipe de futebol que participa treinamento sistematizado nos projetos de pesquisa da UFAL. Todos os atletas forneceram seu consentimento para participação no estudo. Os atletas e comissão foram instruídos sobre os critérios de exclusão, como realização de esforços excessivos 24 horas antes dos testes, lesão ou dores limitantes ao desempenho. Esses jogadores com idade de 18 ± 1 anos, massa corporal de $69,8 \pm 13,1$ kg e estatura de 176 ± 8 cm, com percentual de gordura de $13,0 \pm 4,6$ %. Desses quinze voluntários, oito retornaram para uma segunda sessão de testes idêntica a primeira, para análise da reprodutibilidade do teste. Estes foram escolhidos de forma, de forma aleatória e por conveniência, a partir da dispensação do treinamento pelo técnico da equipe.

2.2 Modelo para mensuração de força de chute no futebol

Para a mensuração da força de chute foi empregada uma nova aplicação de metodologia atada, nunca antes realizada para análise do chute. O desenvolvimento do ergômetro foi feito da seguinte forma a célula de carga estava captando 1000Hz de sinais elétricos por segundo esses sinais eram transferidos para um software que tratava os dados identificando o eixo x como sinal elétrico e o eixo y como as cargas aplicadas, logo após esses dados eram importados em formato TXT ou em excel. Em seguida foi feita sua calibração com zero, meio, um, um e meio e dois quilogramas, consecutivamente. Foi determinada a dispersão desses pontos através da fórmula sinal voltagem*inclinação da reta + intercessão da reta para obter uma linha de tendência para conversão dos sinais de voltagem em sinais de força (Figura 1).

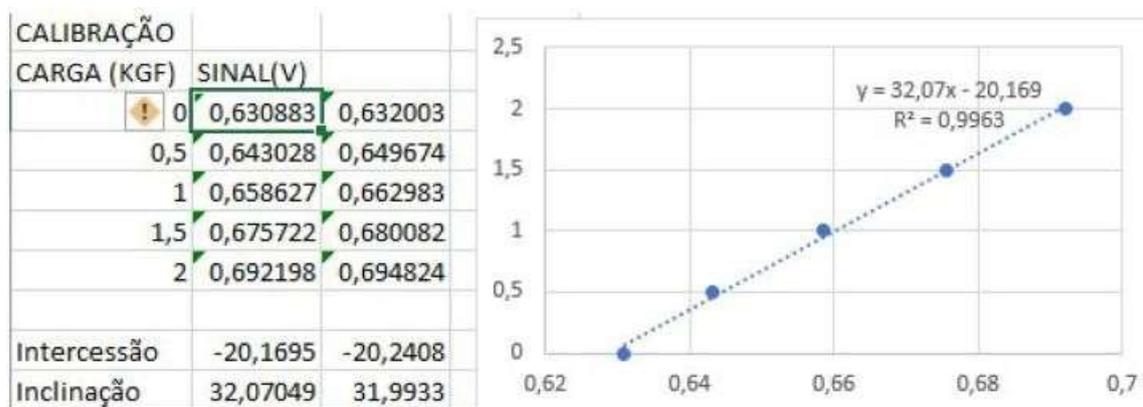


Figura 1 – Reta de calibração para conversão dos sinais de voltagem em sinais de força.

O sistema de aquisição de sinais consiste em um módulo DAQ usb (DAQ USB-6000, National Instruments), um amplificador de sinais (EMG systems Brasil) e uma célula de carga (CSLZL-250, MK controle e instrumentação, SP, Brasil) dispostos nas figuras 2 e 3. O módulo DAQ acondiciona os sinais oriundos da célula de carga e do amplificador, mandando para armazenamento pelo notebook, por meio de software específico (DAQexpress, National Instruments). A célula de carga responde aos estímulos de extensão provocados pelo chute, que acontece atado ao pé do avaliado por meio de diferentes resistências elásticas.



Figura 2 – Emprego do sistema de aquisição de sinais no campo.



Figura 3 – Disposição do sistema em relação ao avaliado e a bola.

Para realização do protocolo e uso do ergômetro, a célula de carga foi presa a trave de futebol com uma corda para assim fixa-la e mantê-la relativamente estável. Os chutes foram realizados numa demarcação de 4,50m de comprimento por 2m de largura (Figura 4). Foram usados de forma a acrescentar resistência durante o teste, elásticos com quatro resistências distintas, atados ao tornozelo dos voluntários.



Figura 4 – Vista aérea (esq.) da disposição do espaço demarcado para filmagem da execução do protocolo de chutes e posterior rastreamento usando o software Dvideow. A bola foi posicionada na marca de 1,5 metros de distância do ponto inicial. A direita, é possível visualizar a execução do chute no espaço calibrado.

O teste consistiu na realização de chutes na bola o mais forte possível com o objetivo de aplicar o máximo de deslocamento da bola no campo contra uma resistência elástica e ao uso de cada elástico foi pedido que o voluntário realizasse três chutes na bola de futebol usando a técnica de sua preferência, com a perna com maior força predominante. Ao término de cada chute o avaliador entregava uma bola ao avaliado para que ele se reorganizasse para o chute seguinte. Foram realizados um total de 12 chutes, sendo cada três contra uma resistência diferente dos elásticos (Figura 4), em quatro baterias, com 10 minutos de intervalo entre si. Foi retida para análise a força máxima de chute para análise da relação F.v. As velocidades de projeção dos tornozelos foram avaliadas por videogrametria.

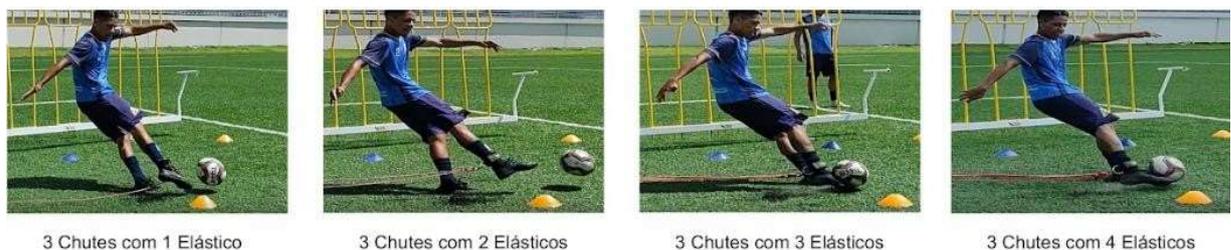


Figura 5 – Sequencia de chutes na bola, demonstrando a execução do teste com os acréscimos de elásticos com resistências distintas.

2.3 Análise de videogrametria

Para a análise de videogrametria, os chutes foram filmados usando duas câmeras de smartphone (Motorola®, one fusion model, 4K UHD (3840x2160) 30 fps, abertura de f/1.7, tamanho do sensor 1/2", e 0.8 μ m de tamanho de pixel). As câmeras foram calibradas usando pontos com distâncias conhecidas no campo, marcados para essa finalidade (Figura 6).



Figura 6 –Disposição da segunda câmera e do avaliador na aplicação do ergômetro.

Os pontos foram distribuídos nos eixos antero-posterior (x), látero-lateral (y) e crânio-podal (z) (Figura 7). Os vídeos das duas câmeras foram calibrados e rastreados a partir de um ponto no tornozelo, usando o software DvideoW (Campinas, Brasil) (BARROS et al., 2007; VIEIRA et al., 2019) (Figura 8). Instalado no computador com o propósito de analisar os vídeos e a trajetória dos chutes de cada atleta. Para iniciar o processo foi necessário a criação de uma planilha de calibração no Excel, com nome de cada atleta e a sequência de vídeos da ter como lista de controle de análise.

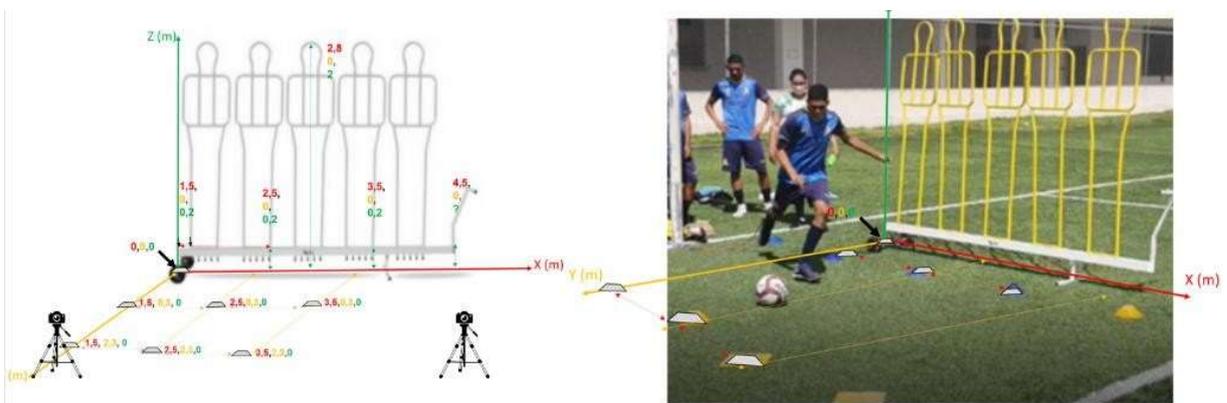


Figura 7 – Marcação dos pontos de calibração distribuídos nos eixos antero-posterior (x), látero-lateral (y) e crânio-podal (z).

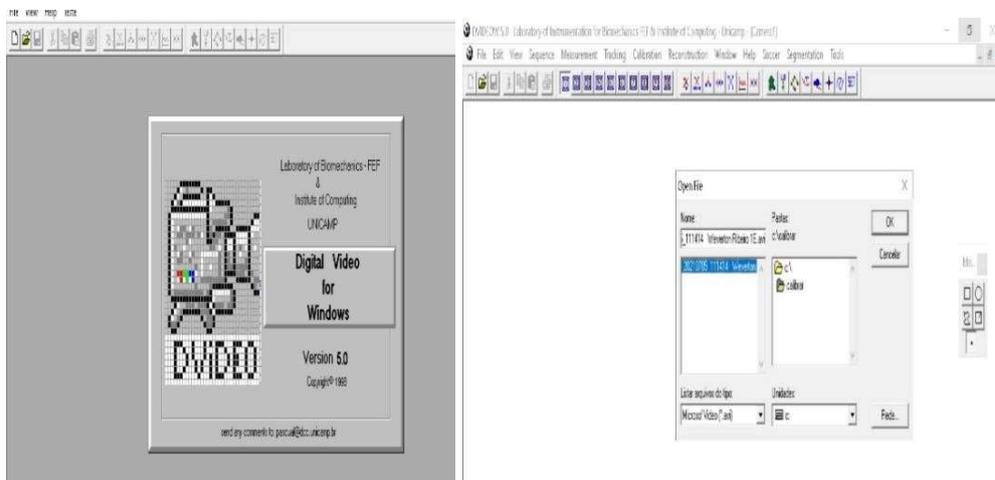


Figura 8- Interface do software Dvideo.

A posição desse ponto no tornozelo foi reconstruída por meio do método DLT (Direct Linear Transformation) para unidades de metros nos três eixos do plano cartesiano. O primeiro passo foi carregar a calibração no dos pontos escolhidos no software DvideoW, foram marcados cerca de 120 pontos, porém o software só comporta 30 pontos (figura 9), logo após a análise foi iniciada, marcando um ponto central no tornozelo a cada frame, ou seja, cada click no mouse se refere a um ponto, na variável de posição m/s, marcando a trajetória do movimento desde o início do chute até o ponto final, depois do impacto na bola (figura 10). Em seguida com todos os pontos marcados, o software mostrava a trajetória exata do tornozelo do atleta do ponto X ao ponto Y, onde a marcação ia modificando os valores dos eixos X e Y.

CALIBRAÇÃO D'VIDEOW							
	x	y	z		x	y	z
1	0,0000	0,0000	0,0000	16	1,4600	0,0000	0,2300
2	0,0000	0,2200	0,0000	17	1,7050	0,0000	0,2300
3	0,0000	0,3000	0,0000	18	1,7800	0,0000	1,2600
4	0,0000	2,3000	0,0000	19	1,8450	0,0000	0,1400
5	0,1300	0,0000	0,2300	20	1,9850	0,0000	0,2300
6	0,2700	0,0000	0,1400	21	2,0000	0,3000	0,0000
7	0,4100	0,0000	0,2300	22	2,0000	2,3000	0,0000
8	0,6550	0,0000	0,2300	23	2,1000	0,0000	0,0000
9	0,7700	0,0000	1,2600	24	2,1000	0,1900	0,0000
10	0,7950	0,0000	0,1400	25	2,2300	0,0000	0,2300
11	1,0000	0,3000	0,0000	26	2,3700	0,0000	0,1400
12	1,0000	2,3000	0,0000	27	2,4200	0,0000	1,2600
13	1,1800	0,0000	0,2300	28	2,5100	0,0000	0,2300
14	1,2750	0,0000	1,3300	29	2,8000	0,0000	0,2300
15	1,4150	0,0000	1,2600	30	3,0000	0,0000	0,7700

Figura 9 – Marcação dos pontos utilizados para calibração do rastreamento por vídeo.

Ao final do rastreamento o arquivo foi salvo na planilha onde cada atleta tinha sua pasta com os dados da calibração. Posteriormente uma função foi construída em ambiente MatLab (Mathworks, EUA) e para esse propósito foi utilizada para análise da trajetória do tornozelo. A função retornou à velocidade resultante do atleta por meio do método de composição vetorial pelo teorema de Pitágoras.

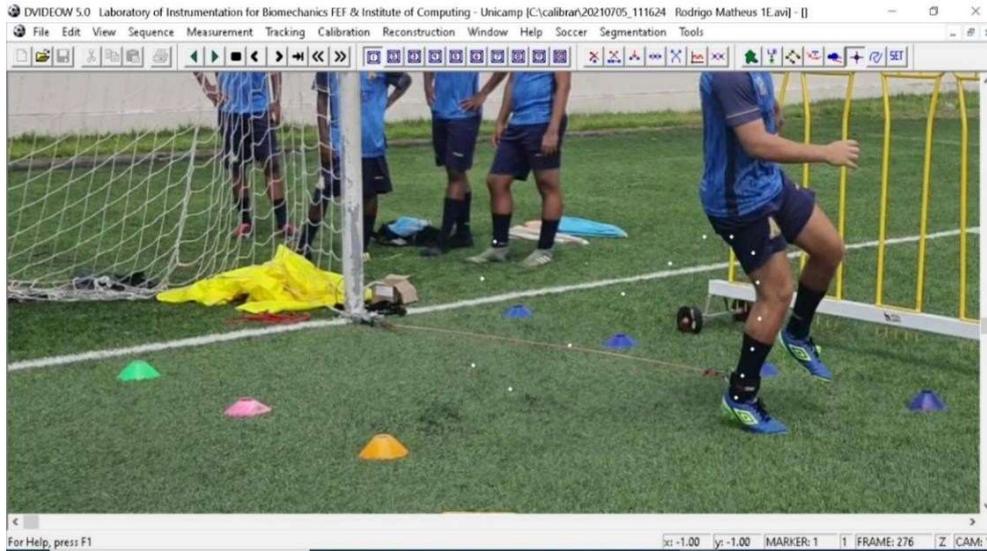


Figura 10 – Marcação dos pontos de rastreamento no final do movimento, para reconstrução da sua trajetória.

Foram retidas para análise nesse trabalho a maior velocidade até o deslocamento máximo no eixo x (antero-posterior) das três tentativas de cada resistência enfrentada (VMAX), a mediana dessas velocidades (VMAXmediana), e a média entre os valores máximos das três tentativas (VMAXmedia), para verificar qual teria melhor ajuste no modelo da relação F.v.

2.4 Relação F.v

As relações entre força e velocidade e entre força e potência serão geradas individualmente para cada atleta com base nos valores de força obtidos pela célula de carga e de velocidade do pé obtidos pela videogrametria. Sendo assim, foram obtidos valores de força e velocidade contra quatro resistências diferentes no movimento específico de chute. Para cada atleta, força e velocidade foram plotadas em plano cartesiano e avaliadas utilizando uma análise de regressão linear pelo método de mínimos quadrados. Esse tipo de análise permite encontrar a força máxima teórica (Fzero), a velocidade máxima teórica (Vzero), a inclinação da reta entre força e velocidade (slope).

2.5 Análise estatística

A normalidade dos dados foi testada por meio do teste de lilliefors. A qualidade de ajuste entre a força e a velocidade medidas foram avaliadas pelo coeficiente linear de ajuste da reta (R^2). Um ANOVA one-way de medidas repetidas, foi realizado entre as diferentes alternativas de velocidade máxima, para verificar diferença entre os métodos. A reprodutibilidade dos dados foi analisada por meio de um delta percentual de diferença entre os resultados obtidos.

2. RESULTADOS

Os dados de força e velocidade para os chutes contra as quatro resistências diferentes estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados descritivos de força e velocidade contra as quatro resistências, realizados na primeira sessão de testes (n=15)

	Resistência 1	Resistência 2	Resistência 3	Resistência 4	P
VMAX (m/s)	15,8* ± 0,9	15,3* ± 1,0	14,9* ± 1,0	14,4* ± 0,9	< 0.01
VMAX _{mediana} (m/s)	14,9* ± 0,9	14,3* ± 0,9	13,5* ± 0,8	13,0* ± 1,0	< 0.01
VMAX _{media} (m/s)	14,1* ± 1,9	8,8 ± 0,6	8,5 ± 0,5	8,2 ± 0,6	< 0.01
F _{max} (N)	82,3* ± 20,7	119,4* ± 11,1	145,8* ± 8,6	208,7* ± 11,3	< 0.01

VMAX – Velocidade máxima; VMAX_{mediana} - Velocidade máxima mediana; VMAX_{media} -Velocidade máxima media; F_{max} – Força máxima; P – Desvio padrão;

* - diferença significativa para todos as resistências;

A análise da tabela 1 demonstra que o modelo teve sucesso em sua aplicação. As velocidades de chute foram significativamente menores com o aumento da resistência, e as forças máximas maiores com o aumento da resistência. Esse é um dos pressupostos para se aplicar a relação F.v, onde com o aumento da resistência enfrentada se aumenta a força, mas em detrimento da diminuição da velocidade de execução. A exceção foi quando usamos o VMAX_{media}, pois as diferenças, apesar de terem sido significativas no ANOVA, apenas a primeira resistência teve velocidade superior às demais. A resistência 2 a 4 não foram diferentes entre si, não atingindo o pressuposto para aplicação do modelo F.v.

A Tabela 2 apresenta as comparações entre os métodos de determinação da relação F.v utilizando os diferentes parâmetros de velocidade máxima calculados.

Tabela 2 – Dados descritivos da relação F.v no chute de jogadores de futebol (n=15)

	VMAX	VMAX _{mediana}	VMAX _{media}	P
Vzero (m/s)	16,5 ^a ± 1,4	16,0 ^a ± 1,3	9,9 ± 1,5	< 0,01
Fzero (N)	706,0 ± 554,7	993,7 ± 479,6	1284,6 ± 885,1	0,07
Slope	-37,8 ^a ± 36,0	-61,6 ^a ± 34,5	-132,0 ± 103,4	< 0,01
R²	0,52 ^b ± 0,41	0,79 ± 0,27	0,75 ± 0,33	0,03

VMAX – Velocidade máxima; VMAX_{mediana} - Velocidade máxima mediana; VMAX_{media} -Velocidade máxima media; Fzero – Força inicial; Slope – Inclinação da reta; R² – Ajuste da reta; P – Desvio padrão;

^a – Significativamente diferente de VMAX_{media}; ^b – significativamente diferente de VMAX_{mediana}.

Foi observado uma maior Vzero para os métodos utilizando a VMAX e a VMAXmediana, que não foram diferentes entre si. Já a Fzero não apresentou diferenças estatísticas entre os três métodos, mas provavelmente isso se deu pelo elevado desvio padrão obtidos. A inclinação da reta foi maior quando usados VMAX e VMAXmediana em relação a VMAXmedia. Os ajustes de reta foram menores usando VMAX.

Baseado nos resultados da Tabela 2, pode se concluir que VMAX e VMAXmediana são mais próximos entre si do que VMAXmedia, e que entre essas duas alternativas, determinar os parâmetros da relação F.v gera um melhor coeficiente de ajuste R2 quando usamos VMAXmediana.

A Tabela 3 apresenta os dados de reprodutibilidade dos parâmetros obtidos pelo teste de chute.

Tabela 3 – Valores de diferença entre teste e reteste em percentual da média dos valores (n = 8)

	VMAX	VMAXmediana	VMAXmedia	P-
Vzero (Δ%)	7,70 ^a ± 6,59	13,81 ^a ± 7,47	48,87 ± 7,49	< 0,01
Fzero (Δ%)	42,35 ± 46,36	51,88 ± 42,79	26,63 ± 15,56	0,45
Slope (Δ%)	-51,63 ± 58,65	-61,86 ± 45,58	-43,90 ± 32,94	0,79
R² (Δ%)	57,86 ± 75,46	7,03 ± 10,44	27,49 ± 24,23	0,12

VMAX – Velocidade máxima; VMAXmediana - Velocidade máxima mediana; VMAXmedia -Velocidade máxima media; Vzero – Velocidade inicial; Fzero – Força inicial; Slope – Inclinação da reta; R2 – Ajuste da reta; P – Desvio padrão;

A partir da análise de reprodutibilidade da Tabela 3, a Vzero teve um nível de reprodutibilidade satisfatório quando usado VMAX para o cálculo (menos de 10%). As demais variáveis todas tiveram uma variabilidade muito grande. Isso pode ter sido causado tanto por um efeito de aprendizado do teste, que pode ter tornado a segunda sessão muito diferente da primeira, como por uma falta de sensibilidade adequada em detectar as diferenças de velocidade máxima nos chutes contra diferentes resistências. Futuros estudos devem focar em verificar o efeito de familiarização neste teste, e procurar utilizar métodos ainda mais sensíveis para detecção da velocidade de chute, como por exemplo o rastreamento automático do segmento, ou o uso de uma câmera de alta frequência (>30 FPS).

4. DISCUSSÃO

Enquanto alguns estudos observaram o perfil F.v. em diversas modalidades esportivas (LINDBERG et. al., 2021; HAUGEN; BREITSCHÄDEL; SEILER, 2019), investigar o perfil F.v. do chute é um tópico que ainda não foi explorado até o presente momento. Sendo assim, o presente estudo sugere que os parâmetros de velocidade reduziram e a força aumentaram com o acréscimo de resistências durante os esforços progressivos para determinar o perfil F.v durante o chute. Além disso, as variáveis do perfil F.v e % do teste reteste foram diferentes quando utilizada a média entre os valores obtidos com os esforços.

O presente estudo mostrou que com o acréscimo das resistências durante os testes de chutes e a velocidade imposta foi reduzida. Além disso, os valores de força foram aumentados em concomitaneamente ao aumento das resistências impostas. Em relação à velocidade, um estudo prévio mostrou que, após uma corrida progressiva em uma esteira, o indivíduo aplica força em menor proporção em altas velocidades (MORIN et al., 2011). Isso é esperado, uma vez que a relação linear entre força e velocidade deixa evidente que as velocidades mais altas ocorrem em condições em que a aplicação de força é mais baixa (CROSS et al., 2017). Por outro lado, quando houve o aumento da resistência à aplicação de força foi ocorrendo de maneira crescente. Isso é um resultado bastante comum na ciência do exercício, uma vez que, de acordo com o aumento da carga externa, existe a necessidade de aumentar a força exercida (SCHOENFELD, 2020). Do ponto de vista muscular, quando ocorre um acréscimo da carga externa, o sistema neuromuscular aumenta a ativação muscular, principalmente das fibras tipo II para atender a demanda do exercício (SCHOENFELD, 2020). Além disso, com a elevação da demanda de exercício o processo de recrutamento muscular também se torna mais pronunciado (SCHOENFELD, 2020), o qual pode estar associado com o aumento de força implicada. Contudo, esses mecanismos devem ser interpretados com cautela, uma vez que, nem em todos os contextos a ativação muscular e recrutamento das fibras musculares podem representar maiores aplicações de força (VIGOTSKY et al., 2018). Neste sentido, as respostas referentes aos valores de força e velocidade durante o teste é esperado e corroborado com os achados apresentados na literatura.

Outro resultado bastante interessante, é que os parâmetros do perfil F.v foram diferentes quando traçados pela VMAXmédica quando comparado a VMAX e VMAXmediana. Estes resultados mostram que, a depender da variável escolhida para determinar o perfil de F.v, os valores podem ser subestimados ou superestimados. A utilização da média pode conter um falso valor do que, de fato, a proposta variável deveria apresentar (BERTOLDO et al., 2008). Essa

interpretação baseada na ideia de que um conjunto de respostas pode apresentar a mesma média com diferentes distribuições (FIELD, 2020). Nesse sentido, o valor médio pode representar de maneira não equivalente um dado representativo de cada variável (FIELD, 2020). Como foi visto, as variáveis do perfil F.v foram diferentes quando calculados pela média, levando a uma relação entre força e velocidade distante do real. Uma das problemáticas nisso é que, se o intuito do perfil F.v é observar quais componentes precisam ser melhorados, os valores podem ser equivocados e assim estabelecer uma sistemática errada de treinamento (FIELD, 2020). Por outro lado, ao usar a mediana o treinador poderá ter o valor mais representativo de um conjunto de dados e assim melhorar a acurácia dos dados. Portanto, nem sempre usar a média para traçar o perfil F.v é a melhor estratégia para ao planejamento do treinamento visando melhorar o chute.

Prévios estudos buscaram traçar o perfil F.v em diversas modalidades esportivas por meio de sucessivos sprints (LINDBERG et al., 2021; HAUGEN et al., 2019). Contudo, no futebol o sucesso ou fracasso é determinado por diversos fatores e não possui uma característica de sprint linear (SVENSSON; DRUST, 2005). Um dos fatores é o chute, o qual é considerado uma das principais habilidades do jogo (DRUST; ATKINSON; REILLY, 2007). O chute é considerado determinante, pois o objetivo do futebol é marcar gols no adversário e este gesto motor é o mais utilizado para tanto. Assim, é de grande valia decompor o gesto motor em diversas variáveis subjacentes que podem fornecer variáveis substanciais para o treinamento específico da variável (MANOLOPOULOS; PAPADOPOULOS; KELLIS, 2006). Interessante que achados mostram que a força não é determinante para chutes mais precisos (KATIS, 2013). Nesse sentido, para melhorar ainda mais os parâmetros para além da força pode atender, de maneira específica, as necessidades de cada atleta, sendo necessário um teste altamente reprodutível, específico e aplicado. Contudo, vale a pena salientar que a variável representativa da velocidade (ou seja, V_{zero}) foi a única que apresentou divergência de acordo com a variável escolhida. Então, deve ser considerada qual a melhor variável (média ou mediana) para traçar esse modelo e assim não subestimar os parâmetros do perfil F.v. Então, utilizar o perfil F.v para decompor os parâmetros do chute parece ser uma boa saída para treinadores que buscam melhorar essa variável do seu atleta.

5. CONCLUSÕES

Foi possível aplicar o modelo da relação força x velocidade em jogadores de futebol utilizando o movimento de chute contra diferentes resistências. A força realizada é de fato menor contra as resistências menores, e as velocidades são maiores contra resistências menores.

O ajuste da reta não foi o ideal em todos os casos e diferiu muito na análise de reprodutibilidade. O que pode ter ocorrido por conta de algumas limitações do estudo. Sendo a primeira delas o ineditismo, visto que esse estudo é uma proposta de validação de teste nunca antes abordada com tão alto nível de validade ecológica e como uma adaptação de testes atados feitos em outras modalidades e também o fato da coleta e análise dos dados ainda ser de difícil execução, por ser um estudo preliminar, limitando assim análises mais profundas e até mesmo um sistema de coleta mais dinâmico o que possibilitaria uma amostra mais densa e um estudo mais aprofundado.

Por isso, futuros estudos podem se focar em realizar ajustes na sensibilidade da ferramenta para análise da velocidade, os cuidados com o efeito de aprendizagem do teste podem aumentar a sua aplicabilidade prática e acurácia.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BERTOLDO et al., (2008). **Problemas relacionados com o uso de testes de comparação de médias em artigos científicos.** Biotemas, 21(2), 145-153.
- CROSS, MR, Brughelli, M., Samozino, P., & Morin, JB (2017). **Métodos de perfil de potência-força-velocidade durante a corrida de sprint: uma revisão narrativa.** Sports Medicine, 47, 1255-1269.
- DRUST, B., Atkinson, G., & Reilly, T. (2007). **Perspectivas futuras na avaliação das demandas fisiológicas do futebol.** Medicina esportiva, 37, 783-805.
- EKBLOM, B. (1989). **A field test for soccer players.** Science and football, 1, 13 - 15.
- ENOKA, Roger M. **Bases Neuromecânicas da Cinesiologia.** 2. ed. Barueri: Manole, 2000.
- FIELD, A. (2020). **Descobrimo a Estatística Usando o SPSS.** 5.ed. rev. Porto Alegre: Penso.
- GUEDES, D. P.; SOUZA JUNIOR, T. P.; ROCHA, A. C. **Treinamento personalizado em musculação.** São Paulo: Phorte, 2008.
- HAUGEN, TA, Breitschädel, F., & Seiler, S. (2019). **Variáveis mecânicas de sprint em atletas de elite: os perfis de força-velocidade são específicos do esporte ou individuais?** PLoS One, 14 (7), e0215551.
- HELLAND, C. et al. **Force–velocity profiling of sprinting athletes: single-run vs. multiple-run methods.** European journal of applied physiology, v. 119, n. 2, p. 465-473, 2019.
- KATIS, A., Giannadakis, E., Kannas, T., Amiridis, I., Kellis, E., & Lees, A. (2013). **Mecanismos que influenciam a precisão do chute de futebol.** Journal of Electromyography and Kinesiology , 23 (1), 125-131.
- LEES, A., Asai, T., Andersen, TB, Nunome, H., & Sterzing, T. (2010). **A biomecânica do chute no futebol: uma revisão.** Journal of Sports Sciences , 28 (8), 805-817.
- LINDBERG, K., Solberg, P., Bjørnsen, T., Helland, C., Rønnestad, B., Thorsen Frank, M., ... & Paulsen, G. (2021). **Perfil de força-velocidade em atletas: confiabilidade e concordância entre os métodos.** PLoS One , 16 (2), e0245791.

MANOLOPOULOS, E., Papadopoulos, C., & Kellis, E. (2006). **Efeitos do treinamento combinado de força e coordenação de chute na biomecânica do chute no futebol em jogadores amadores.** *Jornal escandinavo de medicina e ciência nos esportes*, 16 (2), 102-110.

MORIN, JB, Edouard, P., & Samozino, P. (2011). **Habilidade técnica de aplicação de força como fator determinante do desempenho do sprint.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43 (9), 1680-1688.

SAMOZINO, P. et al. **A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running.** *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, v. 26, n. 6, p. 648-658, 2016.

SCHOENFELD, BJ (2020). **Ciência e desenvolvimento da hipertrofia muscular.** *Cinética Humana*.

SHAN, G., & Westerhoff, P. (2005). **Futebol: características cinemáticas de corpo inteiro do chute máximo de futebol com peito do pé por jogadores de futebol masculino e parâmetros relacionados à qualidade do chute.** *Sports Biomechanics* , 4 (1), 59-72.

SVENSSON, M., & Drust, B. (2005). **Testando jogadores de futebol.** *Journal of Sports Sciences*, 23 (6), 601-618.

VIGOTSKY, AD, Halperin, I., Lehman, GJ, Trajano, GS, & Vieira, TM (2018). **Interpretação de amplitudes de sinal em estudos de eletromiografia de superfície nas ciências do esporte e da reabilitação.** *Fronteiras em fisiologia*, 985.