



Universidade de Lisboa
Faculdade de Motricidade Humana



Validação da barra hexagonal na determinação do perfil força-velocidade em atletas de voleibol feminino

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Mestre em
Treino de Alto Rendimento

Orientador: Professora Doutora Maria João de Oliveira Valamatos

Júri:

PRESIDENTE

Doutor Jorge Manuel Castanheira Infante, professor auxiliar da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa.

VOGAIS

Doutora Maria João de Oliveira Valamatos, professora auxiliar da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa.

Doutora Joana Filipa de Jesus Reis, professora auxiliar da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa.

Artur Casais Resende

2024

Agradecimentos

Existem várias pessoas sem as quais a realização desta dissertação não teria sido possível. Dessa forma, por todo o trabalho que tiveram e por todo o suporte que me endereçaram, venho por este meio prestar-lhes o meu agradecimento.

Em primeiro lugar, quero agradecer à minha orientadora, Professora Doutora Maria João Valamatos. Durante o longo processo de conclusão desta dissertação, transmitiu-me sempre a calma e a confiança necessária para a conclusão deste trabalho. Agradeço a sua constante disponibilidade e todo o conhecimento que obtive fruto da sua partilha.

À Faculdade de Motricidade Humana, por me ter feito sentir em casa, por me ter dado todas as condições para uma aprendizagem sustentável ao longo dos últimos anos do meu percurso académico e por se dedicar e esforçar diariamente para o sucesso dos seus alunos.

Ao Professor José Moreira, presidente da Academia José Moreira/FC Porto, em nome de toda a estrutura, por ter permitido utilizar os seus recursos físicos e humanos na parte prática desta investigação.

Um agradecimento especial a todos os meus amigos e colegas de mestrado. A constante partilha e motivação para a conclusão desta dissertação tornou-se mais fácil ao vosso lado.

A todas as atletas que se mostraram disponíveis para colaborar como participantes neste estudo. O vosso esforço e seriedade foram fulcrais neste processo de investigação.

Por último, agradeço às pessoas mais importantes da minha vida sem as quais nunca teria sido possível a conclusão deste trabalho.

À minha irmã, que acompanha orgulhosamente as minhas pequenas conquistas há 28 anos.

À minha tia Fernanda, pelo apoio e carinho que fez serem uma constante ao longo deste processo.

Aos meus amigos mais próximos, que nunca permitiram a possibilidade de não terminar esta dissertação. A vossa amizade está presente neste trabalho.

À minha mãe e ao meu pai, que me fizeram ser o que sou hoje. Apoiaram-me, desafiaram-me e ensinaram-me valores e princípios que regem a minha vida. Um orgulho privar diariamente com pessoas tão extraordinárias.

E, finalmente, à Catarina, por ser uma verdadeira companheira de vida. Agradeço pela compreensão e dedicação que demonstrou ao longo deste caminho e por ser o alicerce que sustenta os meus sonhos e aspirações.

Resumo

O perfil de FV é uma ferramenta bastante útil que permite prescrever o treino de uma forma mais individualizada e adaptada às qualidades físicas de cada atleta. O presente estudo teve o objetivo de verificar a validade e reprodutibilidade da utilização de uma barra alternativa (barra trap-bar) à proposta no método SAM (barra olímpica).

Participaram no estudo 20 jovens atletas do sexo feminino (idade 17.39 ± 0.96 anos, altura 167.35 ± 6.12 cm, massa corporal 60.77 ± 6.22 kg) com participações regulares em campeonatos nacionais de voleibol. Cada atleta realizou uma série de saltos verticais máximos (Squat Jump) sem carga adicional (apenas o peso corporal) e com cargas adicionais. As séries foram realizadas por ordem crescente de intensidade, onde a primeira carga externa foi de 20kg, incrementando-se gradualmente 5kg a cada condição de carga até que a atleta atingisse os 40kg de carga adicional (completando as seis condições de carga necessária à determinação do perfil FV). A presente investigação incluiu quatro momentos de avaliação distintos – dois realizados com barra olímpica e dois realizados com barra trap-bar.

Os resultados deste estudo demonstraram uma reprodutibilidade baixa para variável V0 e FV *slope* ($ICC < 0.5$), moderada para F0 ($0.50 < ICC < 0.75$) e boa para P_{max} ($0.75 < ICC < 0.9$) entre as duas sessões de teste com a barra olímpica. Entre as sessões com a barra trap-bar, os resultados demonstraram excelente reprodutibilidade para a variável P_{max} ($ICC > 0.9$) e boa reprodutibilidade para as restantes variáveis ($0.75 < ICC < 0.9$). A consistência dos resultados foi idêntica nas diferentes condições de teste, tendo variado entre muito boa e boa ($9.35\% \leq CV \leq 17.34\%$) em todas as variáveis com exceção de FV *slope* que teve uma consistência entre aceitável e não aceitável ($21.31 \leq CV \leq 51.13$). A comparação entre as duas condições de teste demonstrou uma excelente reprodutibilidade para P_{max} ($ICC > 0.9$), moderada para F0 e V0 ($0.5 < ICC < 0.75$), e baixa para FV *slope* ($ICC < 0.5$). Estes resultados demonstraram uma consistência que variou entre muito boa e boa para todas as variáveis ($8.53 \leq CV \leq 12.22$), com exceção de FV *slope* que teve uma consistência aceitável ($21.44 \leq CV \leq 27.67$). Foram observadas correlações estatisticamente significativas para todas as variáveis, excetuando FV *slope*. Os valores de correlação variaram entre muito grande e grande ($r = 0.621 - 0.880$) para todas as variáveis, exceto FV *slope* que não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes condições de teste.

Este estudo permitiu demonstrar níveis aceitáveis de reprodutibilidade e correlação entre a utilização da barra olímpica e da barra trap-bar para a construção do perfil FV, onde a consistência individual de cada variável em estudo foi boa. Reconhecendo a utilidade do perfil FV baseado em três parâmetros simples, sugere-se mais investigação para aprofundar a compreensão da eficácia da barra trap-bar e explorar seu impacto potencial na otimização do treino de força e potência. Essa pesquisa adicional pode contribuir para a aplicação prática da barra trap-bar em programas de treino personalizados para atender às necessidades específicas de força e potência dos atletas.

Palavras-chave: Perfil Força-Velocidade; Barra trap-bar; Squat Jump; Potência

Abstract

The FV profile is a highly useful tool that allows for more individualized and tailored training prescription based on the physical qualities of each athlete. This study aimed to assess the validity and reliability of using an alternative bar (trap-bar) compared to the SAM method (olympic bar).

Twenty young female athletes (age 17.39 ± 0.96 years, height 167.35 ± 6.12 cm, body mass 60.77 ± 6.22 kg), actively participating in national volleyball championships, were involved in the study. Each athlete performed a series of maximal Squat Jumps with and without additional loads. The first series with additional load started with 20kg, incrementally increasing by 5 kg in ascending order until reaching an additional load of 40 kg. The study comprised four distinct assessment sessions – two conducted with an olympic bar and two with a trap-bar.

Results indicated low reliability for the variable V0 and FV slope ($ICC < 0.5$), moderate for F0 ($0.50 < ICC < 0.75$), and good for P_{max} ($0.75 < ICC < 0.9$) between sessions with the olympic bar. The sessions with the trap-bar showed excellent reliability for P_{max} ($ICC > 0.9$) and good reliability for the remaining variables ($0.75 < ICC < 0.9$). Consistency across conditions varied between very good and good ($9.35\% \leq CV \leq 17.34\%$) for all variables except FV slope, which showed acceptable to unacceptable consistency ($21.31 \leq CV \leq 51.13$). The comparison between the two test conditions demonstrated excellent reliability for P_{max} ($ICC > 0.9$), moderate for F0 and V0 ($0.5 < ICC < 0.75$), and low for FV slope ($ICC < 0.5$). Consistency ranged from very good to good for all variables ($8.53 \leq CV \leq 12.22$), except FV slope, which demonstrated acceptable consistency ($21.44 \leq CV \leq 27.67$). Statistically significant correlations were observed for all variables except FV slope, with correlation values ranging from very large to large ($r = 0.621 - 0.880$).

This study demonstrated acceptable levels of reliability and correlation between the use of the olympic bar and the trap-bar for constructing the FV profile, with good individual consistency for each variable. Recognizing the utility of the FV profile based on three simple parameters, further research is suggested to deepen the understanding of the trap-bar's effectiveness and explore its potential impact on strength training optimization. This additional research could enhance the practical application of the trap-bar in personalized training programs to meet the specific strength and power needs of athletes.

Keywords: Force-Velocity Profile; Trap bar; Squat Jump; Power

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE TABELAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS	XIII
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
1.1. <i>Apresentação e definição do problema de estudo.....</i>	3
1.2. <i>Objetivos de Estudo.....</i>	6
1.3. <i>Pressupostos e limitações do estudo.....</i>	6
CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA.....	9
2.1. <i>Perfil de Força-Velocidade.....</i>	11
2.2. <i>Métodos para calcular o Perfil de Força-Velocidade</i>	11
2.3. <i>Importância do Perfil de Força-Velocidade?</i>	14
2.4. <i>Implicações Práticas.....</i>	15
CAPÍTULO 3: METODOLOGIA	18
3.1. <i>Desenho Experimental</i>	20
3.2. <i>Amostra</i>	20
3.3. <i>Perfil de Força-Velocidade.....</i>	21
3.4. <i>Análise Estatística</i>	22
CAPÍTULO 4: APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS.....	24
4.1. <i>Reprodutibilidade e Variabilidade entre Sessões (Teste e Reteste).....</i>	26
4.2. <i>Reprodutibilidade, Variabilidade e Comparação entre utilização da barra olímpica e da barra trap-bar para traçar o perfil FV.....</i>	27
4.3. <i>Correlação do Perfil FV com barra olímpica e barra trap-bar</i>	29
CAPÍTULO 5: DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	32
5. <i>Discussão de Resultados</i>	34
CAPÍTULO 6: CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	39
6. <i>Conclusões e Perspetivas.....</i>	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

Índice de Tabelas

Tabela 1. Valores médios \pm SD de F, V e P obtidos através de dois saltos nos dois métodos. Média do erro sistemático absoluto entre os dois métodos e as características das correlações e regressões entre métodos (adaptado de Samozino et al. (2008)).	14
Tabela 2. Características das participantes: n, idade, massa corporal, altura e índice de massa corporal (IMC). Os dados representam valores médios \pm desvio padrão.	21
Tabela 3. Estatísticas descritivas (média \pm desvio padrão), reprodutibilidade (ICC), variabilidade (CV%) e comparação das variáveis F0, V0, P _{max} e FV slope com a utilização da barra olímpica .	26
Tabela 4. Estatísticas descritivas (média \pm desvio padrão), reprodutibilidade (ICC), variabilidade (CV%) e comparação das variáveis F0, V0, P _{max} e FV slope com a utilização da barra trap-bar..	27
Tabela 5. Estatísticas descritivas (média \pm desvio padrão), reprodutibilidade (ICC) e variabilidade (CV%) e comparação (p) das variáveis F0, V0, P _{max} e FV slope entre a utilização da barra olímpica e a barra trap-bar.....	28
Tabela 6. Correlação de Pearson entre a utilização da barra olímpica e da barra trap-bar nas diferentes variáveis em estudo.....	29

Índice de Figuras

Figura 1 . As três posições e as três distâncias ao solo utilizadas para avaliar o Squat Jump com carga (adaptado de Samozino et al., 2008)	12
Figura 2. Tipos de perfil FV. Do lado esquerdo observa-se um perfil FV orientado para Velocidade, do lado direito observa-se um perfil FV orientado para Força.....	16
Figura 3. Gráfico de barras com a comparação (média \pm desvio padrão) das variáveis F0, V0 e P _{max}	28
Figura 4. Associação entre Testes com a barra olímpica e barra trap-bar: A - Correlação entre variável F0; B - Correlação entre variável V0; C - Correlação entre variável P _{max} ; D - Correlação entre variável FV slope.....	30

Lista de Acrónimos e Abreviaturas

1RM – Uma Repetição Máxima

α – Ângulo da Posição Inicial do *Push-Off* (em graus)

cm - Centímetros

CMJ – Salto com Contramovimento

F – Força

F_0 – Força Máxima Teórica

FV – Força-Velocidade

FV_{opt} – Força-Velocidade Ótimo

g – Aceleração Gravitacional (9,81 m/s²)

h – Altura de Salto

h_{po} - Distância percorrida do centro de massa desde a posição inicial de Squat Jump até à posição de último contacto com o solo

kg - Quilogramas

m – Massa Corporal

ms - Milissegundos

P – Potência

P_{max} – Potência Máxima

r – Coeficiente de Correlação de Pearson

SJ – Squat Jump

S_{fv} – Declive da Relação Linear entre F-V

t^2 – Tempo de Voo ao Quadrado

TPF – Taxa de Produção de Força

take-off – Último Momento de Contacto com o Solo

V – Velocidade

V_0 – Velocidade Máxima Teórica

V_{TOmax} - Velocidade Máxima do Centro de Massa no *Take-Off*

Capítulo 1: Introdução

Este capítulo apresenta o tema de estudo, a sua pertinência e os respectivos objetivos.

1.1. Apresentação e definição do problema de estudo

Ao longo dos últimos anos, tem havido uma crescente necessidade de tornar os atletas fisicamente mais fortes e mais rápidos, sobretudo num nível competitivo de elite. Estas necessidades fazem com que as metodologias do treino de força se adaptem às exigências de cada atleta tendo em consideração a sua modalidade, sobretudo em desportos onde a predominância da tarefa tem um carácter de ação explosiva, como saltos, sprints e mudanças de direção. No caso concreto do voleibol, o salto é o fator físico que tem maior influência no desempenho do atleta (Silva et al., 2019).

O voleibol é uma modalidade desportiva onde há uma predominância do sistema oxidativo no decorrer do jogo (Polglaze & Dawson, 1992; Sheppard et al., 2009). No entanto, devido a algumas ações balísticas que caracterizam a modalidade, verificamos a ocorrência de picos aláticos seguidos de curtos períodos de recuperação (Gabbett & Georgieff, 2007; Mil-Homens et al., 2017).

A base das ações explosivas, como o salto, pressupõe que o indivíduo movimenta a sua massa corporal com a máxima aceleração possível (Peterson et al., 2006). Ou seja, pretende-se atingir a maior velocidade possível no menor tempo possível durante a fase de contacto com o solo (Samozino et al., 2012). Estas ações balísticas estão dependentes da capacidade que cada atleta tem de utilizar os seus sistemas neuromusculares e osteoarticulares de modo a gerar níveis de força muito elevados, aplicar essa força no solo (no caso do salto) e produzir essa força com alta velocidade de contração (Morin & Samozino, 2016; Taube et al., 2012). De acordo com a segunda lei de Newton, a velocidade atingida pelo centro de massa do indivíduo no final do *push-off* (saída do solo), depende diretamente do impulso mecânico desenvolvido na direção do movimento. Com base no modelo mecânico do músculo de Hill proposto por Archibald Hill em 1938 (Hill, 1938), esta habilidade explosiva está diretamente relacionada com características mecânicas da componente contrátil do músculo e, sobretudo, com a capacidade de gerar elevados níveis de potência (Samozino et al., 2008).

De acordo com alguns autores, a potência máxima é a variável que maior influência tem nas ações explosivas que caracterizam cada atleta (Haff & Nimphius, 2012; Newton & Kraemer, 1994; Samozino et al., 2008; Yamauchi & Ishii, 2007). Em termos mecânicos, a potência pode ser definida como a produção de trabalho mecânico por unidade de tempo ou, de uma forma mais simples, como o produto da força produzida pela velocidade num determinado instante (Cormie et al., 2011a, 2011b; Mil-Homens, 2019). Desta forma, podemos manipular o valor da

potência através do aumento da força, da velocidade, ou de ambas (Newton & Kraemer, 1994). Este facto pode estar na base da essência daquilo que é o desempenho atlético, o que tem vindo a motivar o seu estudo por parte da comunidade científica (McGuigan, 2017) e promovido o desenvolvimento de diferentes metodologias de treino com vista a aumentar a potência máxima e, conseqüentemente, a altura do salto.

Ao analisar os diferentes métodos de treino, podemos dividi-los, de uma forma generalizada, em duas categorias: os que pretendem aumentar a força máxima; e os que pretendem aumentar a velocidade (ações explosivas). Naturalmente, estes diferentes métodos correlacionam-se dentro de um processo de treino. O primeiro, aumento de força máxima, serve como base para o segundo. Ainda que exista uma correlação positiva entre o aumento da força máxima (avaliada através da realização de uma repetição máxima (1RM)), e o incremento na altura do salto vertical (Harman et al., 1990), é importante que os atletas, antes de se dedicarem a um treino com maior enfoque na melhoria da velocidade, possuam níveis de força compatíveis com as necessidades específicas da sua modalidade desportiva. O segundo método, tem como objetivo melhorar a potência, ou seja, a quantidade de energia transformada por unidade de tempo. Por norma, este método de treino aproxima-se mais à tarefa pretendida, através de saltos com carga ou treino de pliometria (Baker, 1996; Sheppard, 2014).

Recentemente, a equipa de investigação de Samozino e Morin (Samozino et al., 2014; Samozino et al., 2008; Samozino et al., 2012), desenvolveu um método (método SAM) facilmente aplicável fora do contexto académico/científico que permite avaliar a relação entre a força máxima e a velocidade máxima dos membros inferiores a partir de equipamentos práticos e de custo acessível. Devido à existência deste método, as variáveis de desempenho atlético passaram a ser passíveis de se avaliar e monitorizar através da obtenção e derivação de medidas simples como: massa corporal, comprimento dos membros inferiores e distâncias-tempo. Um dos aspetos que mais valorizou o método SAM, é o facto de o mesmo permitir uma prática de avaliação e monitorização por parte de treinadores, fisioterapeutas e preparadores físicos que determine não apenas a capacidade de gerar potência máxima (P_{max}), como também determinar a força máxima teórica (F_0), a velocidade máxima teórica (V_0) e o declive (inclinação da curva de fora-velocidade) e, posteriormente, compará-las com um perfil ótimo definido para cada atleta. Mais recentemente, alguns autores sugerem que a determinação do perfil de força-velocidade (FV) é uma ferramenta que permite aos treinadores e/ou atletas o desenvolvimento de programas de treino mais individualizados e

adaptados às necessidades específicas dos atletas (Jiménez-Reyes et al., 2018; Rahmani et al., 2018; Samozino et al., 2008, 2010). Estes autores, acrescentam ainda que o perfil FV parece conseguir distinguir perfis de potência entre atletas de diferentes modalidades e níveis de performance.

O método SAM tem conquistado uma relevância significativa dentro daquilo que são as ferramentas e estratégias de avaliação e controlo do treino. No entanto, tanto quanto nos foi possível conhecer, a validade e reprodutibilidade deste novo método foi apenas testada em saltos que partiam da posição inicial de agachamento (*squat jump* – SJ) e com a utilização de uma barra olímpica (nos saltos realizados com carga externa) (Giroux et al., 2015) (Samozino, 2018) e em salto com contramovimento (CMJ) com auxílio de uma *smith machine* (Jimenez-Reyes et al., 2019). Um estudo recente, realizado por Hicks et al. (2022), testou a validade cinética e cinemática do método SAM com auxílio de uma barra trap-bar. Contudo, ao contrário do que é proposto no método SAM, os autores realizaram o estudo em saltos CMJ.

Nos dias de hoje, tem havido uma crescente utilização da barra trap-bar nos planos de treino dos atletas, uma vez que a mesma permite realizar diversos exercícios que potenciam os membros inferiores. Para além da segurança inerente à disposição da carga, algumas equipas de investigação estudaram as necessidades mecânicas da utilização da barra trap-bar em comparação com a barra olímpica no exercício de peso morto e observaram que, embora a amplitude de movimento seja similar, a barra trap-bar permitiu mover a carga com maior velocidade de execução (Camara et al., 2016; Lake et al., 2017).

Num estudo conduzido para investigar as discrepâncias cinéticas e cinemáticas entre saltos com barra olímpica e barra trap-bar, constatou-se que a utilização de uma barra onde a resistência se situa na extensão dos membros superiores possibilitou atingir uma altura de salto superior e gerar uma potência mais elevada. As melhorias observadas nas características de movimento e força aplicada ao utilizar a barra trap-bar decorrem, muito provavelmente, da mudança na posição da resistência externa, transferindo-a dos ombros para uma localização mais próxima ao centro de massa (Swinton et al., 2012).

No universo da preparação física, o salto vertical com carga externa é um dos exercícios mais populares para desenvolver a potência dos membros inferiores (Cormie et al., 2007). Em diferentes estudos, Turner et al. (2015) e Swinton et al. (2012), verificaram que a performance do salto vertical com a utilização da barra trap-bar permitiu atingir valores maiores de altura de salto, força máxima, P_{max} e taxa de produção de força em relação à barra olímpica colocada nos ombros.

Desta forma, considerando a pertinência de estudar e analisar o perfil FV de atletas em modalidades desportivas, e considerando o facto de existir uma escassa investigação sobre este tema, o presente estudo tem como objetivo verificar a validade e reprodutibilidade do método SAM para calcular F_0 , V_0 e P_{max} durante a fase propulsiva de um SJ através da utilização de uma barra olímpica convencional e uma barra trap-bar.

1.2. Objetivos de Estudo

Considerando a pertinência de estudar e analisar o perfil FV de atletas e modalidades desportivas, o presente estudo propõe verificar a validade e reprodutibilidade da utilização de uma barra alternativa à proposta no método SAM em atletas de voleibol feminino.

De uma forma mais específica, o presente estudo procurou responder às seguintes questões:

1. Determinar a reprodutibilidade e a variabilidade da utilização da barra olímpica para traçar o perfil FV;
2. Determinar a reprodutibilidade e a variabilidade da utilização da barra trap-bar para traçar o perfil FV;
3. Comparar e correlacionar as variáveis do perfil FV (F_0 , V_0 , P_{max} , $Slope$) utilizando métodos distintos de determinação: barra trap-bar versus método convencional (barra olímpica).

Considera-se expectável que se verifique a reprodutibilidade da utilização da barra trap-bar para determinar o perfil FV em diferentes sessões de teste. É ainda colocada a hipótese de que exista uma correlação significativa entre as diferentes variáveis quando determinadas através do método convencional (barra olímpica) e do método alternativo (trap-bar). Pelo facto de a resistência externa ser deslocada dos ombros para próximo do centro de massa das atletas, com base na tese de Swinton et al. (2012) descrita anteriormente, prevê-se que a P_{max} gerada seja mais elevada na utilização da barra trap-bar.

1.3. Pressupostos e limitações do estudo

Na realização deste estudo foram considerados os seguintes pressupostos:

- a) As atletas apresentaram-se em excelente forma física, com todas as condições essenciais para a realização dos testes: horas de sono adequadas e ótimos níveis de hidratação e alimentação.

- b) As atletas realizaram as avaliações à máxima intensidade possível.

No decorrer da presente investigação existiram algumas condicionantes que merecem ser referidas:

- a) As atletas que fizeram parte da investigação não tiveram uma sessão prévia familiarização com os instrumentos e metodologias utilizadas no decorrer da mesma.
- b) Uma vez que a avaliação exigiu quatro momentos diferentes de testes, várias atletas ficaram impossibilitadas de concluir a investigação.

Capítulo 2: Revisão da Literatura

A revisão da literatura contextualiza a investigação e apresenta uma visão geral sobre a temática de estudo.

2.1. Perfil de Força-Velocidade

No momento de avaliação das qualidades físicas de um atleta, é comum que os profissionais do treino e restante equipa técnica (no caso de modalidades coletivas) realizem uma bateria de testes em diferentes momentos da época desportiva. O objetivo destes testes é, essencialmente, aferir os pontos fortes dos atletas e os pontos mais fracos de modo que possa ser elaborado um programa de treino específico que minimize estes últimos e assim otimizar a performance do atleta (McGuigan et al., 2013). Ao elaborar um programa de treino que vise melhorar as qualidades físicas menos desenvolvidas de um atleta, pretende criar-se adaptações neuromusculares em aspetos físicos onde a oportunidade para que essas adaptações ocorram é mais elevada. Um dos métodos que pode ser utilizado numa bateria de testes é a avaliação do perfil força-velocidade (perfil FV).

O perfil FV representa a relação entre a força e a velocidade de um indivíduo. Demonstra ser um teste válido e fiável para a monitorização de cargas e consequentes adaptações ao treino. Em diferentes estudos observados, quando um atleta se encontra no seu perfil FV ideal, a sua capacidade de salto encontra-se maximizada (Morin & Samozino, 2016; Samozino et al., 2012). Em suma, o perfil FV fornece uma curva força-velocidade que permite compreender as características de produção de força de cada atleta (Mil-Homens et al., 2017).

2.2. Métodos para calcular o Perfil de Força-Velocidade

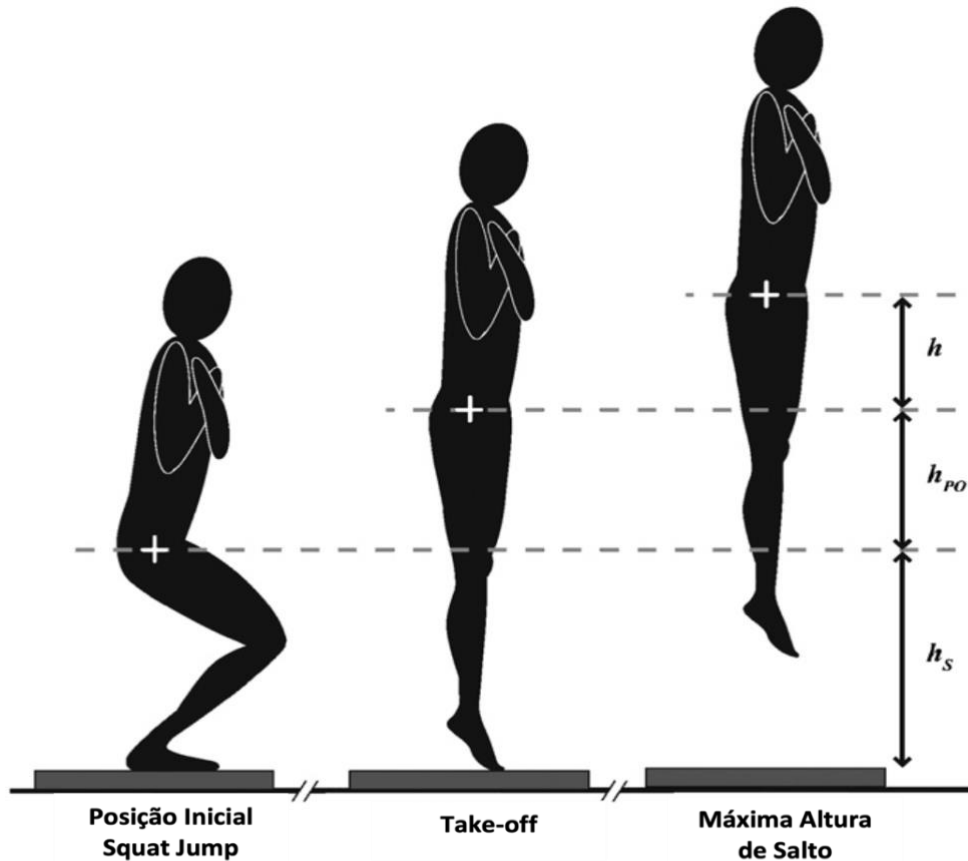
Para se obter o perfil FV, é pedido ao atleta que realize um tipo de salto específico, SJ, com diferentes cargas externas. São necessários, no mínimo, dois SJ em diferentes condições de carga externa. No entanto, de modo a obter o perfil FV mais preciso possível, é aconselhado que se realizem pelo menos quatro saltos com cargas distintas (p.e. sem carga externa, 25%, 50% e 75% da massa corporal adicionado) de acordo com Samozino et al. (2008).

Para realizar o teste é necessário recolher alguns dados do sujeito que está a ser avaliado e seguir uma determinada metodologia. Num contexto de modalidades coletivas, seguir a mesma metodologia torna-se ainda mais importante de maneira que, posteriormente, possam ser feitas comparações entres os atletas.

Os parâmetros necessários à realização do teste são relativamente fáceis de se obter fora do contexto académico, o que torna esta ferramenta simples de aplicar no terreno. Estes parâmetros são: massa corporal, altura do salto e distância do *push-off* (distância percorrida do

centro de massa desde a posição inicial de SJ até à posição de último contacto com o solo – *take-off*). Este último está identificado na figura 1 como h_{PO} .

Figura 1 . As três posições e as três distâncias ao solo utilizadas para avaliar o Squat Jump com carga (adaptado de Samozino et al., 2008)



Após a recolha dos primeiros dados essenciais, é pedido ao atleta que se mantenha na posição de SJ durante dois segundos e que posteriormente aplique força o mais rápido possível no solo e que salte o mais alto que conseguir. Não é permitido que o atleta realize contramovimento, sendo necessário que esta variável seja cuidadosamente verificada em cada salto.

De acordo com os autores Morin e Samozino (2018), é necessário entender-se as leis fundamentais da física, bem como algumas suposições matemáticas para que seja possível expressar força (F), velocidade (V) e potência (P) com apenas três parâmetros (massa corporal, altura do salto e distância do *push-off*), tais como:

1. As leis de Newton são aplicadas a todo o corpo humano, considerado como um sistema, que se representa pelo seu centro de massa (Harman et al., 1990; Samozino et al., 2008).

2. Supõe-se que a resistência do ar é negligenciada. De acordo com Urca e Ribak (2018) a resistência do ar tem uma maior influência sobre a trajetória de salto à medida que a área de um determinado sistema aumenta em relação à massa.
3. De modo a possibilitar a medição de h_{PO} durante o teste de campo, assume-se que as mudanças nas posições verticais relativas do grande trocânter e do centro de massa durante um SJ podem ser negligenciadas. h_{PO} foi calculado como a diferença entre a distância ao solo do grande trocânter na posição inicial de SJ (identificado na figura 1 como h_s) e o comprimento estendido do membro inferior com flexão plantar máxima do pé (desde o grande trocânter até à ponta do pé) (Samozino et al., 2008).
4. A potência média desenvolvida pelos membros inferiores durante a fase de *push-off* é calculada como o produto da F e V instantânea. Assume-se que, durante um movimento explosivo cujo sistema é acelerado em apenas uma direção, o erro de cálculo é menor.

Conhecer estas assunções, torna-se essencial para compreender que a determinação de variáveis mecânicas através de instrumentos indiretos, embora fidedignos e reproduzíveis no terreno, têm erros de medida associados. Desta forma, o método descrito por Samozino et al. (2008), foi validado pelos autores comparando as três variáveis medidas (V, F, P), com medidas *gold-standard* obtidas em laboratório com plataformas de força, determinadas pelas equações seguintes:

$$F = mg \left(\frac{h}{h_{PO}} + 1 \right) \quad (\text{Equação 1})$$

$$V = \sqrt{\frac{gh}{2}} \quad (\text{Equação 2})$$

$$P = mg \left(\frac{h}{h_{PO}} + 1 \right) \sqrt{\frac{gh}{2}} \quad (\text{Equação 3})$$

A tabela 1 apresenta os coeficientes de variação obtidos no método de Samozino et al. (2008) e no método *gold-standard* (com auxílio de plataformas de força) (Samozino et al., 2008).

Tabela 1. Valores médios \pm SD de F, V e P obtidos através de dois saltos nos dois métodos. Média do erro sistemático absoluto entre os dois métodos e as características das correlações e regressões entre métodos (adaptado de Samozino et al. (2008)).

	Método <i>gold-standard</i>	Método proposto por Samozino et al. (2008)	Erro sistemático absoluto (%)	Coefficiente Correlação de Pearson (r)	Declive da regressão linear ^a	Interceção da regressão linear ^b
F (N)	1294 \pm 132	1282 \pm 133	1.74 \pm 1.77	0.98***	0.98	10.56
V (m/s)	1.08 \pm 0.12	1.10 \pm 0.12	2.88 \pm 2.00	0.96***	0.98	0.04
P (W)	1412 \pm 221	1411 \pm 224	2.29 \pm 1.95	0.98***	1.00	0.27

^a Não significativamente diferente da unidade.

^b Não significativamente diferente de 0.

*** $P > 0.001$.

De acordo com Samozino et al. (2010) e Samozino et al. (2012), todo o sistema neuromuscular dos membros inferiores é considerado como um gerador de força caracterizada por uma relação linear inversa entre F–V e uma determinada amplitude de movimento. A melhor performance de salto pode ser representada matematicamente através de algumas características mecânicas dos membros inferiores, tal como a velocidade máxima do centro de massa no *take-off* (V_{TOmax}), e pode ser obtida através da seguinte equação:

$$V_{TOmax} = h_{PO} \left(\sqrt{\frac{S_{Fv}^2}{4} + \frac{2}{h_{PO}} (2 \sqrt{-P_{max} S_{fv}} - g \sin \alpha)} + \frac{S_{Fv}}{2} \right)$$

onde g é a aceleração gravítica (9,81 m/s²), α é o ângulo da posição inicial do *push-off* ($^\circ$), h_{PO} é a distância percorrida pelo centro de massa durante o *push-off* correspondente ao alcance de extensão dos membros inferiores (m), S_{fv} é o declive da relação linear entre F–V.

2.3. Importância do Perfil de Força-Velocidade?

No treino de alto rendimento, a P_{max} é a variável que apresenta maior relação com gestos explosivos, como por exemplo o salto vertical (Newton & Kraemer, 1994; Samozino et al., 2008). A P_{max} depende essencialmente de duas características: força máxima e a taxa de produção de força (TPF) - capacidade de produzir força por unidade de tempo. Estes são fatores determinantes no sucesso desportivo de qualquer atleta (Suchomel et al., 2018; Tillin & Bishop, 2009). A importância destes fatores é tão elevada que a carência de força muscular influencia negativamente o desempenho atlético. De acordo com diversos autores (Lauersen et al., 2018;

Malone et al., 2019), os níveis de força de um atleta mostram ter uma correlação com melhores performances de altura de salto, velocidade máxima, mudanças de direção, desempenho específico da modalidade e, ainda, com uma diminuição do risco de lesão. A adicionar às vantagens supracitadas, de acordo com Baker (2002) e Baker (2017), a categorização dos níveis de força individuais é um fator de diferenciação entre atletas principiantes e avançados e também entre atletas da mesma divisão e o seu rendimento.

Ainda que a componente da força seja de elevada importância, são necessários cerca de 300 milissegundos (ms) para atingir a força máxima muscular. No entanto, a grande maioria dos movimentos desportivos ocorre numa janela de 50-250ms (Aagaard et al., 2002). Assim, a TPF - velocidade com que a força máxima é produzida - torna-se fundamental no treino de alto rendimento. De acordo com Suchomel et al. (2016), uma maior capacidade de força muscular pode melhorar as características Força-Tempo de um determinado atleta (p.e. TPF e P_{max}) que posteriormente podem ser transferidas para melhorar a sua performance.

Sugerida por Morin e Samozino (2016), Samozino et al. (2008) e Samozino et al. (2012), surge uma outra variável. A relação entre a força máxima e a velocidade máxima durante a execução de um determinado movimento. Estas duas componentes são consideradas as características subjacentes à produção de P_{max} nos gestos desportivos (Cormie et al., 2011a, 2011b).

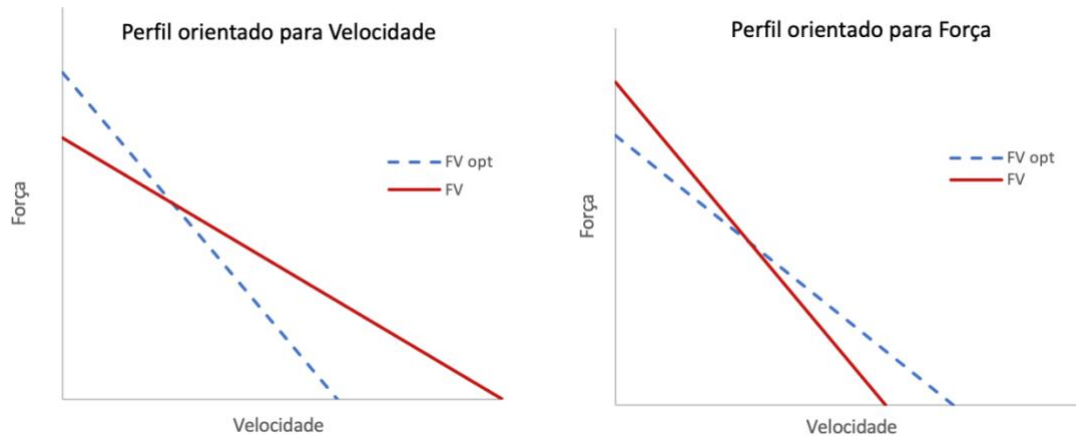
2.4. Implicações Práticas

Para obter o perfil FV, podem ser utilizadas diferentes metodologias validadas que integram diferentes gestos desportivos, tais como: salto, sprints e arremessos (Jiménez-Reyes et al., 2019; Rahmani et al., 2018; Samozino et al., 2008; Samozino et al., 2012). As variáveis de avaliação necessárias que nos permitem obter o perfil FV são relativamente simples de se obter no terreno. Tal como previamente descrito em “Perfil de Força-Velocidade”, são necessários dados como massa corporal, comprimento dos membros inferiores, altura da posição de agachamento a 90° de flexão do joelho e altura de salto para condições de carga distintas.

Um dos aspetos mais interessantes desta estratégia de avaliação, é que a mesma fornece dados que permitem tomar decisões sobre a prescrição e monitorização do treino de um determinado atleta de forma mais individualizada e precisa. Para o sucesso da aplicabilidade desta ferramenta, é apenas necessária a interpretação e comparação das respostas mecânicas de um atleta face a um conceito de perfil FV ótimo (perfil FV_{opt}) e as respetivas oscilações de força ou velocidade. Na figura 2 estão representadas duas possíveis manifestações do perfil FV. O perfil FV permite observar se um atleta está orientado para um perfil de velocidade (lado esquerdo

da figura 2) ou para um perfil de força (lado direito da figura 2), independentemente do valor de P_{max} .

Figura 3. Tipos de perfil FV. Do lado esquerdo observa-se um perfil FV orientado para Velocidade, do lado direito observa-se um perfil FV orientado para Força.



Segundo Morin e Samozino (2018), a caracterização do perfil FV torna-se pertinente pelas seguintes razões:

1. O perfil FV do atleta apresenta percepções sobre as propriedades mecânicas do músculo (força ou velocidade), independentemente da capacidade de potência.
2. Diferentes atletas podem apresentar o mesmo valor de potência, porém as propriedades mecânicas que eles utilizam podem ser diferentes.
3. É possível identificar um déficit de força ou velocidade. Se um atleta tem um perfil orientado para força, isso significa que utiliza mais força do que velocidade para atingir a sua P_{max} .
4. Utilizando o perfil FV, o treinador pode comparar os dados do seu atleta em relação ao perfil FV_{opt} (Samozino et al., 2012) e tomar decisões sobre qual a melhor estratégia a utilizar com o seu atleta.
5. A monitorização do perfil FV poderá servir como motivação para o atleta trabalhar nos seus défices, baseado em dados concretos e fiáveis.

Capítulo 3: Metodologia

Este capítulo inclui a descrição dos meios e métodos utilizados na fase experimental do estudo e os respetivos procedimentos de análise.

3.1. Desenho Experimental

O presente estudo consistiu num desenho transversal onde se pretendeu analisar e comparar a utilização de uma barra olímpica ou de uma barra trap-bar no perfil FV vertical (i.e., F_0 , V_0 , P_{max} e declive) dos membros inferiores de atletas de voleibol feminino. As avaliações foram realizadas na Sala de musculação do pavilhão do Centro Social Luso Venezuelano (Nogueira da Regedoura, Santa Maria da Feira), em quatro sessões separadas, com duração aproximada de 45 minutos cada. Todas as sessões foram concretizadas em períodos competitivos e realizadas no espaço de duas semanas (duas avaliações em cada semana), de modo a garantir um idêntico estado de aptidão física entre sessões. As avaliações da mesma semana foram separadas por 48 horas e separadas por sete dias das sessões da segunda semana (por exemplo: 1ª sessão - segunda-feira, 2ª sessão - quarta-feira, 3ª sessão - segunda-feira, 4ª sessão - quarta-feira). Além disso, todos os testes foram concretizados no mesmo período do dia para minimizar o impacto da variabilidade diurna na função muscular. As participantes foram solicitadas a manter a normal ingestão alimentar e líquida nos dias antecedentes à avaliação, a evitar qualquer atividade física nas 24 horas anteriores e a não ingerir alimentos e cafeína nas três horas prévias à avaliação. Todos os testes foram precedidos por um período de aquecimento (ativação geral) de duração aproximada de 10 minutos, composto por uma atividade cardiovascular de baixa intensidade (corrida com duração de aproximadamente três minutos), exercícios de mobilidade articular e de ativação neuromuscular (exercícios de mobilidade articular dos membros inferiores). Foi ainda concedido um período de familiarização com o contexto de avaliação que incluiu duas a três séries de saltos a partir de uma posição de meio-agachamento.

3.2. Amostra

Vinte atletas do sexo feminino praticantes de voleibol, participaram voluntariamente no estudo. As características das participantes podem ser observadas na Tabela 2. Todas as atletas tinham experiência prévia em treino de força e praticavam a respetiva modalidade de forma regular e sistematizada há pelo menos dois anos. Todas as atletas tinham comportamentos de uma vida saudável e nenhuma experienciou qualquer tipo de lesão músculo-esquelética dos membros inferiores nos últimos seis meses. Além disso, todas se encontravam isentas de medicamentos, drogas ou suplementos alimentares e/ou energéticos que pudessem influenciar os resultados do estudo. Todos os participantes foram informados sobre os objetivos de estudo e respetivos procedimentos de avaliação, tendo assinado um consentimento informado, livre e esclarecido

antes da realização das avaliações. O estudo foi elaborado de acordo com os requisitos exigidos pela Declaração de Helsínquia para pesquisa com seres humanos.

Tabela 2. Características das participantes: n, idade, massa corporal, altura e índice de massa corporal (IMC). Os dados representam valores médios \pm desvio padrão.

	N	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Altura (m)	IMC (kg/m ²)
Participantes	20	17,39 \pm 0,96	60,77 \pm 6,22	167,35 \pm 6,12	21,69 \pm 1,83

3.3. Perfil de Força-Velocidade

Para determinar o respetivo perfil FV individual, cada atleta realizou séries de saltos verticais máximos (Squat Jump) sem carga adicional (apenas o peso corporal) e com cargas adicionais. As séries foram realizadas por ordem crescente de intensidade, onde a primeira carga externa foi de 20kg, incrementando-se gradualmente 5kg a cada condição de carga até que a atleta atingisse os 40kg de carga adicional (completando as seis condições de carga necessária à determinação do perfil FV). De acordo com o método de análise utilizado para esta investigação, se uma atleta não ultrapassasse os 10 centímetros de altura de salto numa determinada condição de carga, a mesma não passaria para a condição de carga seguinte. Na avaliação do perfil FV com barra olímpica, na série sem carga os participantes, colocaram as mãos num tubo PVC de massa desprezível e nas séries com cargas adicionais colocaram as mãos na barra. Na avaliação com barra trap-bar, na série sem carga, os participantes colocaram as mãos na cintura e nas séries com cargas adicionais colocaram as mãos nas pegas da barra trap-bar. Em ambas as avaliações os participantes mantiveram as mãos na mesma posição em todas as repetições.

As participantes foram instruídas a manterem a sua posição inicial de salto (90° de flexão de joelho) por dois segundos e só então aplicar a máxima força possível e o mais rápido possível no solo de modo a atingir a maior altura de salto que conseguissem. O contramovimento foi verbalmente interdito e a posição inicial foi definida por um goniómetro manual e controlada em todas as séries através de um cordão. As participantes realizaram dois saltos válidos em cada condição de carga e foram concedidos períodos de recuperação de dois minutos entre cada salto e cerca de 4-5 minutos entre cada condição de carga. Caso algum dos requisitos não fosse cumprido, o salto teria de ser repetido (até um máximo de 3 tentativas por cada condição de carga). Foi considerado para posterior análise a melhor altura de salto de cada condição de carga.

Os parâmetros mecânicos foram calculados para cada condição de carga utilizando o método de Samozino (Samozino et al., 2008), determinado através de uma folha Excel especialmente desenhada para o efeito e disponibilizada online pelos autores (Morin & Samozino, 2017). Este método estabelece que a força máxima teórica (F_0), a velocidade máxima teórica (V_0) e a potência máxima teórica (P_{max}) podem ser calculadas num salto vertical através da altura do salto e da medição da posição inicial de SJ. A altura do salto foi obtida através de um tapete de contato, *hardware* e *software* da *ChronoJump* (Barcelona, Espanha) que determina e armazena o tempo de voo com uma resolução temporal de um milissegundo (ms). Força, velocidade e potência foram calculadas através de três equações considerando apenas variáveis de entrada simples: massa corporal, altura do salto e distância de *push-off*. Este último corresponde à distância percorrida pelo centro de massa durante a fase de *push-off*, ou seja, a distância que os membros inferiores percorrem desde a posição inicial até à fase de *take-off* (último momento de contacto com o solo) (Samozino et al., 2008), e foi medido para cada atleta pela diferença entre o comprimento do membro inferior em extensão (desde o grande trocânter à ponta dos dedos dos pés com o tornozelo em flexão plantar máxima) e a altura na posição inicial padronizada individual (distância vertical desde o grande trocânter até ao solo). O deslocamento do centro de gravidade durante a fase aérea do salto (altura do salto - h) foi estimado a partir da equação cinemática $h = t^2 g / 8$, em que g é a aceleração gravítica ($9,81 \text{ m/s}^2$) e t^2 é o tempo de voo ao quadrado (Bosco et al., 1983).

3.4. Análise Estatística

O tratamento de todos os dados estatísticos desta dissertação foi realizado com o auxílio do programa SPSS 28 (IBM Corp, for IOS). Foram utilizados procedimentos estatísticos descritivos para caracterizar os participantes e os valores das diferentes variáveis em termos de tendência central (média aritmética) e de dispersão absoluta (desvio padrão). A condição de normalidade foi previamente verificada com auxílio do teste Shapiro-Wilk. Foi utilizado o nível de significância $p \leq 0,05$ para todos os testes.

Os dois momentos de teste de cada instrumento foram utilizados para calcular a reprodutibilidade intersessão nas diferentes variáveis em estudo (F_0 , V_0 , P_{max} , $FV \text{ slope}$). A reprodutibilidade foi calculada com auxílio do coeficiente de variação (CV) e do coeficiente de correlação intraclasse (ICC), com concordância absoluta. O CV foi demonstrado em percentagem (CV%) e a sua interpretação foi definida como muito boa ($CV < 10\%$), boa ($10\% < CV < 20\%$), aceitável ($20\% < CV < 30\%$) e não aceitável ($CV > 30\%$) (Hopkins et al., 2009). A interpretação do

ICC foi definida da seguinte forma: <0,5 indica baixa reprodutibilidade; 0,5-0,75 indica reprodutibilidade moderada; 0,75-0,9 indica boa reprodutibilidade; >0,9 indica excelente reprodutibilidade (Koo & Li, 2016).

O teste-T para amostras emparelhadas foi utilizado com o propósito de verificar as diferenças entre os dois momentos de teste para cada uma das barras utilizadas e o teste-T para amostras independentes entre a média dos dois testes da barra olímpica e a média dos dois testes com a barra trap-bar nas diferentes variáveis em estudo (F0, V0, P_{max} , FV slope).

Por último, o coeficiente de correlação de *Pearson* (r) foi utilizado para determinar a relação das variáveis em estudo (V0, F0, P_{max} e FV slope) entre a utilização da barra olímpica e a barra trap-bar. As correlações foram interpretadas como trivial ($r < 0,1$), pequeno ($r = 0,1-0,3$), moderado ($r = 0,3-0,5$), grande ($r = 0,5-0,7$), muito grande ($r = 0,7-0,9$) e quase perfeito ($r > 0,9$) (Hopkins et al., 2009).

Capítulo 4: Apresentação de Resultados

Este capítulo apresenta os resultados alcançados.

4.1. Reprodutibilidade e Variabilidade entre Sessões (Teste e Reteste)

A utilização da barra olímpica para traçar o perfil FV demonstrou uma reprodutibilidade moderada para a variável F0 ($0,50 < ICC < 0,75$), reprodutibilidade baixa para as variáveis V0 e FV *slope* ($ICC < 0,5$) e uma boa reprodutibilidade para a variável P_{max} ($0,5 < ICC < 0,9$) entre as sessões de teste e reteste. A consistência dos resultados variou entre muito boa e boa em todas as variáveis ($9,35\% \leq CV \leq 17,74\%$) com a exceção do momento de reteste da variável FV *slope* que foi não aceitável ($CV = 51,13$). Para uma análise mais detalhada dos dados, recomenda-se a observação da tabela 3.

Tabela 3. Estatísticas descritivas (média \pm desvio padrão), reprodutibilidade (ICC), variabilidade (CV%) e comparação das variáveis F0, V0, P_{max} e FV *slope* com a utilização da barra olímpica

		N	Média	Desvio Padrão	p	CV%	ICC 95% IC
F0 (N/kg)	F0 Barra Olímpica - Teste	20	32,17	3,00	0,223	9,35	0,579
	F0 Barra Olímpica - Reteste	20	31,19	3,42		10,97	(-0,026-0,831)
V0 (m/s)	V0 Barra Olímpica - Teste	20	2,37	0,29	0,051	12,24	0,326
	V0 Barra Olímpica - Reteste	20	2,57	0,37		14,40	(-0,467-0,715)
P_{max} (W/kg)	P_{max} Barra Olímpica - Teste	20	19,00	2,00	0,029	10,53	0,809
	P_{max} Barra Olímpica - Reteste	20	19,81	2,14		10,80	(0,489-0,926)
FV <i>slope</i> (N.s/m/kg)	Sfv Barra Olímpica - Teste	20	-13,81	2,45	0,085	17,74	0,319
	Sfv Barra Olímpica - Reteste	20	-11,50	5,88		51,13	(-0,531-0,716)

A utilização da barra trap-bar entre a sessão de teste e a sessão de reteste demonstrou uma reprodutibilidade moderada para a variável V0 e FV *slope* ($0,50 < ICC < 0,75$), reprodutibilidade boa para F0 ($0,75 < ICC < 0,9$) e excelente reprodutibilidade para a variável P_{max} entre sessões ($ICC > 0,9$). A consistência dos resultados foi boa nas variáveis F0 e V0 em ambas as sessões de teste ($10,43 \leq CV \leq 13,97$), muito boa para a variável P_{max} em ambas sessões de teste ($9,62 \leq CV \leq 9,63$) e aceitável para FV *slope* em ambas as sessões de teste ($21,31 \leq CV \leq 26,32$). Para uma análise mais detalhada dos dados, recomenda-se a observação da tabela 4.

Tabela 4. Estatísticas descritivas (média \pm desvio padrão), reprodutibilidade (ICC), variabilidade (CV%) e comparação das variáveis F0, V0, P_{max} e FV slope com a utilização da barra trap-bar

		N	Média	Desvio Padrão	<i>p</i>	CV%	ICC 95% IC
F0 (N/kg)	F0 Barra Trap-bar - Teste	20	35,54	4,96	0,187	13,97	0,841 (0,608-0,937)
	F0 Barra Trap-bar - Reteste	20	34,52	4,19		12,14	
V0 (m/s)	V0 Barra Trap-bar – Teste	20	2,26	0,277	0,164	12,26	0,727 (0,335-0,891)
	V0 Barra Trap-bar – Reteste	20	2,34	0,244		10,43	
P_{max} (W/kg)	P_{max} Barra Trap-bar - Teste	20	19,85	1,91	0,437	9,62	0,909 (0,774-0,964)
	P_{max} Barra Trap-bar - Reteste	20	20,05	1,97		9,83	
FV slope (N.s/m/kg)	Sfv Barra Trap-bar – Teste	20	-16,15	4,25	0,162	26,32	0,717 (0,310-0,886)
	Sfv Barra Trap-bar - Reteste	20	-15,01	3,20		21,31	

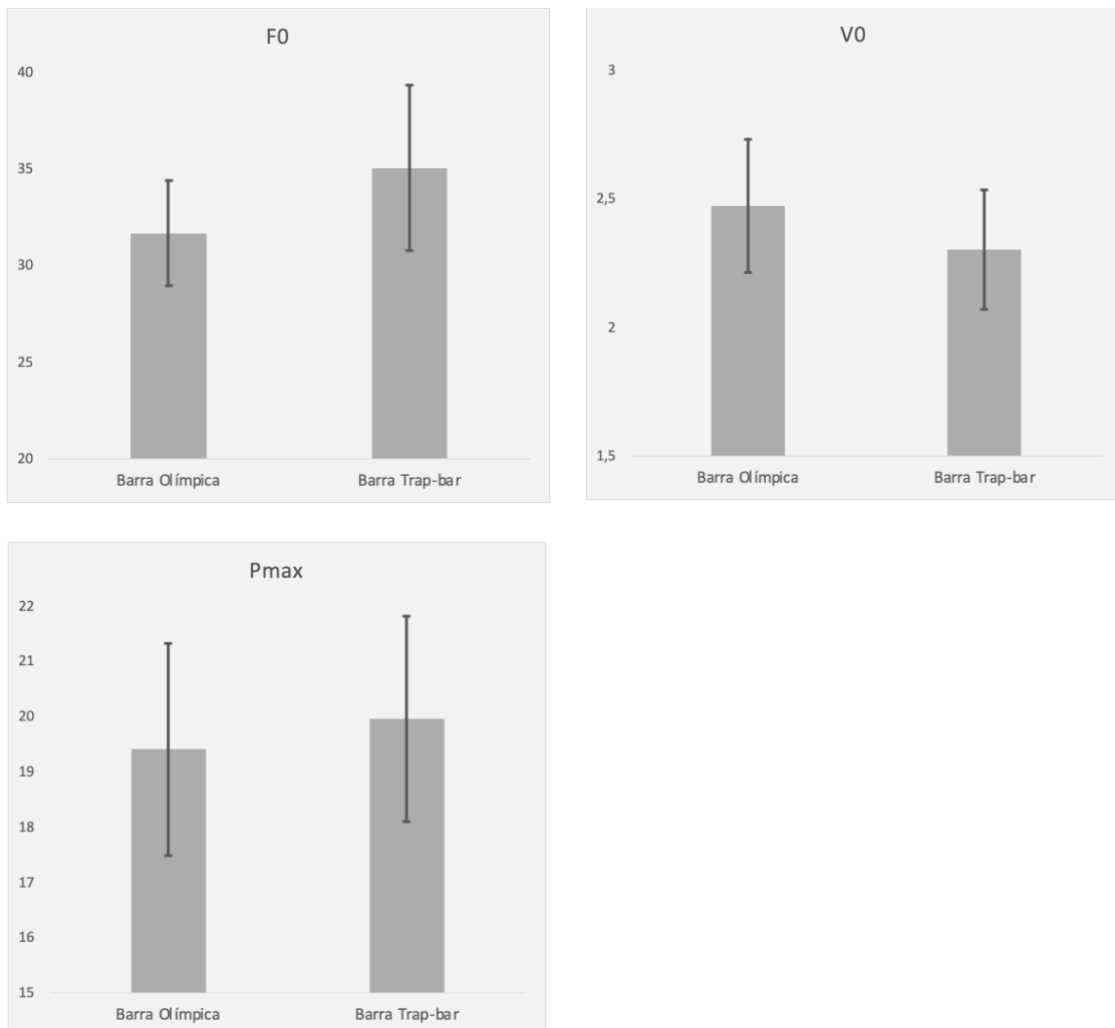
4.2. Reprodutibilidade, Variabilidade e Comparação entre utilização da barra olímpica e da barra trap-bar para traçar o perfil FV

A comparação entre as variáveis estudadas nas diferentes condições de teste demonstrou moderada reprodutibilidade nas variáveis F0 e V0 ($0,5 < ICC < 0,75$), excelente reprodutibilidade em P_{max} ($ICC > 0,9$) e baixa reprodutibilidade em FV slope ($ICC < 0,5$) (tabela 5). A consistência dos resultados foi muito boa para as variáveis de P_{max} em ambas as condições de teste e para F0 com a barra olímpica ($8,53 \leq CV \leq 9,32$), boa para as variáveis V0 em ambas as condições de teste e para F0 com a barra trap-bar ($10,09 \leq CV \leq 12,22$) e aceitável para a variável FV slope em ambas as condições de teste ($21,44 \leq CV \leq 27,67$). Para uma análise mais detalhada dos dados, recomenda-se a observação da tabela 5. Nela é possível verificar que, quando comparadas as condições de determinação do perfil FV (barra olímpica vs. barra trap-bar), os valores de F0 ($31,66 \pm 2,70$ vs. $35,03 \pm 4,28$), V0 ($2,47 \pm 0,259$ vs. $2,30 \pm 0,232$) e P_{max} ($19,40 \pm 1,92$ vs. $19,95 \pm 1,86$) foram mais elevados na condição da trap-bar. Esta informação pode também ser observada na figura 3. Foi possível ainda observar diferenças significativas no FV slope ($-12,65 \pm 3,50$ vs. $-15,58 \pm 3,34$), com uma inclinação mais acentuada na barra trap-bar.

Tabela 5. Estatísticas descritivas (média \pm desvio padrão), reprodutibilidade (ICC) e variabilidade (CV%) e comparação (p) das variáveis F0, V0, P_{max} e FV slope entre a utilização da barra olímpica e a barra trap-bar

		N	Média	Desvio Padrão	p	CV%	ICC 95% IC
F0 (N/kg)	F0 Barra Olímpica (Média)	20	31,66	2,70	<0,001	8,53	0,662 (-0,193- 0,891)
	F0 Barra Trap-bar (Média)	20	35,03	4,28		12,22	
V0 (m/s)	V0 Barra Olímpica (Média)	20	2,47	0,259	<0,001	10,49	0,673 (0,068- 0,878)
	V0 Barra Trap-bar (Média)	20	2,30	0,232		10,09	
P_{max} (W/kg)	P_{max} Barra Olímpica (Média)	20	19,40	1,92	<0,001	9,90	0,918 (0,743- 0,970)
	P_{max} Barra Trap-bar (Média)	20	19,95	1,86		9,32	
FV slope (N.s/m/kg)	Sfv Barra Olímpica (Média)	20	-12,65	3,50	<0,001	27,67	0,481 (-0,162- 0,785)
	Sfv Barra Trap-bar (Média)	20	-15,58	3,34		21,44	

Figura 6. Gráfico de barras com a comparação (média \pm desvio padrão) das variáveis F0, V0 e P_{max} .



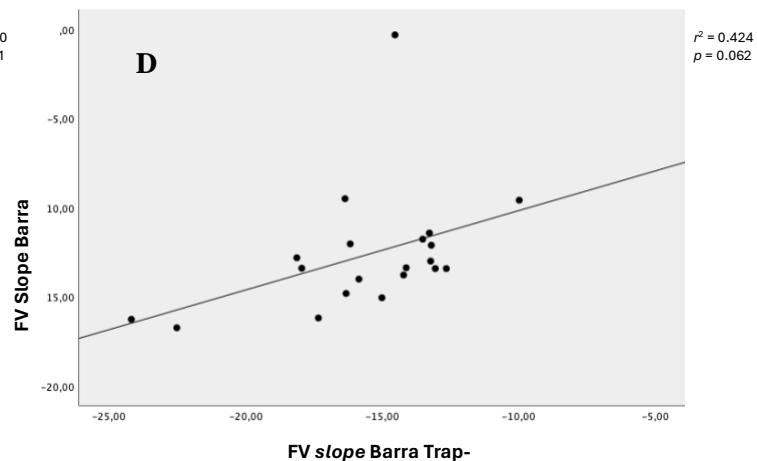
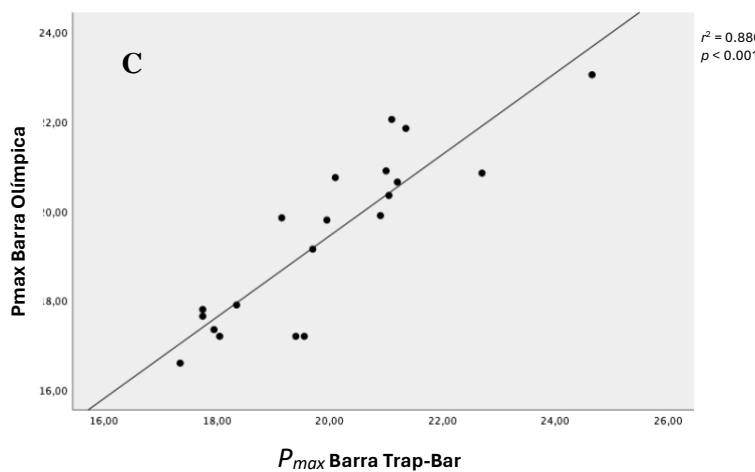
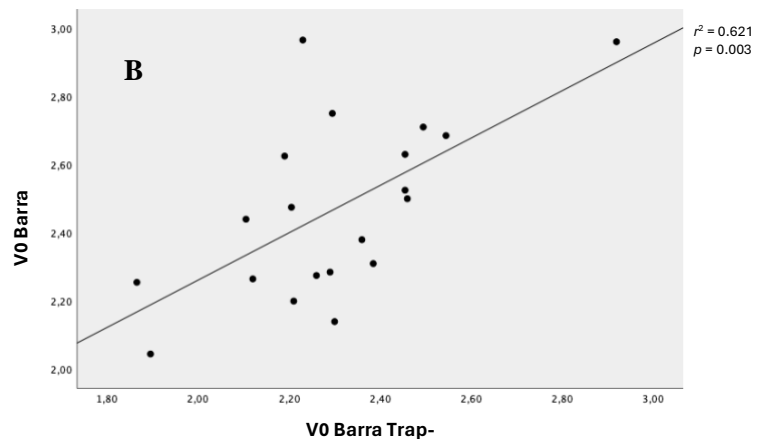
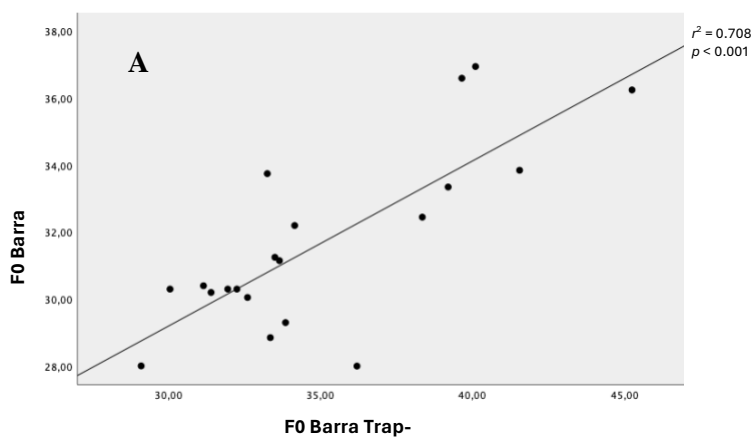
4.3. Correlação do Perfil FV com barra olímpica e barra trap-bar

Na tabela 6, são apresentados os resultados das correlações das diferentes variáveis em estudo entre as diferentes condições de teste. Na variável F0, encontra-se uma correlação muito grande ($r = 0,708$; $p < 0,001$). Em V0 observa-se uma correlação grande ($r = 0,621$; $p = 0,003$). P_{max} observa-se uma correlação muito grande ($r = 0,880$; $p < 0,001$). A variável FV *slope* não apresenta correlação estatisticamente significativa. A figura 3 ilustra graficamente cada uma das variáveis e respectivas correlações entre as diferentes condições de teste.

Tabela 6. Correlação de Pearson entre a utilização da barra olímpica e da barra trap-bar nas diferentes variáveis em estudo

	F0 Barra olímpica	V0 Barra Olímpica	P_{max} Barra Olímpica	FV <i>slope</i> Barra olímpica	F0 Barra Trap-bar	V0 Barra Trap-bar	P_{max} Barra Trap-bar	FV <i>slope</i> Barra Trap-bar
F0 Barra olímpica	1	-	-	-	0,708** ($<0,001$)	-	-	-
V0 Barra Olímpica	-	1	-	-	-	0,621** (0,003)	-	-
P_{max} Barra Olímpica	-	-	1	-	-	-	0,880** ($<0,001$)	-
FV <i>slope</i> Barra olímpica	-	-	-	1	-	-	-	0,424** (0,062)
F0 Barra Trap-bar	0,708** ($<0,001$)	-	-	-	1	-	-	-
V0 Barra Trap-bar	-	0,621** (0,003)	-	-	-	1	-	-
P_{max} Barra Trap-bar	-	-	0,880** ($<0,001$)	-	-	-	1	-
FV <i>slope</i> Barra Trap-bar	-	-	-	0,424** (0,062)	-	-	-	1

Figura 9. Associação entre Testes com a barra olímpica e barra trap-bar: A - Correlação entre variável F0; B - Correlação entre variável V0; C - Correlação entre variável P_{max} ; D - Correlação entre variável FV slope



Capítulo 5: Discussão de Resultados

Este capítulo analisa e interpreta criticamente os resultados à luz da literatura existente e destaca suas implicações e limitações.

5. Discussão de Resultados

Avaliar de forma objetiva o desempenho individual de cada atleta, a fim de elaborar programas de treino específicos para cada um, é um dos principais desafios que os profissionais da área do treino de força e condicionamento enfrentam (Canavan & Vescovi, 2004; Samozino et al., 2008, 2010). O presente estudo teve como objetivo avaliar as diferenças da utilização de uma barra trap-bar em detrimento de uma barra olímpica para traçar o perfil FV, aquando da utilização de um método de terreno reprodutível e válido, proposto por Samozino et al. (2008). Embora o método proposto por Samozino et al. (2008) já seja utilizado há vários anos, tanto quanto nos foi possível pesquisar, existe uma escassez de estudos que investigue a utilização de outro tipo de tecnologias, nomeadamente a barra trap-bar. Esta dissertação tem o intuito de acrescentar informação à investigação científica acerca da variabilidade do método SAM e das suas possíveis adaptações em modalidades cuja utilização da potência dos membros inferiores esteja relacionada com o sucesso desportivo (Haff & Nimphius, 2012).

Os resultados da presente investigação demonstraram existir uma reprodutibilidade moderada (média de todas as variáveis) na utilização da barra olímpica intersessão e reprodutibilidade boa (média de todas as variáveis) na utilização da barra trap-bar intersessão. Entre as diferentes condições de teste (barra olímpica e barra trap-bar), os resultados demonstraram uma reprodutibilidade moderada (média de todas as variáveis).

Como previamente descrito, o primeiro objetivo do presente estudo teve o propósito de determinar a reprodutibilidade e a variabilidade da utilização da barra olímpica para determinar o perfil FV. A utilização da barra olímpica demonstrou uma reprodutibilidade que variou entre baixa e boa ($0,319 < ICC < 0,809$) entre as diferentes sessões. A consistência dos resultados variou entre muito boa e boa em todas as variáveis ($9,35\% \leq CV \leq 17,74\%$) com a exceção do momento de reteste da variável FV *slope* que foi não aceitável ($CV = 51,13$). Estes dados, parecem não corroborar os estudos anteriormente descritos por Jimenez-Reyes et al. (2016) e Giroux et al. (2015). Uma perspetiva para justificar estas discrepâncias deve-se ao facto de 1) as metodologias serem distintas do presente estudo, 2) a diferença de género dos participantes e 3) o nível de atletismo dos mesmos. O estudo de Jimenez-Reyes et al. (2016) contou com a participação de atletas masculinos de um nível de elite, cuja experiência de treino permitiu que os mesmos realizassem saltos com cargas incrementais que superaram a sua própria massa corporal. No estudo de Giroux et al. (2015), embora os participantes tivessem características mais homogêneas (atletas do sexo masculino e feminino), ainda que o seu nível de atletismo

tenha sido superior, os SJ foram realizados com auxílio de uma *smith machine* (estrutura que permite eliminar qualquer oscilação no plano frontal).

O segundo objetivo do estudo teve o propósito de determinar a reprodutibilidade e a variabilidade da utilização da barra trap-bar para traçar o perfil FV. De acordo com os nossos resultados, a utilização da barra trap-bar entre a sessão de teste e a sessão de reteste demonstrou excelente reprodutibilidade entre sessões ($ICC = 0,909$) para a variável P_{max} e uma reprodutibilidade que variou entre moderada e boa para todas as restantes variáveis ($0,717 < ICC < 0,841$). A consistência dos resultados foi boa nas variáveis F0 e V0 em ambas as sessões de teste ($10,43 \leq CV \leq 13,97$), muito boa para a variável P_{max} em ambas sessões de teste ($9,62 \leq CV \leq 9,63$) e aceitável para FV *slope* em ambas as sessões de teste ($21,31 \leq CV \leq 26,32$). Que seja do conhecimento da equipa de investigação, não existem outros estudos que analisem a reprodutibilidade da utilização da barra trap-bar para traçar o perfil FV. No entanto, os resultados obtidos na presente investigação demonstraram algumas similaridades com o estudo realizado por Hicks et al. (2022), que procurou compreender de que forma as variáveis F0, V0 e P_{max} se diferenciavam quando aplicado o método SAM (tapete de contacto) ou através da utilização de plataformas de força. Assim como no presente estudo, os autores utilizaram ferramentas como a barra olímpica e a barra trap-bar. Hicks et al. (2022) demonstraram uma excelente reprodutibilidade para todas as variáveis estudadas ($0,90 < ICC < 0,96$). Contudo, os participantes deste estudo realizaram CMJs e não SJs. Este último fator faz com que seja difícil realizar comparações plausíveis entre o estudo de Hicks et al. (2022) e a presente investigação, uma vez que existem inúmeras diferenças entre ambas as estratégias de salto. O CMJ é caracterizado por utilizar energia elástica proveniente do ciclo muscular de alongamento-encurtamento (Hooren & Zolotarjova, 2017). A fase de excêntrica do CMJ permite uma melhor eficácia da ativação muscular, o que se traduz na maioria dos casos numa performance de salto melhor do que um SJ (Hooren & Bosch, 2016).

Tal como referenciado no início desta secção, um dos objetivos do estudo foi comparar e correlacionar as diferentes variáveis que integram o perfil FV com a utilização da barra olímpica e a barra trap-bar. Os resultados do presente estudo demonstraram moderada reprodutibilidade nas variáveis F0 e V0 ($0,662 < ICC < 0,673$), excelente reprodutibilidade em P_{max} ($ICC = 0,918$) e baixa reprodutibilidade em FV *slope* ($ICC = 0,481$). A consistência dos resultados foi muito boa para as variáveis de P_{max} em ambas as condições de teste e para F0 com a barra olímpica ($8,53 \leq CV \leq 9,32$), boa para as variáveis V0 em ambas as condições de teste e para F0 com a barra trap-bar ($10,09 \leq CV \leq 12,22$) e aceitável para a variável FV *slope* em ambas

as condições de teste ($21,44 \leq CV \leq 27,67$). Apesar de, na globalidade dos resultados, os ICCs indicarem uma reprodutibilidade entre moderada e excelente, é importante que a sua interpretação seja realizada com cautela. O CV pode realçar a reprodutibilidade de um estudo (Atkinson & Nevill, 1998). No entanto, para que os resultados de um estudo sejam verdadeiramente confiáveis, além de apresentarem ICCs aceitáveis, o CV deve ser $<10\%$ (Atkinson & Nevill, 1998). Desta forma, embora as variáveis F0 e V0 apresentem reprodutibilidade na construção do perfil FV entre a barra olímpica e a barra trap-bar, conforme indicado com os valores de ICC, os valores de CV não refletem a mesma confiança. A variável P_{max} foi a única que mostrou excelente reprodutibilidade e muito boa consistência dos resultados. Será pertinente realizar estudos semelhantes com atletas mais experientes e familiarizados com os testes, a fim de reduzir os valores de CV.

Um achado interessante neste estudo foi o facto de se verificar que apesar da P_{max} atingida ser semelhante entre as diferentes condições de teste, a utilização da barra trap-bar demonstra um perfil FV com maior utilização de F0, contrariamente à utilização da barra olímpica que viu a sua P_{max} ser atingida com uma preponderância maior de V0. De acordo com Weakley et al. (2021), a utilização da barra trap-bar em SJ demonstrou melhorias na altura de salto, P_{max} e Força média em relação à barra olímpica. Segundo alguns autores, um dos motivos pela qual a utilização da barra trap-bar demonstra melhores *outputs* das variáveis descritas é a diferente colocação/disposição da barra. A barra olímpica é colocada na região posterior dos ombros, o que pode limitar a inclinação anterior do tronco na posição inicial do SJ (Argus et al., 2011; Mundy et al., 2017) e provocar maior momento de alavanca na articulação do joelho, resultando na menor ativação dos músculos extensores da anca (MacKenzie et al., 2014; Vanrenterghem et al., 2008). A corroborar as teses anteriores, existem diversos autores que afirmam que o padrão da relação FV depende significativamente dos ângulos e posições articulares (Feeney et al., 2016; Hahn et al., 2014). De acordo com alguns estudos, a barra trap-bar tem uma melhor representação do salto sem carga adicional (Swinton et al., 2012; Turner et al., 2015). Adicionalmente, existe uma característica que parece pertinente evidenciar: embora os participantes da presente investigação tenham contacto diário com ambas as ferramentas de teste (barra olímpica e barra trap-bar) em contexto de treino, a sua experiência não acumula muitos anos, o que faz com que a utilização da barra trap-bar provoque indiscutivelmente uma maior sensação de segurança (Swinton et al., 2012), o que poderá traduzir-se numa melhor performance do SJ com a barra trap-bar.

De acordo com os resultados da presente investigação, no global, foi verificada uma correlação estatisticamente significativa das diferentes variáveis em estudo nas duas condições de teste

(utilização da barra olímpica e a utilização da barra trap-bar). Quando comparadas as duas ferramentas, verificou-se uma correlação muito grande para as variáveis F0 e P_{max} ($r = 0,708$; $p < 0,001$ e $r = 0,880$; $p < 0,001$, respetivamente) e uma correlação grande para a variável V0 ($r = 0,621$; $p = 0,003$). A variável FV *slope* foi a única variável estudada que apresentou diferenças estatisticamente significativas entre as duas condições de teste. Estes resultados, embora não tenham o mesmo grau de precisão, fortalecem a hipótese inicial do estudo e demonstram similaridades aos resultados encontrados no estudo de Jimenez-Reyes et al. (2016) que evidenciou uma correlação muito grande em todas as variáveis ($r = 0,985 - 0,997$; $p < 0,001$) exceto os valores de FV *slope*.

Como foi possível verificar na tabela 5, presente na secção dos Resultados, as condições de determinação demonstraram existir diferenças significativas em todas as variáveis do perfil FV entre as duas condições de teste ($p < 0,001$). Este facto, sustenta a hipótese em estudo de que a barra trap-bar gera maior P_{max} do que a barra olímpica. Com base nestes dados, podemos ainda recomendar que a barra trap-bar seja utilizada para o treino de potência e força ao invés da barra olímpica onde a velocidade teve maior preponderância.

O presente estudo enfrentou algumas limitações no seu decorrer. O tamanho da amostra ($n = 20$) não permite a generalização dos resultados obtidos. No decorrer do processo de recolha de dados, poderia ter sido feita uma filmagem que permitisse observar detalhadamente aspetos técnicos dos saltos das atletas com as diferentes condições de teste. Supõe-se que pelo menos uma sessão de familiarização com as diferentes condições de teste teria tido um impacto importante de modo a reduzir o efeito da aprendizagem, o que poderia ter levado à diminuição da variabilidade de resultados entre sessões. Uma outra possível limitação deste estudo é a relativa inexperiência de treino de força das atletas que nele participam. Contudo, a equipa de investigação acredita que devem ser realizadas mais investigações nas camadas mais jovens do desporto, com o propósito de fornecer uma informação mais ampla e detalhada sobre cada atleta aos respetivos treinadores. Dessa forma, acredita-se que seria possível potenciar aspetos individuais de cada atleta e facilitar a construção de cultura desportiva no desporto por parte dos atletas mais jovens.

Capítulo 6: Conclusões e Perspetivas Futuras

Este capítulo apresenta as conclusões gerais desta investigação, com base nos resultados obtidos.

6. Conclusões e Perspetivas

O presente estudo teve como principal objetivo avaliar as diferenças da utilização de uma barra trap-bar em detrimento de uma barra olímpica para calcular valores de F , V e P_{max} na construção do perfil FV. Mais especificamente, pretendeu-se avaliar a reprodutibilidade e variabilidade das duas ferramentas de forma separada e correlacionar as mesmas posteriormente.

Os resultados do estudo demonstram que a utilização da barra trap-bar se apresenta como um método alternativo para traçar o perfil FV e respetiva utilização em contexto de treino. No entanto, é importante abordar as interpretações destes resultados com o devido cuidado, uma vez que existiu uma variável – nomeadamente P_{max} – que se destacou das demais.

A comparação e correlação entre as duas barras utilizadas para traçar o perfil FV demonstraram existência de moderada a excelente reprodutibilidade das variáveis estudadas, com exceção de $FV\ slope$. Ainda que P_{max} tenha obtido valores similares entre as duas condições de teste, foi possível observar uma maior vantagem de F na utilização da barra trap-bar, contrariamente à barra olímpica que utilizou maior V para o mesmo output de P_{max} . Foram ainda encontradas correlações estatisticamente significativas que variaram entre grande e muito grande em todas as variáveis estudadas, excetuando $FV\ slope$ onde não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre as duas condições de teste. As condições de determinação demonstraram existir diferenças significativas em todas as variáveis do perfil FV entre as duas condições de teste ($p < 0,001$). Este facto, sustenta a hipótese em estudo de que a barra trap-bar gera maior P_{max} do que a barra olímpica. Podemos ainda recomendar, com base nestes dados, que a barra trap-bar seja utilizada para o treino de potência e força ao invés da barra olímpica onde a velocidade teve maior preponderância.

Reconhece-se que a elaboração do perfil FV através de um método que se baseia em três parâmetros simples é uma ferramenta bastante útil para compreender as necessidades individuais de força e potência dos atletas. Compreendemos, também, que a barra trap-bar é uma tecnologia cada vez mais utilizada por profissionais do treino de força e condicionamento, dada a acessibilidade e segurança que revela ter. Assim sendo, sugere-se que seja realizada mais investigação relacionada com este tópico de forma a aprofundar ainda mais o conhecimento sobre a eficácia da barra trap-bar e explorar seu potencial impacto na otimização do treino de força. Esta pesquisa adicional poderá contribuir para aprimorar ainda mais a aplicação prática dessa ferramenta no desenvolvimento de programas de treino personalizados, visando atender de maneira mais eficiente às necessidades individuais de força e potência dos atletas.

Referências Bibliográficas

Este capítulo apresenta todas as referências que fundamentaram e suportaram este estudo.

Referências Bibliográficas

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, *93*(4), 1318-1326. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00283.2002>
- Argus, C. K., Gill, N. D., Keogh, J. W., & Hopkins, W. G. (2011). Assessing lower-body peak power in elite rugby-union players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(6), 1616-1621. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ddfab3>
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, *26*(4), 217-238. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826040-00002>
- Baker, D. (1996). Improving vertical jump performance through general, special, and specific strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *10*, 131-136.
- Baker, D. (2002). Differences in strength and power among junior-high, senior-high, college-aged, and elite professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *16*(4), 581-585. <https://doi.org/10.1519/00124278-200211000-00015>
- Baker, D. (2017). Comparison of strength levels between players from within the same club who were selected vs. Not selected to play in the grand final of the national rugby league competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(6), 1461-1467. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001604>
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *50*(2), 273-282. <https://doi.org/10.1007/BF00422166>
- Camara, K. D., Coburn, J. W., Dunnick, D. D., Brown, L. E., Galpin, A. J., & Costa, P. B. (2016). An examination of muscle activation and power characteristics while performing the deadlift exercise with straight and hexagonal barbells. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(5), 1183-1188. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001352>
- Canavan, P. K., & Vescovi, J. D. (2004). Evaluation of power prediction equations: Peak vertical jumping power in women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *36*(9), 1589-1593. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000139802.96395.ac>
- Cormie, P., McCaulley, G. O., Triplett, N. T., & McBride, J. M. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *39*(2), 340-349. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000246993.71599.bf>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: Part 1- Biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, *41*(1), 17-38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011b). Developing maximal neuromuscular power: Part 2 - Training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, *41*(2), 125-146. <https://doi.org/10.2165/11538500-000000000-00000>
- Feeney, D., Stanhope, S. J., Kaminski, T. W., Machi, A., & Jaric, S. (2016). Loaded vertical jumping: Force-velocity relationship, work, and power. *Journal of Applied Biomechanics*, *32*(2), 120-127. <https://doi.org/10.1123/jab.2015-0136>

- Gabbett, T., & Georgieff, B. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of Australian junior national, state, and novice volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 902-908. <https://doi.org/10.1519/r-20616.1>
- Giroux, C., Rabita, G., Chollet, D., & Guilhem, G. (2015). What is the best method for assessing lower limb force-velocity relationship? *International Journal of Sports Medicine*, 36(2), 143-149. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1385886>
- Haff, G. G., & Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *Strength & Conditioning Journal*, 34(6), 2-12. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826db467>
- Hahn, D., Herzog, W., & Schwirtz, A. (2014). Interdependence of torque, joint angle, angular velocity and muscle action during human multi-joint leg extension. *European Journal of Applied Physiology*, 114(8), 1691-1702. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2899-5>
- Harman, E., Rosenstein, M. T., Frykman, P. N., & Rosenstein, R. M. (1990). The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(6), 825-833. <https://doi.org/10.1249/00005768-199012000-00015>
- Hicks, D. S., Drummond, C., & Williams, K. J. (2022). Measurement agreement between Samozino's method and force plate force-velocity profiles during barbell and hexbar countermovement jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(12), 3290-3300. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000004144>
- Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences*, 126(843), 136-195. <https://doi.org/10.1098/rspb.1938.0050>
- Hooren, B., & Bosch, F. (2016). Influence of muscle slack on high-intensity sport performance: A review. *Strength and Conditioning Journal*, 38, 75-87. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000251>
- Hooren, B., & Zolotarjova, J. (2017). The difference between countermovement and squat jump performances: A review of underlying mechanisms with practical applications. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31, 2011-2020. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001913>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3-12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181818cb278>
- Jiménez-Reyes, P., Cross, M., Ross, A., Samozino, P., Brughelli, M., Gill, N., & Morin, J. B. (2019). Changes in mechanical properties of sprinting during repeated sprint in elite rugby sevens athletes. *European Journal of Sport Science*, 19(5), 585-594. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1542032>
- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., Blanco, F., Conceição, F., Cuadrado, V., González-Badillo, J., & Morin, J.-B. (2016). Validity of a simple method for measuring force-velocity-power profile in countermovement jump. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 36-43. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0484>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñafiel, V., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, 6, e5937. <https://doi.org/10.7717/peerj.5937>

- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., & Morin, J.-B. (2019). Optimized training for jumping performance using the force-velocity imbalance: Individual adaptation kinetics. *PLOS ONE*, *14*, e0216681. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216681>
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*, *15*(2), 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Lake, J., Duncan, F., Jackson, M., & Naworynsky, D. (2017). Effect of a hexagonal barbell on the mechanical demand of deadlift performance. *Sports (Basel)*, *5*(4), 82-90. <https://doi.org/10.3390/sports5040082>
- Lauersen, J. B., Andersen, T. E., & Andersen, L. B. (2018). Strength training as superior, dose-dependent and safe prevention of acute and overuse sports injuries: A systematic review, qualitative analysis and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, *52*(24), 1557-1563.
- MacKenzie, S. J., Lavers, R. J., & Wallace, B. B. (2014). A biomechanical comparison of the vertical jump, power clean, and jump squat. *Journal of Sports Sciences*, *32*(16), 1576-1585. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.908320>
- Malone, S., Hughes, B., Doran, D. A., Collins, K., & Gabbett, T. J. (2019). Can the workload–injury relationship be moderated by improved strength, speed and repeated-sprint qualities? *Journal of Science and Medicine in Sport*, *22*(1), 29-34.
- McGuigan, M. (2017). *Developing power*. Human Kinetics.
- McGuigan, M. R., Cormack, S. J., & Gill, N. D. (2013). Strength and power profiling of athletes: Selecting tests and how to use the information for program design. *Strength & Conditioning Journal*, *35*(6), 7-14. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000011>
- Mil-Homens, P. (2019). Formas de manifestação da força. In P. Mil-Homens, P. P. Correia, & G. V. Mendonça (Eds.), *Treino da força: Princípios biológicos e métodos de treino* (Vol. 1, pp. 117-130). FMH Edições.
- Mil-Homens, P., Valamatos, M. J., & Pinto, R. S. (2017). Avaliação e controlo do treino da força. In P. P. Correia, P. Mil-Homens, & G. V. Mendonça (Eds.), *Treino da força: Avaliação, planeamento e aplicações* (Vol. 2, pp. 7-36). FMH Edições.
- Morin, J. B., & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(2), 267-272. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0638>
- Morin, J. B., & Samozino, P. (2018). *Biomechanics of training and testing*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05633-3>
- Mundy, P. D., Smith, N. A., Lauder, M. A., & Lake, J. P. (2017). The effects of barbell load on countermovement vertical jump power and net impulse. *Journal of Sports Sciences*, *35*(18), 1-7. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1236208>
- Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength & Conditioning Journal*, *16*(5), 20-31.
- Peterson, M. D., Alvar, B. A., & Rhea, M. R. (2006). The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(4), 867-873. <https://doi.org/10.1519/r-18695.1>
- Polglaze, T., & Dawson, B. (1992). The physiological requirements of the positions in state league volleyball. *Sports Coach*, *15*(1), 32-37.

- Rahmani, A., Samozino, P., Morin, J.-B., & Morel, B. (2018). A simple method for assessing upper-limb force–velocity profile in bench press. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 200-207. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0814>
- Samozino, P. (2018). Optimal force-velocity profile in ballistic push-off: Measurement and relationship with performance. *Biomechanics of Training and Testing: Innovative Concepts and Simple Field Methods*, 97-119. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05633-3_5
- Samozino, P., Edouard, P., Sangnier, S., Brughelli, M., Gimenez, P., & Morin, J. B. (2014). Force-velocity profile: Imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(6), 505-510. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1354382>
- Samozino, P., Morin, J. B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, 41(14), 2940-2945. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028>
- Samozino, P., Morin, J. B., Hintzy, F., & Belli, A. (2010). Jumping ability: A theoretical integrative approach. *Journal of Theoretical Biology*, 264(1), 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2010.01.021>
- Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J. B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements--altius: Citius or fortius? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(2), 313-322. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a>
- Sheppard, J. (2014). Optimising training for jumping and landing. In D. Joyce & D. Lewindon (Eds.), *High-Performance training for sports* (pp. 167-184). Human Kinetics.
- Sheppard, J., Gabbett, T. J., & Stanganelli, L. C. (2009). An analysis of playing positions in elite men's volleyball: Considerations for competition demands and physiologic characteristics. *Journal of strength and Conditioning Research*, 23(6), 1858-1866. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b45c6a>
- Silva, A. F., Clemente, F. M., Lima, R., Nikolaidis, P. T., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2019). The effect of plyometric training in volleyball players: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(16), 2960- 2983. <https://doi.org/10.3390/ijerph16162960>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: Training considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765-785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419-1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Swinton, P. A., Stewart, A. D., Lloyd, R., Agouris, I., & Keogh, J. W. (2012). Effect of load positioning on the kinematics and kinetics of weighted vertical jumps. *Journal of strength and Conditioning Research*, 26(4), 906-913. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822e589e>
- Taube, W., Leukel, C., & Gollhofer, A. (2012). How neurons make us jump: The neural control of stretch-shortening cycle movements. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 40(2), 106-115. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e31824138da>

- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, *39*(2), 147-166. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939020-00004>
- Turner, T. S., Tobin, D. P., & Delahunt, E. (2015). Optimal loading range for the development of peak power output in the hexagonal barbell jump squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(6), 1627-1632. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000802>
- Urca, T., & Ribak, G. (2018). The effect of air resistance on the jump performance of a small parasitoid wasp, *Anagyrus pseudococci* (Encyrtidae). *Journal Experimental Biology*, *221*(7), 1-10. <https://doi.org/10.1242/jeb.177600>
- Vanrenterghem, J., Lees, A., & Clercq, D. D. (2008). Effect of forward trunk inclination on joint power output in vertical jumping. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *22*(3), 708-714. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181636c6c>
- Weakley, J. J., Till, K., Read, D. B., Leduc, C., Roe, G. A. B., Phibbs, P. J., Darrall-Jones, J., & Jones, B. (2021). Jump training in rugby union players: Barbell or hexagonal bar? *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *35*(3), 754-761. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002742>
- Yamauchi, J., & Ishii, N. (2007). Relations between force-velocity characteristics of the knee-hip extension movement and vertical jump performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(3), 703-709. <https://doi.org/10.1519/R-20516.1>