

 **Universidade do Porto**

Faculdade de Ciências do
Desporto e de Educação Física

Análise Biomecânica do *Take-Off* no Trampolim

Estudo Realizado com Quatro Ginastas Sêniores
Masculinos da Selecção Portuguesa

**Ricardo Nuno Ferreira Lopes
Álvares de Carvalho**

Outubro, 2002

M

UNIVERSIDADE DO PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO DESPORTO E DE EDUCAÇÃO
FÍSICA

Análise Biomecânica do *Take-Off* no Trampolim

Estudo realizado com quatro ginastas
seniores masculinos da Selecção
Portuguesa

Dissertação apresentada com vista à
obtenção do grau de Mestre em
Ciências do Desporto na Área de
Especialização em Treino de Alto
Rendimento Desportivo, orientada pelo
Prof. Doutor João Paulo Vilas-Boas
Soares Campos.

Ricardo Álvares de Carvalho

Porto, 2002

À Rute porque numa vida a dois
sofreu comigo, levantou-me a
cabeça, pôs-me os pés na terra,
chamou-me à responsabilidade ...
Fez este mestrado comigo.

Agradecimentos

- Ao Prof. Doutor João Paulo Vilas Boas pela aposta que fez neste estudo, colocando todos os meios possíveis à minha disposição.
- A toda a equipa em geral do gabinete de Biomecânica pelo empenho e disponibilidade.
- Ao Eng. Pedro Gonçalves pela forma incansável e entusiástica do seu apoio.
- Ao Dr. Filipe Conceição pelas orientações e esclarecimentos de inegável importância.
- Ao Eng. João Carvalho também pelas suas directrizes e pelo ânimo em que elas resultaram.
- Ao Prof. Doutor José Maia porque sempre que eu precisei ele disponibilizou-se prontamente a ajudar-me.
- Aos Prof.^{es} Doutores Carlos Amadio e António Guimarães pelas conversas que tiveram comigo, elucidando-me quanto ao caminho que deveria tomar.
- Aos todos os meus professores da minha licenciatura e da parte curricular do curso de mestrado pela sua imensurável contribuição para a minha formação.
- À Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto por me ter facultado a realização deste Mestrado.

- À Federação Portuguesa de Trampolins e Desportos Acrobáticos que disponibilizou os seus ginastas para este estudo em alturas críticas da época desportiva internacional.

- A todos os ginastas que constituíram a minha amostra pela sua paciência, sacrifício e disponibilidade.

- Aos meus sogros pelo exemplo que são para mim em termos profissionais e não só, e pela força que sempre me deram.

- Ao meu irmão e à minha cunhada que para tudo o que eu precisei estiveram presentes.

- A minha mãe por que sem ela eu não seria.

- Aos meus amigos que por mim velam.

- A todos os que contribuíram para a concretização deste estudo e injustamente me esqueci de mencionar.

- À Rute por tudo.

Índice Geral

	Pág.
1. Introdução -----	1
2. Revisão da Literatura -----	6
2.1. Força -----	6
2.1.1. Conceito de Força -----	6
2.1.2. Factores Condicionantes da Força -----	7
2.1.3. Ciclo de Estiramento Encurtamento -----	9
2.2. Biomecânica -----	11
2.2.1. Cinemática -----	13
2.2.1.1. Cinemetria -----	14
2.2.2. Dinâmica -----	15
2.2.2.1. Dinamometria -----	16
2.2.3. Electromiografia -----	16
2.2.4. Antropometria -----	17
2.3. Especificidade da Força -----	18
2.4. Força / Trampolim -----	20
3. Objectivos e Hipóteses -----	25
4. Material e Métodos -----	27
4.1. Caracterização da Amostra -----	27
4.2. Recolha de Dados -----	27
4.2.1 Dinamometria -----	29
4.2.2 Electromiografia -----	29
4.2.3 Dinamometria/Electromiografia -----	33
4.3. Análise Estatística -----	34
4.3.1. Tratamento de dados -----	34
4.3.2. Provas Estatísticas -----	34
5. Resultados -----	35
5.1. Tempo de Voo -----	35
5.2. Tempo de Apoio -----	43
5.3. Correlação entre Tempo de Voo e Tempo de Apoio -----	43

5.3.2. Correlação entre Tempo de Voo e Tempo de Apoio por Tipo de Série -----	47
5.3.3. Correlação entre Tempo de Voo e Tempo de Apoio de todas as Séries -----	48
5.4. Tempo de Actividade Eléctrica de cada Músculo -----	49
5.5. Normalização do Sinal Electromiográfico em Relação ao Teste Máximo Isométrico Executado -----	54
5.6. Sequência de Activação Muscular em cada <i>Take-Off</i> -----	59
5.7. Relação Sinal Electromiográfico Normalizado / Tempo de Voo ----	66
6. Discussão -----	68
6.1. Tempo de Voo -----	68
6.2. Tempo de Apoio -----	70
6.3. Correlação entre Tempo de Apoio e Tempo de Voo -----	71
6.4. Tempo de Actividade Eléctrica de cada Músculo -----	72
6.5. Normalização do Sinal Electromiográfico em Relação ao Teste Máximo Isométrico Executado -----	73
6.6. Sequência de Activação Muscular em cada <i>Take-Off</i> -----	74
6.7. Relação Sinal Electromiográfico Normalizado / Tempo de Voo ----	75
7. Conclusões -----	76
8. Bibliografia -----	79

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1: Sistema de coordenadas cartesianas. Adaptado de Amadio (1996) -----	14
Figura 2: Fluxograma das etapas do processamento na Cinemetria. Adaptado de Amadio (1996) -----	15
Figura 3: Diagrama representativo das aplicações da Electromiografia em Biomecânica. Adaptado de Amadio (1996) -----	17
Figura 4: Descrição dos dois tipos de série realizadas pelos ginastas da amostra neste estudo -----	28
Figura 5: Material utilizado especificamente para a análise dinâmica -----	29
Figura 6: Descrição da colocação dos eléctrodos em cada músculo estudado -----	30
Figura 7: Gráfico do registo electromiográfico resultante de um dos testes de força máxima isométrica efectuados -----	32
Figura 8: Testes da força máxima isométrica para cada músculo -----	32
Figura 9: Gráfico demonstrativo do sincronismo temporal dos registos electromiográficos e dinamométricos -----	33
Figura 10: Valores do Tempo de Voo provocado por cada <i>Take-Off</i> nas Séries 1 e 2 do ginasta A -----	35
Figura 11: Valores do Tempo de Voo provocado por cada <i>Take-Off</i> nas Séries 1 e 2 do ginasta B -----	36
Figura 12: Valores do Tempo de Voo provocado por cada <i>Take-Off</i> nas Séries 1 e 2 do ginasta C -----	37
Figura 13: Valores do Tempo de Voo provocado por cada <i>Take-Off</i> nas Séries 1 e 2 do ginasta D -----	38
Figura 14: Valores do Tempo de Voo provocado por cada <i>Take-Off</i> na Série 1 de cada um dos ginastas da amostra -----	38
Figura 15: Valores da Média do Tempo de Voo provocado por cada <i>Take-Off</i> na Série 1 de Todos os ginastas da amostra -----	39

Figura 16: Valores do Tempo de Voo provocado por cada <i>Take-Off</i> na Série 2 de cada um dos ginastas da amostra -----	40
Figura 17: Valores da Média do Tempo de Voo provocado por cada <i>Take-Off</i> na Série 2 de todos os ginastas da amostra -----	40
Figura 18: Valores do Tempo de Voo provocado por cada <i>Take-Off</i> nas Séries 1 e 2 de cada um dos ginastas da amostra -----	41
Figura 19: Valores da média do Tempo de Voo provocado por cada <i>Take-Off</i> na Série 2 de todos os ginastas da amostra -----	42
Figura 20: Média de Tempo de Voo provocada por cada <i>Take-Off</i> consoante o Tipo de Série -----	42
Figura 21: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada <i>Take-Off</i> e o Tempo de Voo na Série 1 do ginasta A -----	44
Figura 22: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada <i>Take-Off</i> e o Tempo de Voo na Série 2 do ginasta A -----	44
Figura 23: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada <i>Take-Off</i> e o Tempo de Voo na Série 1 do ginasta B -----	45
Figura 24: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada <i>Take-Off</i> e o Tempo de Voo na Série 2 do ginasta B -----	45
Figura 25: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada <i>Take-Off</i> e o Tempo de Voo na Série 1 do ginasta C -----	46
Figura 26: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada <i>Take-Off</i> e o Tempo de Voo na Série 2 do ginasta C -----	46
Figura 27: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada <i>Take-Off</i> e o Tempo de Voo na Série 1 do ginasta D -----	46
Figura 28: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada <i>Take-Off</i> e o Tempo de Voo na Série 2 do ginasta D -----	47
Figura 29: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada <i>Take-Off</i> e o Tempo de Voo nas Séries Tipo 1-----	48
Figura 30: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada <i>Take-Off</i> e o Tempo de Voo nas Séries Tipo 2 -----	48

Figura 31: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada <i>Take-Off</i> e o Tempo de Voo em todas as séries -----	49
Figura 32: Tempo de actividade de cada músculo por <i>Take-Off</i> , em cada Tipo de Série do ginasta A -----	50
Figura 33: Tempo de actividade de cada músculo por <i>Take-Off</i> , em cada Tipo de Série do ginasta B -----	51
Figura 34: Tempo de actividade de cada músculo por <i>Take-Off</i> , em cada Tipo de Série do ginasta C -----	52
Figura 35: Tempo de actividade de cada músculo por <i>Take-Off</i> , em cada Tipo de Série do ginasta D -----	53
Figura 36: Gráficos dos tempos de actividade de cada músculo por série, e no total das séries -----	54
Figura 37: Percentagem de actividade de cada músculo no ginasta A ----	55
Figura 38: Percentagem de actividade de cada músculo no ginasta B ----	56
Figura 39: Percentagem de actividade de cada músculo no ginasta C ----	57
Figura 40: Percentagem de actividade de cada músculo no ginasta D ----	58
Figura 41: Percentagem de actividade de cada músculo em todas as séries -----	59
Figura 42: Sequência de activação muscular nas duas séries do ginasta A -----	60
Figura 43: Sequência de activação muscular nas duas séries do ginasta B -----	62
Figura 44: Sequência de activação muscular nas duas séries do ginasta C -----	63
Figura 45: Sequência de Activação Muscular nas duas Séries do ginasta D -----	64
Figura 46: Média do tempo de activação de cada músculo no conjunto de todos os <i>Take-Offs</i> -----	65
Figura 47: Gráfico de dois <i>Take-Offs</i> como exemplos da sequência de activação muscular -----	66
Figura 48: Gráfico da correlação entre o Tempo de Voo e a percentagem de força exercida pelos músculos nos <i>Take-Offs</i> -----	67

Figura 49: registo de quatro *Take-Offs* da plataforma de força, com os respectivos pontos de deformação máxima da tela ----- 72

Índice de Quadros

	Pag.
Quadro 1: Factores que determinam a Força. Adaptado de Manso, J. (1996) -----	8
Quadro 2: Relação entre o tempo de armazenamento e a dissipação de energia elástica. Adaptado de Manso et al. (1996) -----	10
Quadro 3: Análise energética e espaço-temporal do salto. Adaptado de Ivanova e Makarov (1996) -----	23
Quadro 4: Caracterização da amostra -----	27
Quadro 5: Tempo de Apoio nos <i>Take-Offs</i> no Trampolim -----	43

Resumo

Este trabalho pretende contribuir para um melhor conhecimento da modalidade de Trampolim. O objectivo é o estudo da força específica dos membros inferiores no *take-off* no Trampolim. A análise foi aplicada a quatro ginastas seniores masculinos, internacionais, com o mesmo nível de treino, no intuito de tornar a amostra o mais homogénea possível. Cada ginasta executou duas séries de quinze saltos de vela. Uma série, efectuando o movimento de antepulsão dos membros superiores em cada salto de vela, e outra, com os mesmos colocados permanentemente em elevação superior. Os dados recolhidos resultam de uma análise biomecânica da fase do *take-off*, utilizando dinamometria para calcular as forças externas e electromiografia para analisar a actividade eléctrica muscular. Foram efectuados estudos comparativos e correlacionais a partir das variáveis observadas. Foi nossa intenção conseguir uma resposta no que concerne à correlação entre alguns dados obtidos através da dinamometria e electromiografia. Também nos preocupou verificar as diferenças, existentes nos resultados da força, entre os saltos de vela realizados com os membros superiores em constante elevação superior e os executados com a antepulsão dos mesmos. As conclusões que tirámos referem-se à existência de diferenças estatisticamente significativas entre as duas formas de execução dos saltos de vela, à correlação entre o tempo de voo e o tempo de apoio, e entre os registos electromiográficos e os emanados da plataforma de força. Estas conclusões dizem igualmente respeito à normalização dos registos electromiográficos dos *take-offs* relativamente aos da força máxima isométrica.

Palavras-chave:

- GINÁSTICA
- TRAMPOLIM
- FORÇA
- TAKE-OFF
- BIOMECÂNICA

Abstract

This essay intends to improve the knowledge of Trampolining. The essential aim is to study the specific force of the lower limbs in the take-off in Trampolining. This analysis was applied to six international male senior athletes, with the same level of training, to make the sample as much homogeneous as possible. Each gymnast had to perform four series of twenty vertical jumps, two with the upper limbs permanently held up, and two performing a forward movement with the same limbs up to the top in each vertical jump. The data were the result of a biomechanical analysis during the take-off, using kinematics measurement in order to calculate the angles between the articular sections of the lower limbs, dynamometry to calculate the external forces and electromyography to analyse the muscular activity. We've done comparative and correlative studies of the results regarding the observed variables. It was our purpose to get an answer concerning the correlation between some anthropometric characteristics of the subjects in the sample and the results of the force in their take-off. We were also concerned with the existing differences, in the results of the force, between the vertical jumps performed with the upper limbs in a constant up and vertical line, and the ones executed with the same limbs pushed forward up. The conclusions we got are related to the existence of statistically significant differences between the two forms of performing the vertical jumps, between the time of flight and the time on the elastic surface, and between the electromyographic data and the ones provided by the force platform.

Key words:

- GYMNASTIC
- TRAMPOLINING
- FORCE
- TAKE-OFF
- BIOMECHANICS

Résumé

Ce travail a l'intention d'être une contribution pour une meilleure connaissance de la modalité du Trampoline. Le principal objectif c'est l'étude de la force spécifique des membres inférieures dans le *take-off* du Trampoline. Cette analyse a été appliquée à quatre gymnastes seniors masculins internationaux, avec le même niveau d'entraînement, pour rendre l'échantillon le plus homogène possible. Chacun de ces gymnastes a exécuté deux séries de quinze sauts verticaux. Une série en levant les membres supérieures en avant dans chaque saut vertical, et une autre série avec les membres supérieures toujours levés dans la verticale. Les résultats ont été la conséquence d'une analyse biomécanique de la phase du *take-off*, en utilisant le mesurage dynamométrique pour calculer les forces externes et l'électromiographie pour analyser l'activité musculaire. On a fait des études comparatives et corrélatives des résultats obtenus par rapport aux variables observés. L'intention a été obtenir une réponse en concernant la corrélation entre quelques données observés par la dynamométrie et par l'électromiographie. Il a été object e notre travail vérifier les différences, visibles dans les résultats de la force, entre le sauts verticaux, exécutés avec les membres supérieures toujours levés en haut, et les autres exécutés levant les bras en avant sur la vertical. Les conclusions obtenues elles se rapportent à l'existence des différences statistiquement significatives entre les deux formes d'exécution des sauts verticaux; une corrélation entre le temps du vol et celui de l'appui, et aussi entre les registres électromiographiques et les autres dérivés de la plateforme de la force. Ces conclusions concernent également la normalisation des registres électromiographiques des *take-offs* en relation à ceux de la force maximale isométrique.

Mots-clés:

- GIMNASTIQUE
- BIOMÉCANIQUE
- TRAMPOLINE
- FORCE
- TAKE-OFF

1. Introdução

O Trampolim remonta ao tempo das mais antigas civilizações da Idade Média, reflectindo o eterno desejo do homem de desafiar a força da gravidade. No entanto, a prática de Trampolim, tal qual a conhecemos hoje, só emergiu nos últimos 50 anos do protótipo construído pelo norte-americano George Nissen, podendo assim considerar-se bastante recente no contexto geral do desporto. Estes factores, juntamente com a espectacularidade que apresenta, explicam em parte o constante crescimento e desenvolvimento que se tem vindo a verificar. Tem sofrido ao longo dos anos uma constante e rápida evolução, conquistando um lugar nos últimos Jogos Olímpicos. Contudo, existe ainda um longo caminho a percorrer em busca de uma total afirmação e reconhecimento no mundo do Desporto.

Além de outros aspectos, o desenvolvimento de uma modalidade, ao nível do rendimento, depende do seu constante estudo e consequente conhecimento de todas as suas características e exigências.

A prática de Trampolim exige grandes níveis de concentração, coordenação e técnica. Como suporte, há que munir o atleta de uma capacidade física que lhe permita pôr em prática todo o seu potencial. Para formar tecnicamente um atleta é imprescindível garantir-lhe os requisitos motores ideais, de modo que ele consiga evoluir e transformar todas as suas potencialidades em capacidades.

Por se tratar de uma modalidade bastante recente, ainda é longo o caminho a percorrer no que respeita à investigação. Embora a quantidade de estudos tenha vindo a crescer, estes não são de forma nenhuma abundantes, notando-se, no entanto, um interesse crescente dos investigadores por esta modalidade. Persistem assim grandes dúvidas acerca das metodologias de treino a aplicar, incorrendo-se no erro de trabalhar sem a certeza de que o efeito conseguido será o desejado. Por este motivo, levanta-se a questão da

especificidade da preparação do atleta, verificando-se, como observamos hoje em dia, a existência de correntes de treino em Portugal, que optam por efectuar uma preparação cem por cento específica, pelo menos no período pré-competitivo e competitivo.

Parece-nos que o conhecimento científico não é por si só suficiente para o melhor e mais eficaz desenvolvimento de uma modalidade. É imprescindível que se lhe associe o conhecimento empírico, a experiência prática. "... not only scientific methods and results and technical instruments should be used [...] but also the knowledge from practical coaching and training" (Baumann, 1996). Estas componentes do saber devem caminhar no mesmo sentido, unidas pelo mesmo objectivo. Sempre que possível, a investigação científica deve direccionar-se para a resolução dos problemas que surgem na prática, não deixando, apesar disso, de ter sempre os olhos postos mais além.

Existe, portanto, necessidade de conhecer profundamente as exigências da modalidade, nomeadamente as fisiológicas e biomecânicas, de forma a saber como trabalhar e preparar o indivíduo para a sua prática e assim otimizar o seu rendimento.

Com este trabalho pretendemos aprofundar o conhecimento das características da modalidade de Trampolim, efectuando um estudo da força específica dos membros inferiores nos "saltos de vela". Tencionamos concretizar este objectivo através de uma análise dinâmica, por forma a conhecer as forças externas. Segundo Baumann (1996), a determinação das forças que actuam nos músculos, tendões, ligamentos e ossos, é um factor chave na análise biomecânica do movimento do corpo como um todo. Segundo o mesmo autor, existem muitos exemplos que demonstram a ineficácia dos momentos de força na explicação da técnica dos movimentos. Isto demonstra que os dados fornecidos pela cinemática e pela plataforma de força não dão informação suficiente sobre a estrutura do movimento. Por esta razão, associámos à dinamometria a electromiografia. Assim esperamos obter informações acerca

da actividade eléctrica muscular dos indivíduos da amostra. Melhor ainda seria adicionar a isto uma análise cinemática, no entanto, deixaremos isso para posteriores iniciativas dado que as contingências que rodearam este trabalho não o permitiram.

A nossa opção baseia-se no facto de a maior parte dos estudos elaborados nesta área se centrar no estudo dos movimentos aéreos. No entanto, tivemos acesso a um estudo de Glitsch e Henrichs (1992) sobre a distribuição da pressão por baixo do pé durante o *take-off* no Trampolim. Anteriormente, Vaughan (1980) também analisara a magnitude das forças e dos momentos de força a que o corpo do atleta está sujeito no contacto com a tela do trampolim. Este último tem como principal preocupação questões de segurança e, conseqüentemente, prevenção de lesões. Em 1996, Ivanova e Makarov abordaram a questão das forças externas e internas ao ginasta, no Trampolim.

Assim pensamos que este trabalho poderá preencher uma pequena parte desta lacuna na investigação da modalidade de Trampolim.

Imediatamente após esta introdução começamos com uma revisão da literatura no intuito de expor o estado da investigação neste domínio, e cujo conteúdo poderá ser, de alguma forma, relevante para o tema do nosso trabalho. O capítulo *Objectivos e Hipóteses* expõe de uma forma mais concreta as finalidades do nosso trabalho. Segue-se o capítulo *Material e Métodos* com a caracterização da amostra, os métodos, técnicas e instrumentos utilizados, e os procedimentos estatísticos. Os *Resultados* aparecem com a exposição dos mesmos de uma forma concisa e tratada, para que se tenha consciência da potencialidade dos mesmos, dirigida especificamente para os objectivos do estudo. A *Discussão* enquadrou-se no sétimo capítulo, antecedendo as *Conclusões* são apresentadas no oitavo capítulo, anterior ao da *Bibliografia*.

No Trampolim, ultrapassada a questão do domínio técnico, o que nos permite evoluir no que respeita à dificuldade dos elementos inseridos numa série será,

para além das características do material, o desenvolvimento das nossas capacidades condicionais. Sendo o Trampolim uma superfície elástica, o aproveitamento desta sua potencialidade dependerá, em larga escala, da magnitude da força que age sobre ele e da forma como esta é aplicada, tanto em termos de velocidade como de direcção e sentido.

A importância do trabalho específico da Força, no que respeita ao incremento das *performances* de um indivíduo numa determinada modalidade, é do conhecimento geral. O mesmo acontece com a inexistência de transferência para um determinado tipo de força com o trabalho de outro tipo de força. Isto é: se se pretende, por exemplo, aumentar a força máxima de um indivíduo, não se obterão resultados com o trabalho exclusivo de força de resistência. Não só na magnitude ou na velocidade está a questão. Quando se pretendem certos ganhos de força numa determinada angulação articular, será mais aconselhável incidir num trabalho nessa mesma angulação.

Quando queremos trabalhar a força de um ginasta, para que este aumente a sua capacidade de impulsão numa superfície não elástica, existem formas de aumentar a intensidade da carga, não desviando o exercício da sua completa especificidade. Neste caso, por exemplo, o aumento da impulsão depende só das suas capacidades. Se eventualmente lhe aumentarmos o peso com a adição de umas "perneiras", ele estará a desenvolver a sua capacidade de impulsão aumentando a magnitude da carga que consegue vencer. Se nos servirmos deste exemplo para trabalhar especificamente em superfície elástica, o que acontece é que não saberemos se o aumento do peso do indivíduo estará a dificultar ou a facilitar a tarefa do mesmo, no que respeita à impulsão vertical. Dizemos isto porque o aumento da massa do ginasta irá ajudá-lo a deformar mais a superfície elástica do Trampolim, aumentando conseqüentemente a resposta deste a esta força. O desencadear de uma resposta maior do próprio Trampolim resultará numa maior amplitude do salto. Por outro lado, o ginasta será obrigado a efectuar um esforço maior para não deixar que os seus membros inferiores façam uma flexão para além da

desejada, isto na fase de deformação da tela do Trampolim no *Take-off*. Esta última questão mostra que possivelmente se poderá aumentar a eficácia da fase excêntrica num ciclo de estiramento-encurtamento, o que se reflecte num aumento da velocidade da fase de contracção concêntrica de um salto, como refere Komi (1984). A dúvida que também se põe é se o tempo de apoio nos *Take-offs* no Trampolim é suficientemente curta em termos temporais (<1 ou 2 segundos) para que se possa incluir nos movimentos que são caracterizados pelo Ciclo Estiramento-Encurtamento.

Outro factor, que parece tornar não aconselhável a utilização de métodos como este no treino da força específica dos membros inferiores no Trampolim, é a questão da alteração da magnitude e do posicionamento do centro de massa do ginasta ter repercussões inevitáveis no equilíbrio do mesmo. Embora a afectação do equilíbrio, provocada por este factor, nos saltos de vela seja discutível, não o será com certeza, tendo em conta os princípios básicos da Biomecânica, nos elementos que envolvam rotações sobre o eixo transversal e/ou longitudinal.

Posto isto, torna-se imprescindível conhecer aprofundadamente a força neste aparelho, em todas as suas vertentes. Quando isto for alcançado talvez seja possível trabalhar fora do trampolim de uma forma mais semelhante, relativamente à sua máxima especificidade.

É no sentido de aprofundar um pouco mais este conhecimento que este estudo se realiza. Através da Dinâmica e da Electromiografia pretendemos fazer emergir alguns dos aspectos da força específica dos membros inferiores no Trampolim, particularmente do Gémeo Interno, do Tibial Anterior, do Bicípede Crural e do Vasto Interno, e também a variação temporal da força imposta pelos indivíduos na estrutura do aparelho ao longo das séries. Acreditamos que, se aliarmos a este trabalho outros com diferentes metodologias mas com objectivos complementares, poderemos contribuir para o desenvolvimento desta modalidade.

2. Revisão da Literatura

A falta de literatura específica sobre a modalidade de Trampolim ainda é notória face à existente em outras modalidades. Esta lacuna ainda é maior quando se fala da questão da Força, sendo esta, como já dissemos, um dos propósitos da realização deste estudo.

Assim sendo começaremos por abordar um pouco a questão da Força no seu cômputo geral, caminhando para a especificidade do trampolim.

2.1. Força

2.1.1. Conceito de Força

Não é fácil obter consenso na definição de Força. A única forma é cingirmo-nos ao entendimento da força como característica mecânica do movimento. De acordo com Dick (1989), Castelo et al. (1996) e Bartlett (1997), podemos definir força como toda a causa capaz de modificar o estado de repouso ou de movimento de um corpo, traduzido por um vector. Assim, a força pode ser considerada como a acção de empurrar ou puxar que um objecto impõe a outro. Forças são vectores, isto é, possuem ambas qualidades de magnitude e direcção. Kuttgen e Kraemer (1987), citados por Manso et al. (1996), com uma visão mais biomecânica do conceito, ajustam a definição de força, adaptando-a às características dinâmicas de cada movimento, já que a entendem como a capacidade de tensão que pode gerar cada grupo muscular a uma velocidade de execução específica. Cervera et al. (1999) apresentam uma definição fisiológica de Força, referindo que se trata da capacidade de vencer uma resistência externa, agindo contra a mesma através de uma tensão muscular. Dependendo da forma de produção dessa tensão muscular e do seu tempo de aplicação, temos um determinado tipo de força. Neste caso, para além de se definir Força dentro do contexto biológico, entra-se na diferenciação quanto à especificidade. Talvez por esta razão Castelo et al. (1996) referem que, se se

tiver a intenção de transferir este conceito mecânico de força como entidade física, para definir a força produzida por um músculo, não se consegue englobar numa só definição as diferentes componentes da força muscular. Hartmann e Tunnemann (1995) definem Força como a capacidade que o Homem tem de superar ou resistir a outras força externas através da actividade muscular. Dividindo-a em Força Interna, afirmando que esta surge da contracção muscular e manifesta-se exteriormente com a ajuda do sistema ósseo, e Força Externa sendo que a mesma é gerada principalmente por resistências, forças de fricção e pela gravidade e inércia.

Nigg e Herzog (1994) são mais pragmáticos, dizendo mesmo que Força não pode ser definida mas que no entanto os efeitos produzidos por ela podem ser descritos. Lutgens e Hamilton (1997) simplificam o conceito, apresentando-o numa forma mais poética através da frase "*Force is the instigator of movement.*"

2.1.2. Factores Condicionantes da Força

Castelo et al. (1996) apresentam três grandes grupos de factores condicionantes de força. A saber: factores nervosos, factores musculares e factores biomecânicos. Quanto aos factores nervosos refere que para que se vença qualquer resistência através do trabalho mecânico do músculo, é necessário que haja um estímulo nervoso para desencadear o processo de contracção muscular. Relativamente aos factores musculares defende a sua divisão em fisiológicos, bioquímicos e mecânicos. Dentro dos factores fisiológicos e bioquímicos, o mesmo autor centra a sua análise na influência da área da secção transversal do músculo e da composição corporal, pois a área da secção transversal do músculo está intimamente ligada ao fenómeno da hipertrofia muscular. No que concerne à mecânica da contracção muscular, esta influencia igualmente a capacidade de um músculo produzir força. Sempre que são activados, os músculos desenvolvem tensão e tendem a encurtar-se, podendo ou não ocorrer deslocamento dos segmentos ósseos que lhes estão

associados. O tipo de resistência exterior determinará a existência ou não de movimento. Por último o tipo de resistência exterior, o grau articular e a alavanca muscular, são o grupo de factores biomecânicos que, segundo Castelo et al. (1996), afectam a produção de força.

Manso (1996) efectua uma abordagem de alguma forma diferente e mais complexa aos factores que influenciam a Força, como se pode ver no quadro 1.

Quadro 1: Factores que determinam a Força. Adaptado de Manso (1996).

FACTORES DA FORÇA			
Factores Biológicos	Factores mecânicos	Factores Funcionais	Factores sexuais
Estrutura das Fibras: - Hipertrofia; - Hiperplasia.	Composição do Músculo	Tipo de Contração	
Aspectos Neuromusculares: - Modelos de Recrutamento.			
Fontes Energéticas			
Comportamento Hormonal			

Centrando-nos nos factores musculares de Castelo et al. (1996), havendo a possibilidade de algumas dissonâncias, ou de se ser mais ou menos exaustivo que outros autores, classicamente existem três tipos de acções musculares: acção muscular concêntrica (quando a tensão desenvolvida pelo músculo é superior à resistência que ele tem de vencer, ocorre um encurtamento); acção muscular excêntrica (quando a tensão desenvolvida pelo músculo é inferior à resistência que ele tem de vencer, apesar do músculo tentar encurtar-se, ocorre um alongamento das fibras musculares); acção muscular isométrica (se a tensão desenvolvida pelo músculo é igual à resistência que ele tem de vencer, o comprimento das fibras musculares mantém-se essencialmente

inalterado). A maior parte de todo o movimento animal, humano e, obviamente, desportivo é realizado numa combinação destas três acções musculares. A esta sequência de acções iniciada com um estiramento e concluída com um encurtamento muscular, num curto espaço de tempo, Komi (1992) chamou Ciclo de Estiramento Encurtamento.

2.1.3. Ciclo de Estiramento Encurtamento

Como já afirmámos anteriormente, o Ciclo de Estiramento Encurtamento caracteriza-se primeiramente por uma acção excêntrica dos músculos, de curta duração, ao longo da qual há um armazenamento de energia nos componentes em série do músculo, nomeadamente nas pontes de actina e miosina, aumentando a deformação longitudinal dos sarcómeros. Essa energia é então transferida para os elementos contrácteis que actuam na fase concêntrica. No entanto, para que a energia armazenada não se dissipe sob a forma de calor durante a fase excêntrica, é necessário que a mesma tenha uma duração entre 1 e 2 segundos (Komi, 1992).

Cervera et al. (1999) afirmam que a melhoria da fase excêntrica aumenta a potência da fase concêntrica. Este treino da fase excêntrica pode efectuar-se com a variação das cargas nessa fase da contracção. Uma das hipóteses é a variação da altura de queda, ou da carga no decorrer dessa fase. Os exercícios pliométricos são por excelência uma forma de trabalho para melhorar o Ciclo de Estiramento Encurtamento.

No início do estudo desta questão defendiam-se angulações de trabalho ideais para obter melhores resultados. Posteriormente chegou-se à conclusão de que a forma como se deve variar a carga imposta na fase excêntrica do movimento, bem como a angulação em que se trabalha, varia de indivíduo para indivíduo. Apesar disto, o treino deve ser efectuado com a angulação da competição (Komi, 1992).

Manso et al. (1996) apresentam um estudo de Wilson et al. (1990) que determinou a percentagem de energia acumulada, perdida à medida que se aumentava o tempo da fase excêntrica do movimento.

Quadro 2: Relação entre o tempo de armazenamento e a dissipação de energia elástica. Adaptado de Manso et al. (1996).

DURAÇÃO DA FASE EXCÊNTRICA	% DE ENERGIA DISSIPADA
0,35 s.	25 %
0,9 s.	52 %
1,0 s.	55 %
1,5 s.	70 %
2,0 s.	80 %
4,0 s.	100 %

Segundo King (1993), citado por Manso et al. (1996), tanto as fibras rápidas como as lentas são capazes de armazenar energia elástica para que se realize o Ciclo de Estiramento Encurtamento. Nos movimentos muito rápidos e pouco amplos as fibras que mais participam são as rápidas. Isso porque nestas a ruptura das pontes de actomiosina é muito rápida. Se a fase excêntrica é mais demorada já muitas pontes se perderam no caso das fibras de contracção rápida. Por esta razão, nos movimentos lentos e amplos, e quando a fase de armazenamento de energia elástica é maior, têm mais influência as fibras lentas.

O Reflexo Miotático é um mecanismo explicativo deste Ciclo de Estiramento Encurtamento. O seu desencadear é responsabilidade do Órgão Tendinoso de Golgi que se situa nos tendões dos músculos. À aplicação de uma rápida força externa, o Órgão Tendinoso de Golgi informa o Sistema Nervoso Central acerca da magnitude dessa força, perante a qual origina uma contracção muscular explosiva superior à força aplicada. Se a força produzida é muito

superior à capacidade muscular, uma vez o Sistema Nervoso Central Informado, desencadeia-se um relaxamento do músculo.

2.2. Biomecânica

Como acontece relativamente à força, não está reunido um consenso no que respeita à definição de Biomecânica, à delimitação do seu campo de acção ou mesmo aos fins para que pode ser utilizada. A Biomecânica é utilizada em inúmeros campos, e consoante esses campos é usada para diferentes objectivos. Talvez por esta razão se encontrem definições que, embora possam no seu conjunto apresentar elementos comuns, variam muitas vezes acrescentando e omitindo pormenores que dizem ou não respeito à área a que está ligado quem a define. No fundo cada um dá mais ênfase às características da Biomecânica que estão mais ligadas ao campo de investigação em que opera.

Sentimos então a necessidade de dar alguns exemplos de definições para mostrar o alcance da Biomecânica como disciplina.

Amadio (1996) considera a Biomecânica uma disciplina derivada das ciências naturais, que se preocupa com a análise e o estudo do movimento humano.

Adrian e Cooper (1989) definem Biomecânica como a disciplina científica que procura medir, modelar, explicar, equacionar, categorizar e catalogar os padrões dos movimentos não só dos seres humanos mas das criaturas vivas.

Para Nigg e Herzog (1994) a Biomecânica descreve, analisa e modela os sistemas biológicos e, dada a natureza do fenómeno estudado, é uma disciplina interdisciplinar complexa.

Reportando-se à Biomecânica do Desporto, Dapena (1986) define-a como sendo um campo emergente da ciência, constituindo um ramo da Biomecânica, que estuda o movimento do corpo humano em actividades desportivas.

Segundo Vilas-Boas (1996), a Biomecânica deve deter-se sobre a funcionalidade mecânica dos órgãos, aparelhos e sistemas dos seres vivos, sobre a sua cargabilidade mecânica, sobre os limites da sobrecarga e da lesão e sobre os factores que afectam a *performance*, nomeadamente a desportiva, explicando e modelando os movimentos e as deformações, em ordem à optimização da técnica, cargas de treino e competição, equipamentos e infra-estruturas desportivas.

Dade (1986) diz que o estudo do movimento e as leis que regem os gestos desportivos, impõem o conhecimento das leis gerais da física, aplicadas ao ser humano. Refere também que a melhoria das *performances* desportivas passa por um refinamento cada vez maior da compreensão e utilização dos parâmetros biomecânicos. Contudo, para situar o valor de conhecimentos simples ou complexos em biomecânica, é necessário saber que, por um lado, o gesto desportivo não se traduz na simples aplicação das leis da física mas, aquando da sua execução, vai integrar também leis próprias de outras ciências biológicas e humanas.

Considera Amadio (1996) que através da Biomecânica e de suas áreas de conhecimentos correlatas podemos analisar as causas e fenómenos vinculados ao movimento. Segundo o mesmo autor, a Biomecânica é vista como uma ciência multidisciplinar, levando-se em consideração cada disciplina que compõe esse espectro, que investiga o movimento humano e de outros seres vivos. Aqui, este mesmo autor já apresenta um conceito mais alargado de Biomecânica, comparando com a sua definição apresentada mais acima.

Com este panorama de definições ou de aproximações ao conceito, sentimo-nos tentados a afirmar que existe uma definição de Biomecânica. Existem

efectivamente várias definições que apontam características importantes, apresentando, todas elas, um denominador comum. No entanto há uma dificuldade em encontrar uma definição que substitua e englobe todas elas.

Independentemente das várias áreas em que opera, os métodos utilizados pela Biomecânica são os mesmos. Como diz Amadio (1996) os métodos utilizados pela Biomecânica para abordar as diversas formas de movimento são: Antropometria, Cinemetria, Dinamometria e Electromiografia.

2.2.1. Cinemática

A Mecânica descreve e procura explicar o movimento de objectos, corpos, partículas, etc. Na sua evolução surgiram os conceitos de ponto material e de trajectória, dos quais se desenvolveu a descrição matemática de movimento que se chama Cinemática (Amadio, 1996).

Podemos então afirmar que a Cinemática é a parte da Biomecânica que estuda os movimentos sem ter em conta as suas causas, ou seja, dedica-se exclusivamente à sua descrição.

A Cinemática possibilita-nos a descrição das técnicas desportivas, de habilidades, ou de qualquer movimento efectuado pelo homem.

Para se saber a posição de um ponto no espaço, é necessário conhecer as suas coordenadas. Sendo essas coordenadas cartesianas (sistema mais usado na Biomecânica), a posição do ponto calcula-se pelos três números que indicam a sua distância em relação aos três eixos de coordenadas Ox , Oy , Oz (Figura 1).

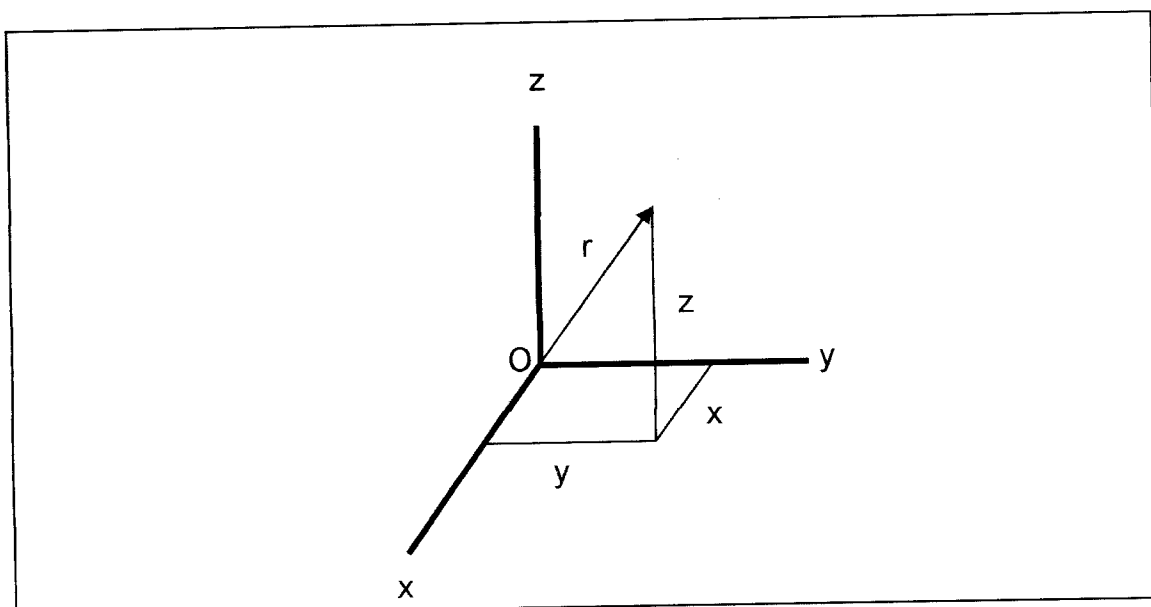


Figura 1: Sistema de coordenadas cartesianas. Adaptado de Amadio (1996).

2.2.1.1. Cinemetria

Para medir os parâmetros cinemáticos do movimento existe a Cinemetria. A partir da captação de imagens mede-se o movimento, ou seja, analisam-se as variáveis como a posição, orientação, velocidade e aceleração do corpo e dos seus segmentos. A Cinemetria é constituída por procedimentos de natureza basicamente óptica, onde as medidas são realizadas através de indicadores indirectos obtidos a partir de imagens (Amadio, 1996).

A Cinemetria faz-nos uma análise qualitativa e quantitativa do movimento. Ao observar imagens a partir de fotografia, filme, ou vídeo para, por exemplo, analisar questões técnicas, estamos a efectuar uma análise qualitativa do movimento. Por outro lado, ao medirmos o deslocamento dos segmentos de um corpo, tendo em conta o tempo, podemos calcular velocidades e acelerações. Desta forma estaremos a fazer uma análise cinemática quantitativa.

A figura 2 demonstra a sequência das etapas para processamento de imagens em Cinemetria, juntamente com as diferenças entre Cinemetria Bidimensional e Tridimensional.

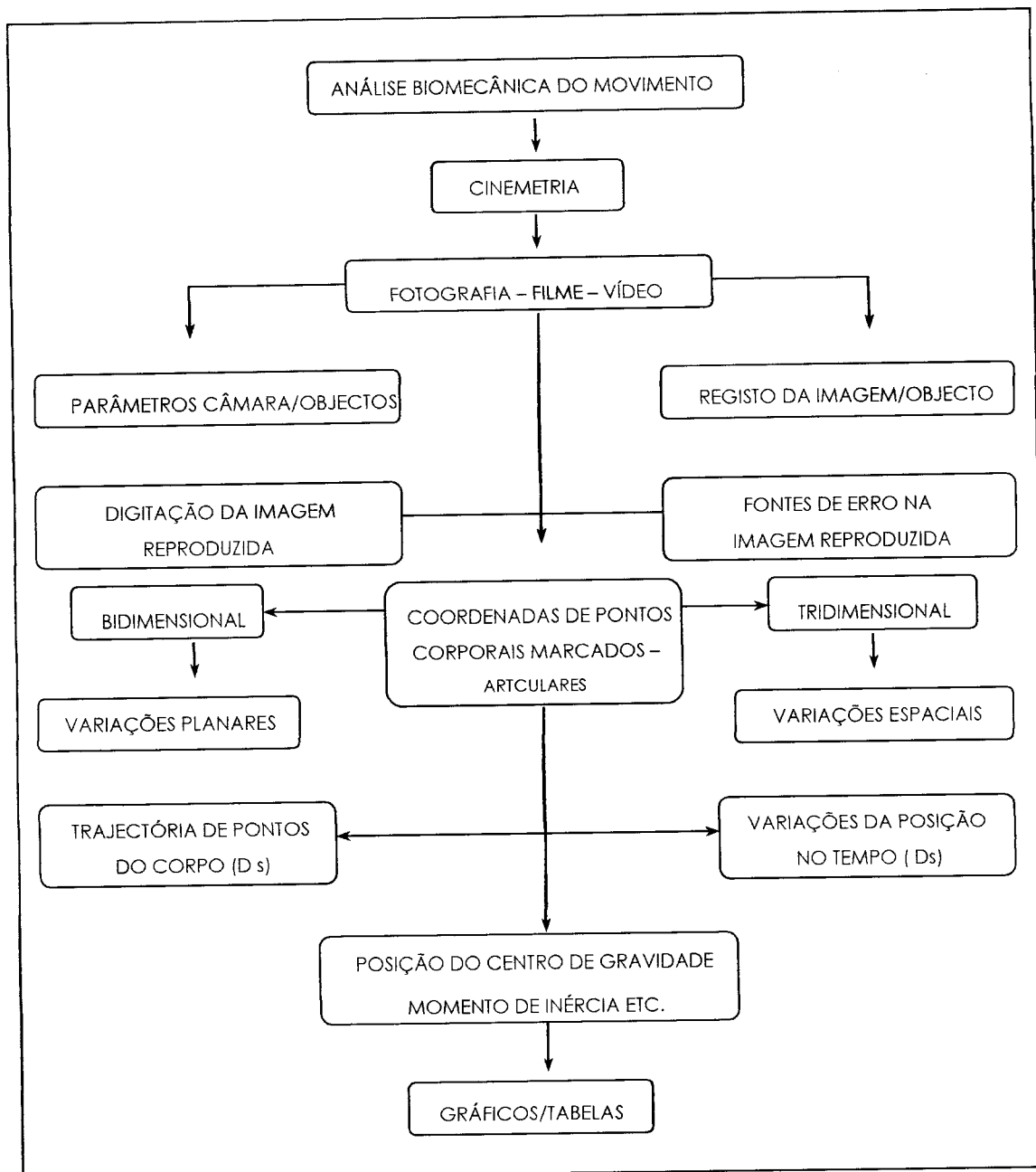


Figura 2: Fluxograma das etapas do processamento na Cinemetria. Adaptado de Amadio (1996).

2.2.2. Dinâmica

Segundo Amadio (1996), as forças aparecem actuando nos corpos em duas situações: quando não há movimento e quando há movimento. No primeiro caso as forças estão em equilíbrio e o seu estudo faz parte da Estática. Quando as forças actuam em corpos em movimento o seu estudo é objecto da Dinâmica. Como é natural, no Desporto estão mais presentes os desequilíbrios ou os equilíbrios instáveis de forças, o que representa à partida a existência de movimento. Logo se depreende que para o estudo da maior parte das modalidades se utilize principalmente a Dinâmica.

2.2.2.1. Dinamometria

A Dinamometria utiliza um conjunto de métodos para medir os parâmetros dinâmicos do movimento, ou seja, todas as forças que sobre ele actuam. Amadio (1996) afirma que as forças mensuráveis são as forças externas, transmitidas entre o corpo e o ambiente, isto é, as forças de reacção. O conhecimento das forças externas, nomeadamente as de reacção, possibilita-nos a determinação das forças internas. Através da Dinamometria, que engloba todos os tipos de medidas de força e ainda distribuição da pressão, podemos interpretar as respostas de comportamentos dinâmicos do movimento humano. (Amadio, 1996).

2.2.3. Electromiografia

Não sendo por vezes suficiente determinar as forças externas para o conhecimento das que actuam sobre elas, torna-se necessário o estudo directo das forças internas. É neste capítulo que entra a Electromiografia. O Corpo humano com todas as suas componentes é de tal forma complexo que se torna muito complicado conhecer o seu funcionamento através unicamente das forças externas. No Desporto, como em muitas outras áreas, a Electromiografia

veio ajudar-nos a complementar todos os outros métodos utilizados pela Biomecânica.

Para Amadio (1996), Electromiografia é o termo genérico que expressa o método de registo da actividade eléctrica de um músculo quando este se contrai.

Em Biomecânica, a Electromiografia tem como propósitos fundamentais ser indicador de stress, identificar padrões de movimento e parâmetros de controlo do sistema nervoso (figura 3).

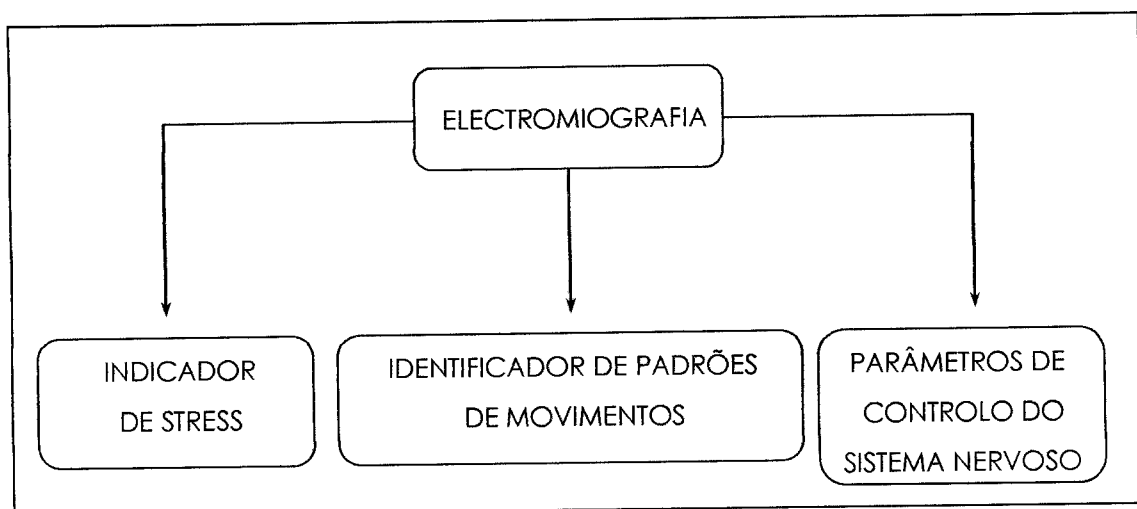


Figura 3: Diagrama representativo das aplicações da Electromiografia em Biomecânica. Adaptado de Amadio (1996).

2.2.4. Antropometria

Segundo Amadio (1996) a Antropometria preocupa-se em determinar características e propriedades do aparelho locomotor como as dimensões das formas geométricas de segmentos corporais, distribuição de massa, braços de alavanca, posições articulares, definindo um modelo antropométrico contendo parâmetros necessários para a construção de um modelo biomecânico da estrutura analisada.

Os métodos analíticos são os mais utilizados e caracterizam-se por modelos do corpo baseados em dados antropométricos do indivíduo. A Antropometria procura estabelecer modelos representativos do corpo humano.

2.3. Especificidade da Força

A complexidade e as características da força como capacidade física exige que se tenha um conhecimento muito profundo da mesma. Mais que um conhecimento da força no seu conceito geral, se for nossa intenção trabalhá-la tendo como objectivo o melhoramento das performances de determinada modalidade, é imprescindível conhecer a sua especificidade. É correcto que algumas componentes da força são de certa forma transferíveis, mas nunca cem por cento. Por outro lado, existem os que necessitam forçosamente de ser treinados dentro da especificidade de cada modalidade.

Pauletto (1991) refere que especificidade no treino significa executar exercícios que promovam a força nos músculos específicos usados na modalidade praticada por um atleta. Isto significa que o atleta segue linhas de acção e usa exercícios de treino que simulam o mesmo movimento com a mesma energia que este precisa para o desempenho da sua modalidade. Este autor dá como exemplo alguns halterofilistas que ficam muitas vezes fascinados pelo exercício de *Bench Press*, pensando que, melhorando simplesmente neste exercício, se tornam mais fortes e melhores atletas. Desta forma descuidam muitas vezes exercícios específicos da sua modalidade e pioram as suas *performances*.

Um indivíduo, treinando força exclusivamente em isometria, obtém ganhos aparentemente consideráveis, quando testado também em isometria. No entanto, quando testado dinamicamente, os ganhos revelam-se pouco significativos. Isto indica que os ganhos de fora são específicos do treino que se efectua. Relativamente à especificidade na velocidade, a maior parte dos treinadores pensa que o treino deve ser efectuado à velocidade que se verifica num movimento desportivo específico. Há efectivamente suporte científico para

esta ideia, emergente de estudos realizados em máquinas isocinéticas. Moffroid e Whipple (1970) determinaram que o treino com velocidades elevadas tem um efeito maior nos ganhos de força do que o treino a velocidades baixas. No entanto, outros estudos determinaram que o treino a velocidades baixas resulta em maiores ganhos no que respeita ao pico de força (Getteman e Ayres, 1978). Noutros casos concluíram não haver evidências de que os ganhos no pico de força sejam maiores com o treino a velocidades elevadas ou baixas (Katch, Pechar, Pardew, & Smith, 1975). Para além disto, nos estudos feitos têm sido usadas velocidades não superiores a 300 graus por segundo, valor facilmente atingido e ultrapassado em muitos movimentos desportivos. No entanto, um estudo de Kanehisa e Miyashita (1983) testaram três grupos de indivíduos a três velocidades diferentes (60, 179 e 300 graus por segundo, o grupo 1, 2 e 3 respectivamente). O grupo 1 e 2 apresentaram ganhos significativos nos picos de força nas velocidades de execução de 60, 119, 179, 239 e 300 graus, por segundo. O grupo 3 apenas apresentou ganhos de força significativos nas velocidades de 239 e 300 graus, por segundo. O grupo 2 e 3 apresentam um ganho significativo maior, nas velocidades mais altas (239 e 300 graus por segundo), em relação ao grupo 1. Isto leva a crer que o melhor será privilegiar o treino nas velocidades intermédias. No entanto a partir deste estudo não se podem tirar grandes conclusões pois variou o número de repetições nos diferentes grupos.

Coyle et al. (1981) realizaram um estudo também com três grupos. Um realizou um treino com velocidade de 60 graus por segundo, outro com velocidade de 300 graus por segundo, o outro efectuou um treino combinado destas duas velocidades. Os resultados deste estudo revelaram que os diferentes grupos tiveram maiores ganhos nas velocidades de treino específicas.

Estudos como Moffroid e Whipple (1970) e Coyle et al. (1981) encontraram algumas evidências de que só existe uma transferência significativa nos ganhos de força para as velocidades inferiores às velocidade de treino. No entanto estes estudos não determinam as diferenças nos ganhos nas diferentes angulações. Daqui surge outra questão: será que existe

transferência dos ganhos de força de umas angulações para outras? (Fleck e Kraemer, 1987).

Wathen (1994) defende que os exercícios com pesos livres se aproximam mais dos movimentos específicos de cada modalidade porque normalmente os movimentos também são executados a três dimensões. Porém, há quem defenda que é preferível isolar o mais possível o trabalho dos músculos intervenientes nos diferentes movimentos desportivos, sendo para isto mais eficazes as máquinas.

Na nossa opinião, independentemente disto, haverá uma inegável necessidade de uso de máquinas com objectivos de equilíbrio no desenvolvimento de força (por exemplo agonistas/antagonistas e trem superior/trem inferior) e no simples fortalecimento das estruturas usadas para prevenção de lesões e aumento da capacidade de treino.

Raposo (2000) considera que a especificidade da carga se define pela analogia dos exercícios, que a constituem, com as técnicas e distâncias para as quais o atleta se prepara, tomando-se em consideração as características bioquímicas, fisiológicas, psicológicas e outras. As cargas específicas garantem o desenvolvimento predominante das capacidades motoras e também da mobilização dos sistemas funcionais próprios da prova principal do atleta.

2.4. Força / Trampolim

No que respeita ao Trampolim, o conhecimento da sua força específica ainda é pouco profundo. Pensamos existir ainda muito para investigar nesta modalidade, pois a quantidade de estudos existentes sobre a mesma deixa muito a desejar em comparação com outras modalidades. Como refere Glitsch e Henrichs (1992), o estudo dos movimentos aéreos tem sido mais visado pelos investigadores e diversas razões podem ser apontadas: são de uma beleza fascinante e são metodologicamente mais fáceis de analisar, pelo menos em relação às medições dinâmicas. Para nós, outra das razões é o

facto de serem comuns a várias modalidades, aumentando desta forma o número de interessados no seu conhecimento. No entanto os problemas no que lhes concerne têm sido resolvidos de uma forma ou de outra. Dizemos isto porque, em relação aos ginastas de elite, a condicionante passou a não ser a técnica dos elementos. Os ginastas conseguem realizar séries de Trampolim com uma dificuldade considerável e com uma excelente execução técnica. Porém eles estão preparados tecnicamente para efectuar elementos com ainda maior dificuldade, tanto que muitos os executam isoladamente. O que os impede de executar elementos com maior dificuldade e de os inserir nas séries de dez elementos, obrigatórias em competição, para além das limitações inerentes ao material, são as suas próprias capacidades condicionais.

Seguidamente apresentamos um panorama dos estudos efectuados nesta modalidade e que se relacionam com a força.

Glitsch e Henrichs (1992) elaboraram um estudo com cinco ginastas de elite e dois iniciantes, que teve como objectivo a análise da distribuição da pressão debaixo do pé no *take-off* no Trampolim. No decorrer do mesmo, os autores verificaram forças de pressão máxima que atingiram os 3000 N, que se traduzem em 700 Kg. Tendo como referência a sua amostra, isto significa 7,5 vezes o peso corporal dos ginastas. No entanto, esta agressividade poderá ser amenizada pelo facto de a curva da força resultante do impacto se ter mostrado suave. A acrescentar analisaram a relação massa do ginasta / tempo de apoio e concluíram que, para um ginasta com um peso entre os 70 e os 95 Kg, o tempo de apoio deverá aumentar aproximadamente na raiz quadrada da massa do ginasta. As conclusões deste trabalho afirmam que não se encontraram diferenças estatisticamente significativas na distribuição da pressão por baixo do pé, entre principiantes e ginastas de bom nível. Não obstante, pôde verificar-se uma correlação entre o nível dos executantes e a variação da distribuição da pressão. Através dos métodos estatísticos não foi possível distinguir os mortais à retaguarda dos mortais à frente. Observou-se também

que a impulsão realizada com a ponta do pé se iniciava a 70% do tempo de apoio, atingindo 70% da força máxima.

Anteriormente Vaughan (1980) realizou um estudo de um caso que também analisa a magnitude das forças e dos momentos de força a que o corpo do atleta está sujeito no contacto com a tela do trampolim. A preocupação principal centra-se em questões de segurança e, conseqüentemente, prevenção de lesões. Foram testados diversos tipos de recepções na tela (de pé, de joelhos, sentado e ventral). Comparando estas situações, verificou-se que a força impulsora do Trampolim variava entre 5 a 7 vezes o peso corporal dos atletas, consoante o tipo de recepção executada. O autor afirma que, apesar da aparente grandeza da força impulsora do Trampolim, os valores não se distanciam significativamente dos obtidos em outras actividades. O facto de o contacto com a tela ser relativamente longo, prolonga o tempo que o corpo dos ginastas suporta essa força. Isto pode significar por um lado um maior desgaste físico pois obriga a uma contracção mais demorada, ou por outro poderá querer dizer que, por ser gradual, seja menos agressivo para as estruturas articulares. Vaughan (1980) chama a atenção para a necessidade de adopção de posturas correctas no Trampolim pois concluiu que, consoante as mesmas e a altura atingida, a intensidade dos momentos de força a que as articulações do joelho e da anca estão sujeitos durante o contacto com a tela na queda de joelhos, varia de uma forma significativa. Com posturas incorrectas e com o aumento da altura atingida, os momentos de força aumentam. No nosso entender este estudo deu um passo importante para o conhecimento da modalidade, embora não entendamos a razão pela qual o autor atribui mais ênfase à queda de joelhos, sendo esta muito pouco utilizada e não permitida em competição.

Ivanova e Makarov (1996) efectuaram uma análise dos saltos no Trampolim, com sete ginastas de elite, incluindo cinemática e electromiografia. Os ginastas realizaram quatro séries de dez saltos. Estes autores observaram, entre outros, parâmetros como a variação da posição do centro de massa do ginasta, a

energia potencial elástica da tela provocada pelo mesmo, o tempo de permanência na tela do Trampolim durante o *take-off*. Neste estudo também foi analisada a actividade de quatro músculos das pernas, através de registos electromiográficos. Aqui verificaram que a sequência pela qual os músculos participavam na acção era: 1º - Tibial anterior, 2º - Bícípede Crural, 3º - Gastrocnêmios (*calf muscles of shin*), 4º - Quadrícepedes. Em relação à energia potencial elástica, à medida que aumentava a altura dos saltos executados, esta também aumentava. O mesmo acontecia com a energia cinética do corpo do ginasta, a partir do ponto mais baixo que a tela atingia, e também com a força da gravidade. Ao contrário, o trabalho das forças internas diminuiu, com o aumento da altura dos saltos. Podemos observar os resultados deste estudo através do quadro 3.

Quadro 3: Análise energética e espaço-temporal do salto. Adaptado de Ivanova e Makarov (1996).

	Estático	1 a 1,5 m	2 a 2,5 m	3 a 3,5 m
h	83.2+/-0.2	89.1+/-0.9	94.3+/-0.4	102.1+/-0.5
t	186+/-7	176+/-7	178+/-4	159+/-6
X-	10.4+/-0.15	9.01+/-0.05	6.03+/-0.11	2.0+/-0.08
X+	17.5+/-0.13	21.2+/-0.9	23.9+/-0.16	12.7+/-0.05
Eb	1215	1857	2379	2789
A1	520	1304	1953	2696
A2	695	548	426	93
Ek	1239	1970	2438	2807
A3	24	118	59	18
h	Máxima deformação da tela – cm			
t	Tempo de contacto com a tela – m/s			
X-	Máximo deslocamento vertical do centro de gravidade para baixo da posição base da tela – cm			
X+	Máximo deslocamento vertical do centro de gravidade para cima da posição base da tela – cm			
Eb	Energia potencial elástica da base – Nm			
A1	Força da gravidade – Nm			
A2	Forças internas na fase de deformação da base – Nm			
Ek	Energia cinética do corpo a partir da posição de máxima deformação da tela – Nm			
A3	Forças no instante final do <i>take-off</i> – Nm			

Isto talvez possa significar que, com o aumento da ajuda da tela na impulsão, ou seja, da energia potencial elástica, o trabalho muscular pode, de certa forma, ser poupado.

À semelhança do nosso estudo, França (2000), para além de muitas outras coisas, efectuou uma análise dinâmica, com o intuito de quantificar as forças externas provocadas pelo *Take-Off* no trampolim, sincronizando-a com electromiografia que, por sua vez, foi normalizada em relação a um teste de

força máxima isométrica em *Leg Press*. França (2000) também estabelece uma sequência de ativação muscular no trampolim, com os mesmos músculos estudados por Ivanova e Makarov (1996), acrescentando aos mesmos o Grande Glúteo. Os resultados não foram coincidentes, tendo França (2000) encontrado a seguinte sequência: 1º - Tibial anterior, 2º - Gastrocnêmios, 3º - Vasto Interno, 4º - Grande Glúteo e 5º - Bicípede Crural. É necessário, no entanto, ter em consideração que a amostra de Ivanova e Makarov (1996) constituiu-se por sete ginastas de elite, enquanto que a de França (2000) compôs-se por um só ginasta.

Ando e Yamamoto (1987), tendo como amostra uma ginasta de elite e outra que foi membro da equipa de ginástica da Universidade de Kanazawa, analisou a força imposta sobre o Trampolim. A conclusão a que chegou foi que, para aproveitar a potência elástica do aparelho, a ginasta só deverá impulsionar-se depois de aplicar o seu peso sobre o Trampolim.

Para além dos referidos acima existem alguns estudos que utilizam Dinâmica Inversa para calcular as forças envolvidas na actividade no Trampolim. Um dos que encontrámos foi o elaborado por Vieten (1999), que faz uma análise das forças e momentos de força que actuam sobre as articulações.

3. Objectivos e Hipóteses

É nossa intenção analisar a acção de *Take-Off* no trampolim, servindo-nos da dinâmica e apoiando-nos também na electromiografia.

Como objectivo deste estudo, queremos: caracterizar a actividade eléctrica dos músculos dos membros inferiores no *Take-Off* dos “saltos de vela”, no trampolim, especificamente do Tibial Anterior, Gémeo Interno, Vasto Interno e Bicípede Crural; conhecer as forças de reacção do solo, na sua componente vertical, causadas pelos *Take-Offs* no Trampolim e efectuar o cruzamento dos dois tipos de dados.

As hipóteses que formulámos para a realização deste trabalho foram:

H₁ – O movimento e antepulsão dos membros superiores tem influência positiva no Tempo de Voo causado pelo *Take-off*.

H₀ – O movimento e antepulsão dos membros superiores não tem influência positiva no Tempo de Voo causado pelo *Take-off*.

H₂ – O movimento dos membros inferiores no *Take-off* no Trampolim é influenciado pelo mecanismo do Ciclo Estiramento Encurtamento.

H₀ – O movimento dos membros inferiores no *Take-off* no Trampolim não é influenciado pelo mecanismo do Ciclo Estiramento Encurtamento.

H₃ – Existem diferenças estatisticamente significativas entre os valores dos registos electromiográficos normalizados das séries tipo 1 e das séries tipo 2.

H₀ – Não existem diferenças estatisticamente significativas entre os valores dos registos electromiográficos normalizados das séries tipo 1 e das séries tipo 2.

H₄ – Os *Take-offs* no Trampolim exigem esforços maximais aos músculos observados dos membros inferiores.

H₀ – Os *Take-offs* no Trampolim não exigem esforços maximais aos músculos observados dos membros inferiores.

H₅ – Não existe uma correlação positiva significativa entre a eficácia dos *Take-offs* e os valores dos registos electromiográficos dos mesmos.

H₀ – Existe uma correlação positiva significativa entre a eficácia dos *Take-offs* e os valores dos registos electromiográficos dos mesmos.

4. Material e Métodos

4.1. Caracterização da Amostra

A nossa amostra é constituída por 4 atletas Seniores A, do sexo masculino e com uma média de idades de 20,25 +/- 2,99 anos. O nível de treino dos 4 ginastas é semelhante, pois todos são atletas da selecção nacional, pertencendo 3 ao mesmo clube (Quadro 4).

Quadro 4: Caracterização da amostra.

Indivíduo	Idade	Peso	Altura	Tempo de Prática
A	24	75 kg	1,84 m	18
B	19	64 kg	1,65 m	14
C	23	60 kg	1,77 m	19
D	21	65 kg	1,69 m	16

4.2. Recolha de Dados

A recolha de dados foi concretizada por nós, com a ajuda de alguns elementos do gabinete de Biomecânica da Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto (FCDEF-UP).

O local foi o pavilhão de Ginástica da FCDEF-UP e a recolha efectuou-se no mesmo dia para todos os sujeitos da amostra.

No dia em que foram efectuadas as observações, em primeiro lugar, procedeu-se ao preenchimento do questionário para caracterizar a amostra. Este foi respondido após os esclarecimentos necessários e as medições das características antropométricas peso e altura.

O vestuário utilizado pelos sujeitos da amostra foram calções de natação, género "tanga".

Para esta recolha utilizou-se um trampolim *Eurotramp*, com todas as características exigidas pela Federação Internacional da modalidade para as competições.

Após um aquecimento geral e no próprio Trampolim, os atletas executaram duas séries de quinze saltos de vela, uma com os membros superiores em permanente elevação superior (Série 1) e outra com o movimento de antepulsão dos mesmos em cada salto de vela (Série 2). No final dos quinze "saltos de vela" fizeram uma paragem imediata tal como é exigido nas competições da modalidade (Figura 4).

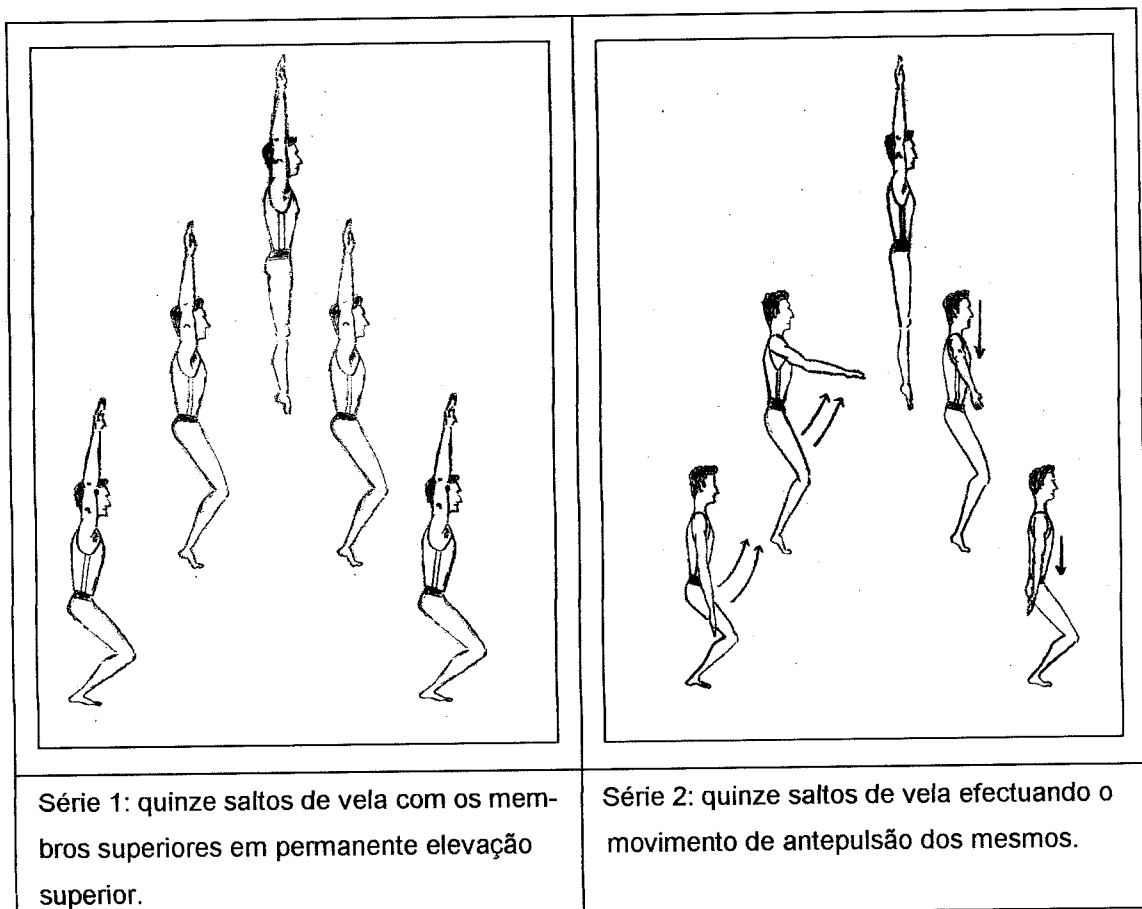


Figura 4: Descrição dos dois tipos de série realizadas pelos ginastas da amostra neste estudo.

Foi feito um estudo dinamométrico e electromiográfico que de seguida passamos a descrever.

4.2.1 Dinamometria

Neste campo da análise Biomecânica utilizámos uma plataforma de força (*Bertec Force Plate 4060*), baseada em células de carga, para medir a força de reacção. Desta forma pudemos conhecer a variação dessa força no decorrer das séries descritas anteriormente.

Para isto colocámos a plataforma de força por baixo de um dos quatro apoios do Trampolim, nivelando a altura dos outros três com três estruturas de madeira com as mesmas dimensões da plataforma de força utilizada (Figura 5).

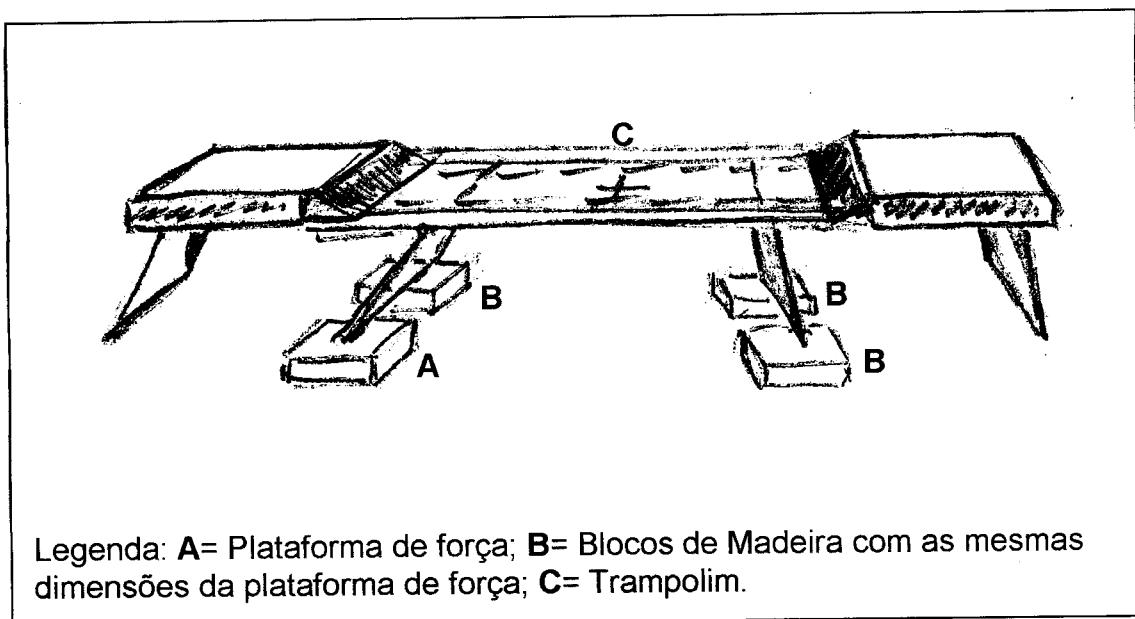


Figura 5: Material utilizado especificamente para a análise dinâmica.

4.2.2 Electromiografia

No que respeita à Electromiografia, o objectivo foi analisar a actividade contráctil de alguns dos principais músculos envolvidos no *Take-off* no Trampolim. Foi escolhido o membro inferior direito, sendo todos os ginastas destros. Os músculos escolhidos para análise foram o Gémeo Interno, o Tibial Anterior, o Vasto Interno e o Bicípede Crural.

O material utilizado foi:

- 4 eléctrodos de superfície (*Unilect*), bipolares, cada um com um fio de terra. Os eléctrodos tinham um cabo conjunto com 10 metros para possibilitar ao atleta atingir a altura máxima.

Para colocação dos eléctrodos e melhor captação do sinal, os ginastas da amostra depilaram os membros inferiores. Seguidamente limpámos a superfície de detecção para remover impurezas e suor. A colocação dos eléctrodos foi efectuada segundo a sugestão exposta em Basmajian e De Luca (1985), ou seja, a meio caminho entre a zona central de enervação e o tendão distal. No que respeita à ligação à terra, tivemos que escolher os melhores locais, mediante a quantidade de músculos a monitorizar e as limitações dos locais do corpo do ginasta de possível escolha. Sendo assim, para o Bicípede Crural a ligação à terra foi colocada no Trocanter maior do membro inferior correspondente. A parte anterior da Rótula serviu de ligação à terra para o Vasto Interno, enquanto que o Gastrocnêmio Interno e o Tibial Anterior partilharam a face anterior da Tíbia, como ligação à terra (Figura 6).

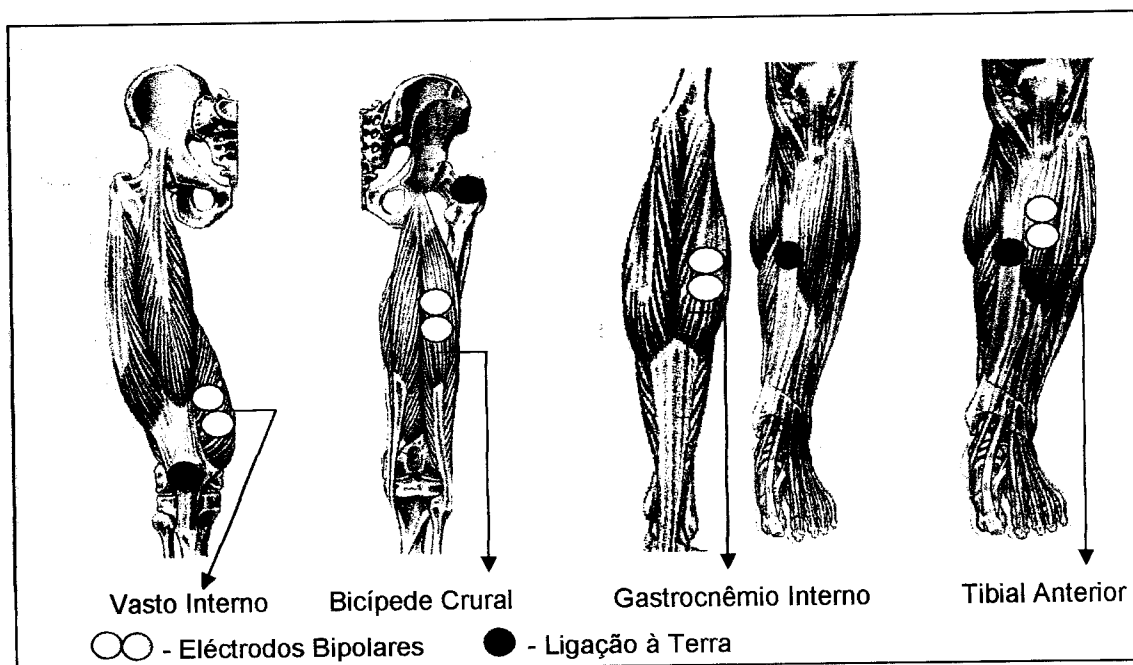


Figura 6: Descrição da colocação dos eléctrodos em cada músculo estudado.

O encontro dos locais de colocação dos eléctrodos nos ginastas da amostra foi efectuado, através da apalpação, com o músculo contraído. Nesta tarefa constituiu uma grande ajuda o facto de todos os ginastas possuírem, aparentemente, muito pouca quantidade de gordura subcutânea.

Depois de cada uma das colocações, todas as ligações foram testadas, no mínimo, por duas vezes.

Para uma posterior normalização do sinal electromiográfico emanado durante a execução das séries efectuadas pela amostra, realizámos, para cada músculo de cada ginasta, um teste de força máxima isométrica, monitorizando-a ininterruptamente durante 5 segundos (Figura 7) para que este tivesse oportunidade de atingir efectivamente a máxima potência muscular. Ainda antes desta operação, os ginastas treinaram a execução da mesma. Seguidamente o ginasta subiu para o trampolim e, ao nosso sinal, iniciou a série tipo 1. Sem sair de cima do aparelho, e depois de terminar a primeira série, iniciou a execução da série tipo 2. No final de cada uma das séries verificaram-se os registos para saber se seria necessária a repetição do teste, o que, felizmente, nunca aconteceu. Esta operação repetiu-se para cada ginasta da amostra. Foram respeitados os tempos de repouso teoricamente necessários para permitir uma recuperação total dos níveis de força de cada ginasta, entre os testes de força máxima isométrica, as séries 1 e as séries 2.

O sinal electromiográfico foi gravado e transformado graficamente por um conversor analógico-digital. Uma amplificação dos sinais de 500 hz foi necessária para permitir uma melhor observação. Por forma a eliminar os ruídos, o sinal foi submetido a um filtro passa-baixo, a 6Hz, com janelas de Hamming. A amostragem do sinal foi de 500 amostras por s. (Figura 7).

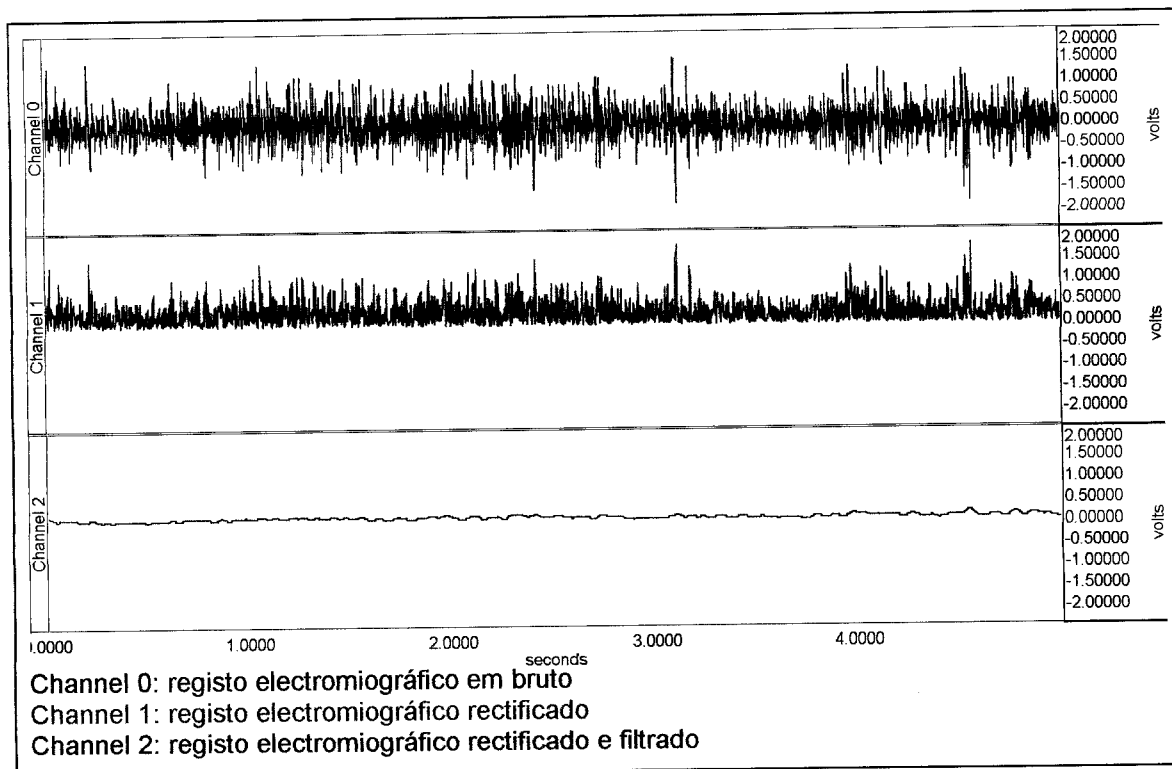


Figura 7: gráfico do registo electromiográfico resultante de um dos testes de força máxima isométrica efectuados.

O teste da força máxima isométrica foi efectuado mediante as possibilidades contextuais que envolveram este estudo. As posturas corporais para a medição do registo relativo a cada músculo foram as que demonstra a figura 8. Como resistência à força imposta pelos ginastas utilizaram-se os elementos da equipa que esteve a efectuar a recolha dos dados, verificando-se anteriormente se esta era suficiente.

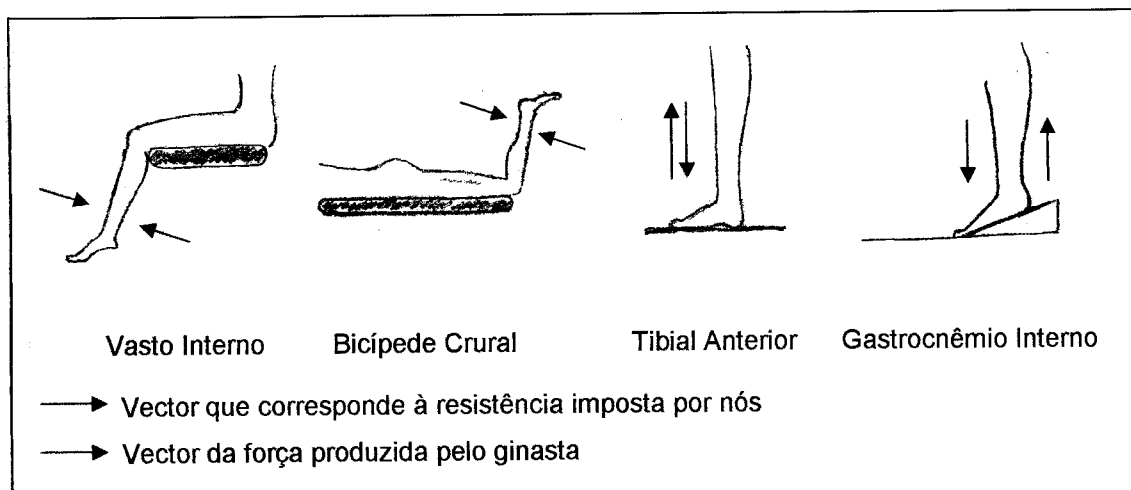


Figura 8: Testes da força máxima isométrica para cada músculo.

4.2.3 Dinamometria / Electromiografia

No sentido de obter uma informação mais completa e pormenorizada efectuou-se a recolha dos dados dinamométricos e electromiográficos sincronizadamente em termos temporais. Desta forma poder-se-á relacionar o mesmo evento monitorizado dinamometricamente e electromiograficamente. Esta sincronização foi conseguida devido aos dados serem todos recolhidos pelo mesmo sistema (*AcqKnowledge ACK100 da BIOPAC Systems, Inc.*), ao qual foi associado um *trigger* para iniciar os registos dos eventos ao mesmo tempo. Isto resultou num único eixo temporal para os registos dinamométricos e electromiográficos (Figura 9).

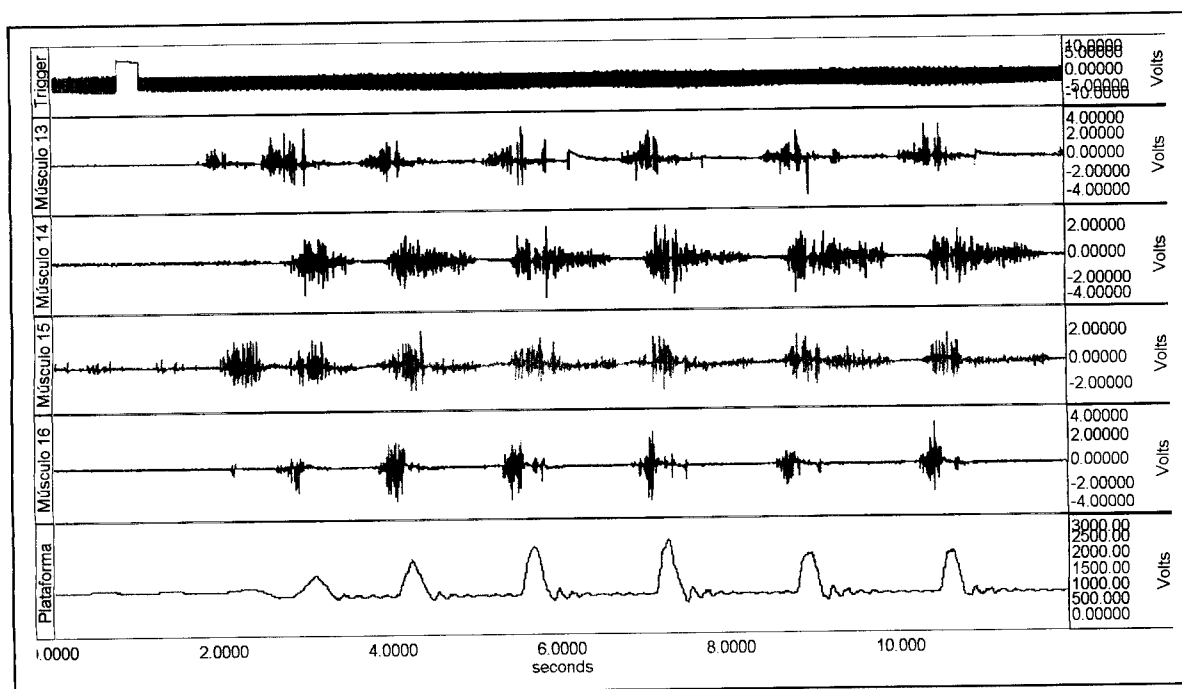


Figura 9: Gráfico demonstrativo do sincronismo temporal dos registos electromiográficos e dinamométricos.

No sentido de ter a maior certeza do bom funcionamento de todos os sistemas, estes foram testados já com o ginasta em cima do trampolim mas antes de iniciar a primeira série. Antes de iniciar a segunda série voltamos a testar todos os sistemas.

4.3. Análise Estatística

4.3.1. Tratamento de dados

Os dados foram tratados em computador, através do programa SPSS, versão 10.0, que nos permitiu realizar um estudo descritivo das diferentes variáveis analisadas, comparar os elementos da amostra relativamente a cada uma dessas variáveis e compará-las dentro de cada sujeito. Permitiu-nos ainda analisar comparativamente as variáveis observadas entre as duas formas de saltos de vela executados e observar a correlação entre os vários parâmetros.

4.3.2. Provas Estatísticas

No que respeita à estatística, foi executado um estudo descritivo dos parâmetros observados, emergindo daí a Média, Desvio-Padrão, Valor Máximo e Mínimo. Utilizámos o Coeficiente de Correlação Produto-Momento de Pearson, T-teste para medidas independentes e Análises da Variância com múltiplas comparações a posteriori.

5. Resultados

5.1. Tempo de Voo

As figuras seguintes são relativas à variação do Tempo de Voo provocado por cada *Take-Off*, nos diferentes ginastas e nos dois tipos de séries. Para além disto, evidenciam-se em cada série, com ícones de cor diferente e maiores por ordem de grandeza, os três *Take-Offs* que originaram maiores tempos de voo.

Nas séries do ginasta A pode verificar-se que o Tempo de Voo provocado pelos *Take-Offs* da 1ª série é em regra geral superior. Os *Take-Offs* mais eficazes da série 1 foram, por ordem crescente, o 14º, o 13º e o 10º, constituindo-se estes também como os mais eficazes das duas séries do ginasta A. No que respeita à série 2, o 10º e 11º e o 12º e o 13º *Take-Off* provocaram, mais uma vez por ordem crescente, os três maiores tempos de voo. Observando o conjunto das duas séries, os maiores tempos de voo situaram-se entre o 10º e o 14º *Take-Off*. Na série 1 o maior Tempo de Voo foi de 1,614 s., enquanto que na 2ª série foi de 1,442 s.. A média do Tempo de Voo provocado pelos *Take-Offs* na série 1 do ginasta A foi de $1,47 \pm 0,19$ s.. Na série 2 este valor ficou-se pelos $1,33 \pm 0,13$ s.. Conjuntamente o valor da média dos tempos de voo provocados pelos *Take-Offs* nas duas séries foi de $1,4 \pm 0,18$ s. (Figura 10).

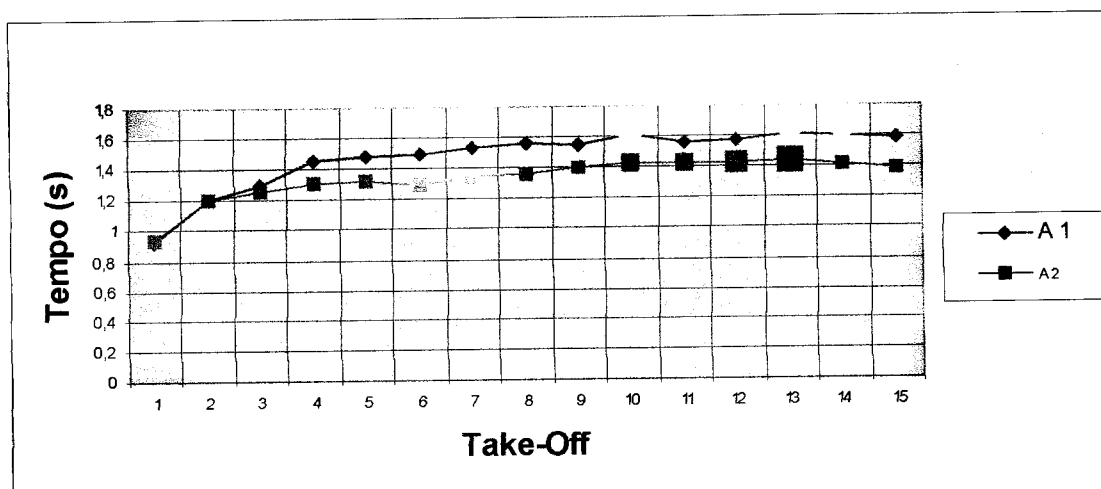


Figura 10: Valores do Tempo de Voo provocado por cada *Take-Off* nas Séries 1 e 2 do ginasta A.

Em relação às séries do ginasta B pode observar-se que, mais uma vez, o Tempo de Voo provocado pelos *Take-Offs* da série 1 é em regra geral superior. Esta diferença é mais notória do que no ginasta anterior. Os *Take-Offs* mais fortes, quando analisadas as duas séries simultaneamente, situaram-se entre o 10º e o 15º. Na série 1 o maior Tempo de Voo registou-se a seguir ao 12º *Take-Off* com o valor de 1,546 s., sendo que na série 2 foi após o 13º, mantendo-se no ar durante 1,232 s.. A média do Tempo de Voo na série 1 foi de $1,37 \pm 0,23$ s., enquanto que na série 2 deste ginasta foi de $1,12 \pm 0,12$ s.. O valor médio do Tempo de Voo encontrado para as duas séries foi de $1,24 \pm 0,22$ s. (Figura 11).

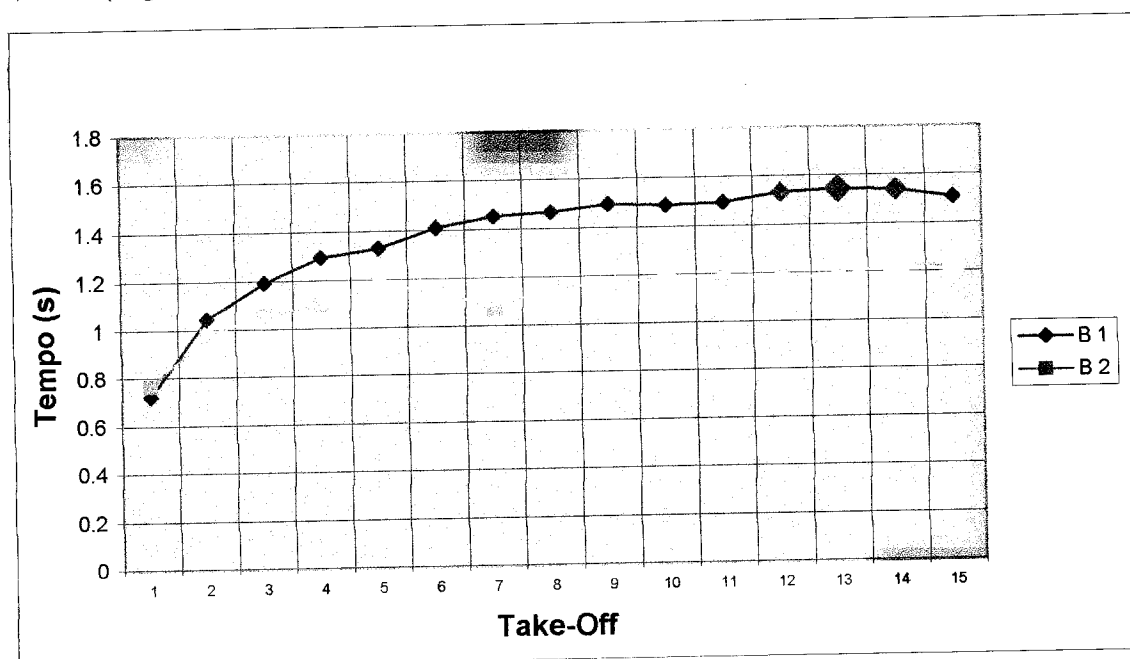


Figura 11: Valores do Tempo de Voo provocado por cada *Take-Off* nas Séries 1 e 2 do ginasta B.

No que respeita ao ginasta C um maior valor nos tempos de voo da série 1 continua a notar-se porém, até ao 4º *Take-Off*, os valores mais altos registam-se na série 2. A diferença entre os *Take-Offs* mais eficazes das duas séries foi de 0,204 s., tendo sido o 15º da série 1 o mais elevado com 1,558 s.. Relativamente à média do Tempo de Voo, a série 1 obteve um valor de $1,43 \pm 0,22$ s. e a série 2 de $1,30 \pm 0,13$ s.. Os *Take-Offs* de ambas as séries do ginasta C resultaram numa média de Tempo de Voo de $1,36 \pm 0,19$ s. (Figura 12).

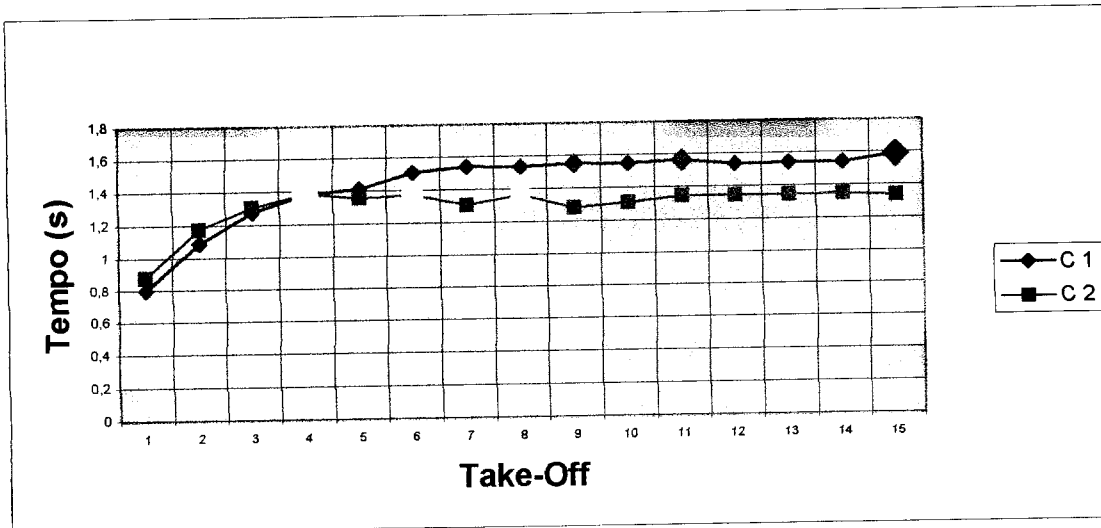


Figura 12: Valores do Tempo de Voo provocado por cada *Take-Off* nas Séries 1 e 2 do ginasta C.

No que respeita ao ginasta D os valores mais altos em relação ao Tempo de Voo provocado pelos *Take-Offs* da série 1 situam-se entre o 9º e o 11º *Take-Offs*, sendo o 9º, o 10º e o 11º respectivamente o 2º, 3º e 1º de maior valor. Na série 2 verificou-se alguma semelhança com o ginasta anterior no que concerne à magnitude do valor do 4º e 5º *Take-Offs* em relação aos demais. O *Take-Off* mais eficaz na série 1 foi o 11º, dando origem a um Tempo de Voo de 1,534 s., enquanto que na série 2 foi o 8º, provocando 1,31 s. de Tempo de Voo. A média de Tempo de Voo dos *Take-Offs* na série 1 foi de $1,47 \pm 0,17$ s., tendo sido a da série 2 de $1,22 \pm 0,11$ s.. $1,32 \pm 0,17$ s. foi o valor da média dos tempos de voo emanado das séries 1 e 2 deste ginasta (Figura 13).

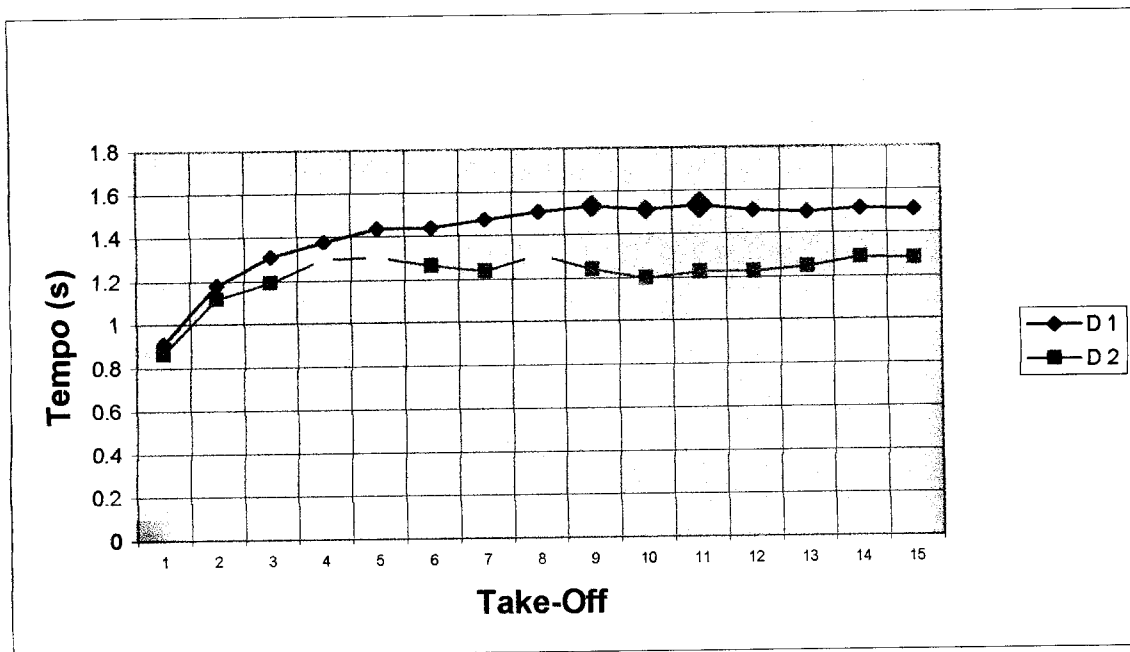


Figura 13: Valores do Tempo de Voo provocado por cada *Take-Off* nas Séries 1 e 2 do ginasta D.

Através da Figura 14 podemos ter uma visão gráfica das curvas de todas as séries 1 em conjunto.

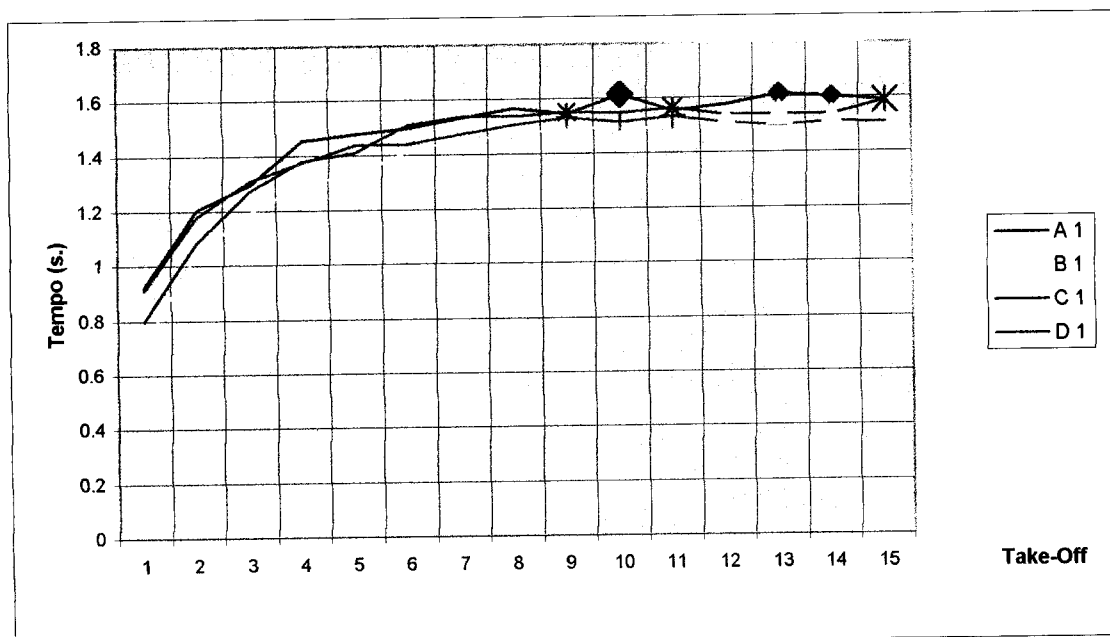


Figura 14: Valores do Tempo de Voo provocado por cada *Take-Off* na Série 1 de cada um dos ginastas da amostra.

Na Figura 15 mostramos os dados e o gráfico relativos aos valores médios da Série 1 de todos os ginastas. Como se pode ver, comparando os tempos de voo provocados por cada *Take-Off*, os 3 mais eficazes situaram-se

invariavelmente entre o 9º e o 15º. Verificou-se também que a média do Tempo de Voo neste tipo de série foi de $1,42 \pm 0,20$ s.. Através de uma Análise de Variância pudemos verificar que estatisticamente não existem diferenças significativas para um intervalo de confiança de 95%, entre todas as séries tipo 1. Efectuando múltiplas comparações à posteriori, chegou-se à mesma conclusão, para o mesmo intervalo de confiança.

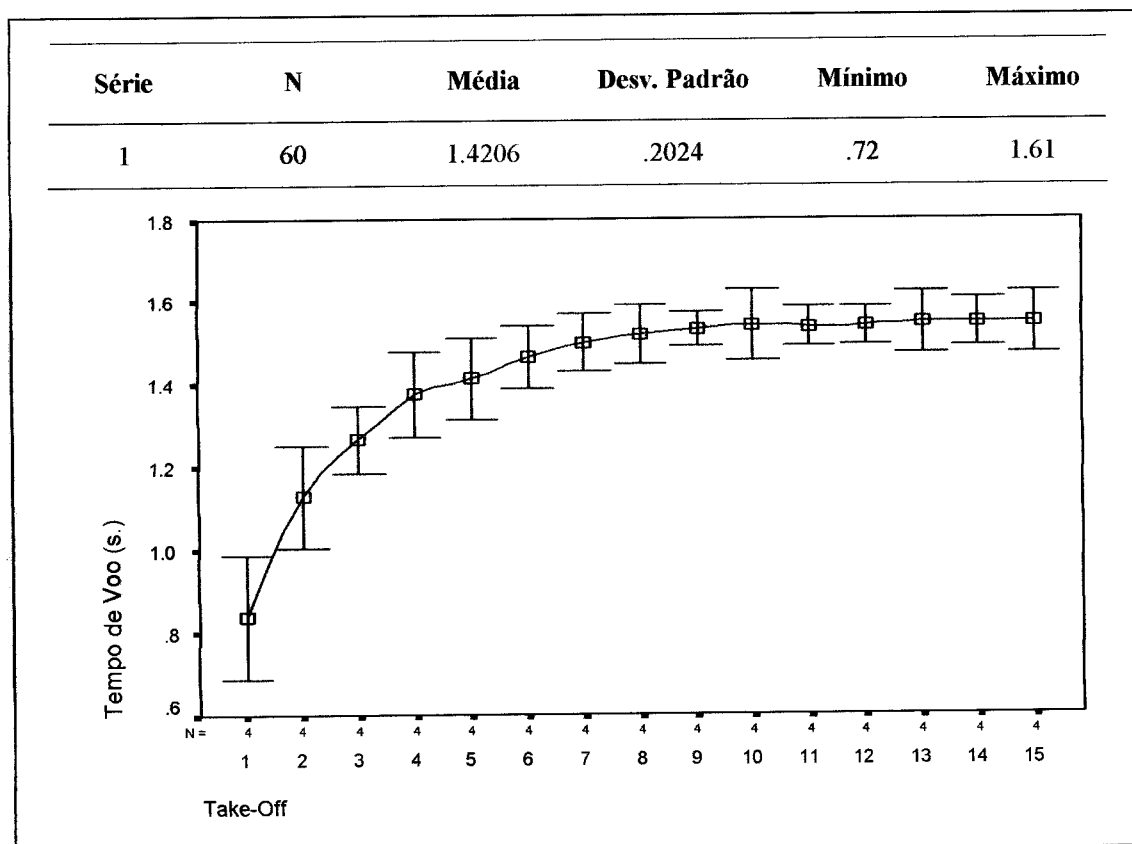


Figura 15: Valores da média do Tempo de Voo provocado por cada *Take-Off* na Série 1 de todos os ginastas da amostra.

Relativamente à Série tipo 2, podemos ver os dados de todos os ginastas da amostra, traduzidos em gráfico. Neste caso, comparando com a série tipo 1, é possível observarmos a não existência de tão grande homogeneidade no formato das curvas entre os ginastas da amostra (Figura 16).

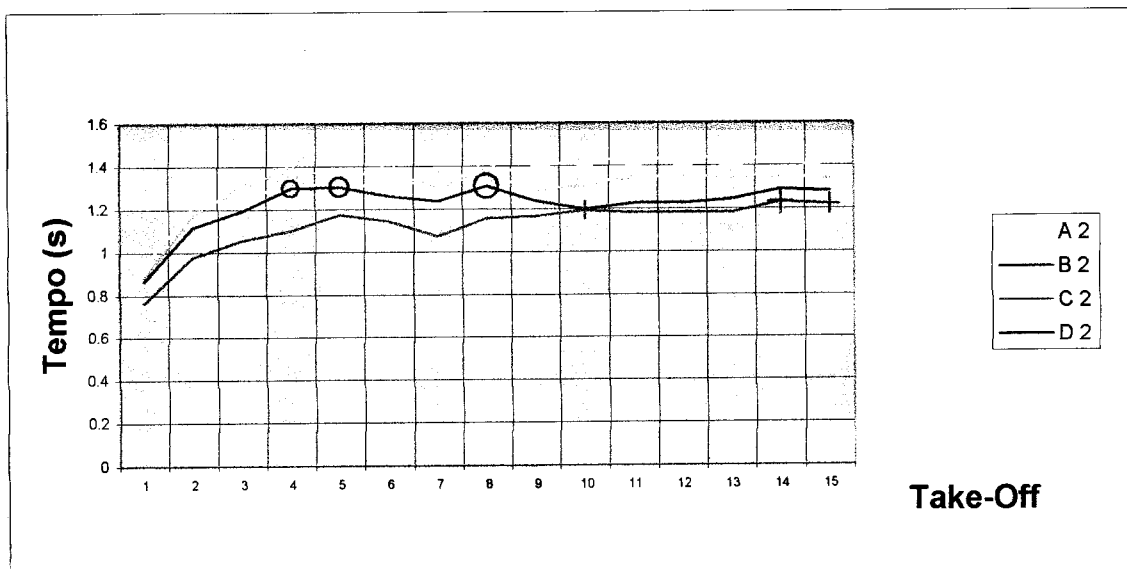


Figura 16: Valores do Tempo de Voo provocado por cada *Take-Off* na Série 2 de cada um dos ginastas da amostra.

Nesta série a evolução da curva relativa aos *Take-Offs* mais eficazes é menos notória. Neste tipo de série o Tempo de Voo foi em média inferior. A média do Tempo de Voo por *Take-Off* foi de $1,24 \pm 0,14$ s.. Ao realizar uma análise de variância, verificámos que existem, entre as séries 2, diferenças estatisticamente significativas para um intervalo de confiança de 95%, o mesmo acontecendo quando se analisou através de múltiplas comparações a posteriori (Figura 17).

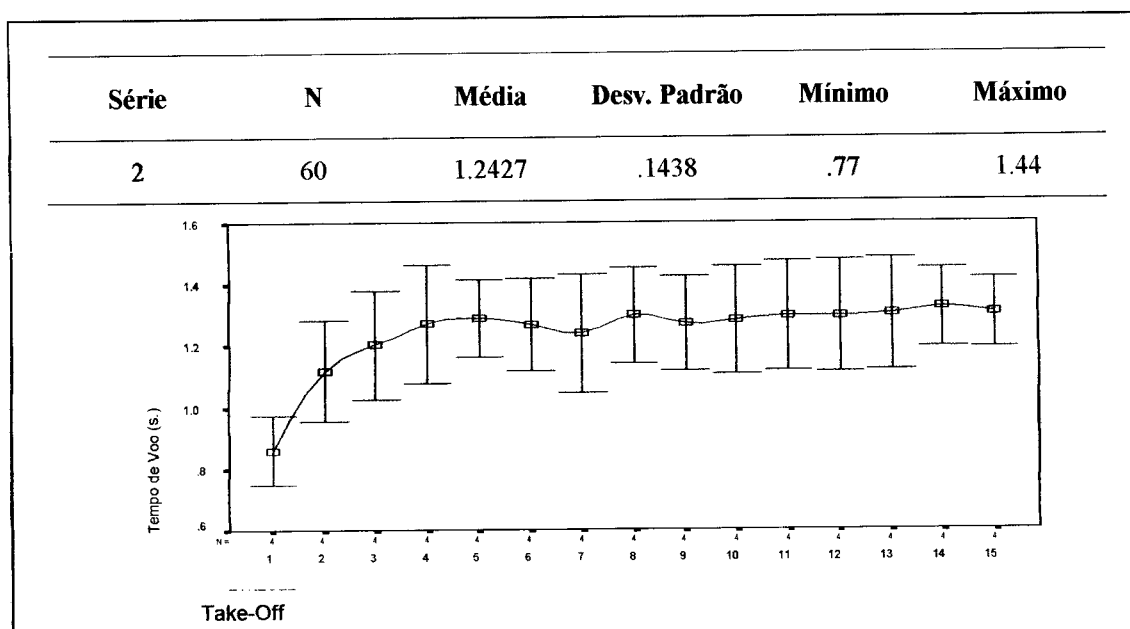


Figura 17: Valores da média do Tempo de Voo provocado por cada *Take-Off* na Série 2 de todos os ginastas da amostra.

Ao lermos os gráficos expostos seguidamente, verificámos que não existe exactamente um aumento constante do Tempo de Voo, provocado pelos *Take-Offs*, ao longo das séries (Figuras 18 e 19).

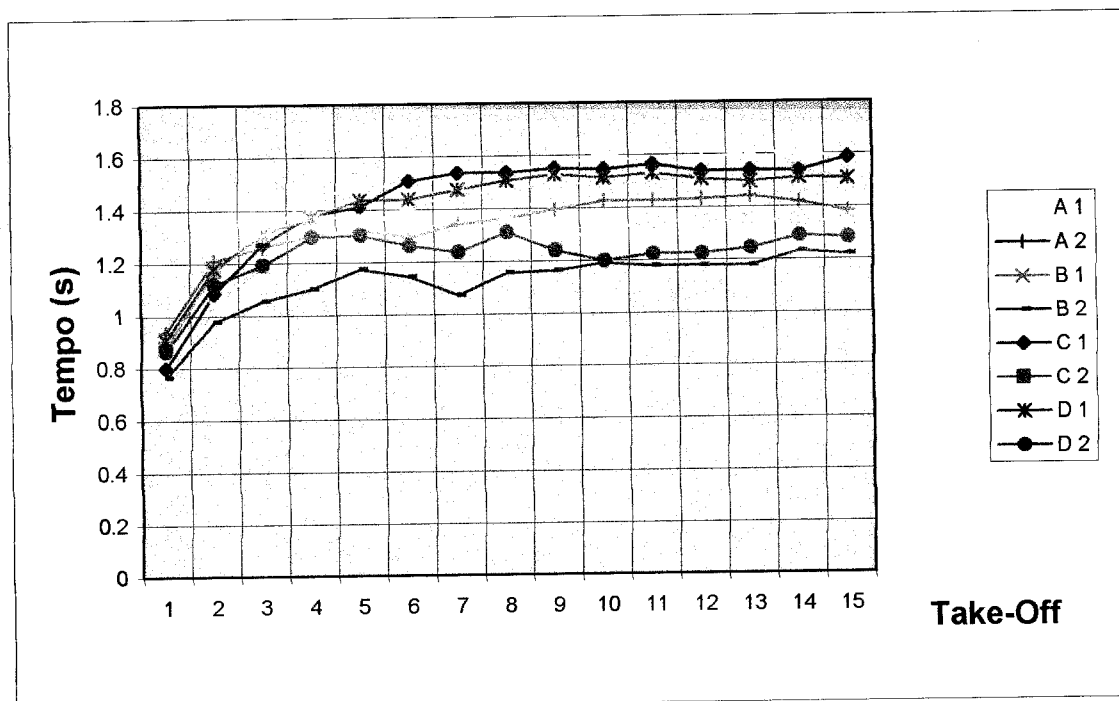


Figura 18: Valores do Tempo de Voo provocado por cada *Take-Off* nas Séries 1 e 2 de cada um dos ginastas da amostra.

A média do Tempo de Voo causado pelos *Take-Offs* de todas as séries de todos os indivíduos da amostra foi $1,33 \pm 0,20$ s.. Analisando estatisticamente os dois tipos de séries, verificámos que existem diferenças estatisticamente significativas entre a série tipo 1 e a tipo 2, para $\alpha = 0,5$. Ao compararmos todas as séries de todos os ginastas, reparámos então que existem diferenças estatisticamente significativas entre os ginastas e entre os dois tipos de séries. No entanto, concluímos também, não haver diferenças estatisticamente significativas entre a série 1 e a série 2 quando comparámos todos os ginastas da amostra, ou seja, todos os ginastas variam mais ou menos da mesma forma da série 1 para a série 2. Quando juntámos os dois tipos de série, já encontrámos diferenças estatisticamente significativas, para $\alpha = 0,5$, através de múltiplas comparações à posteriori, entre o ginasta A e o ginasta B. Aliás, se observarmos com atenção os gráficos relativos a cada um dos tipos de série, reparamos que o ginasta A e o ginasta B são os que têm os valores mais distantes.

Série	N	Média	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo
1 e 2	120	1.3317	.1963	.72	1.61

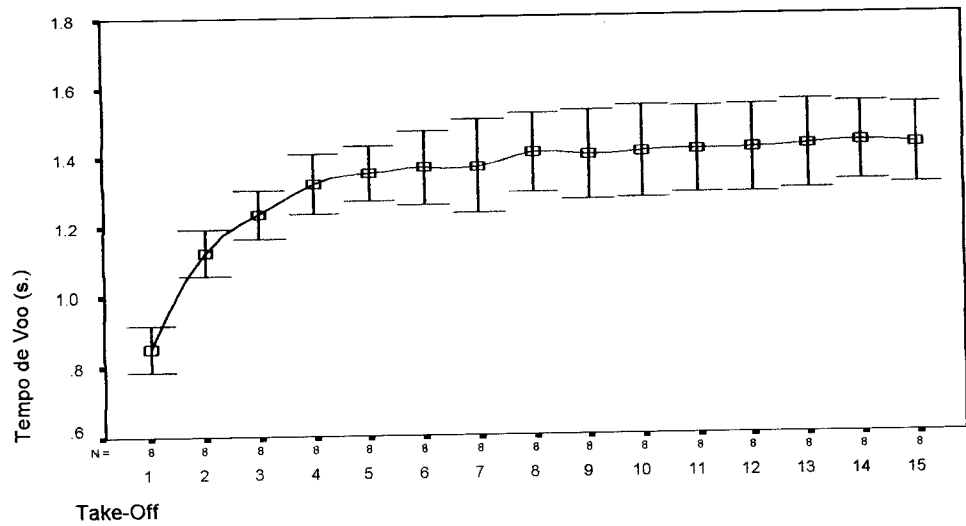


Figura 19: Valores da média do Tempo de Voo provocado por cada *Take-Off* na Série 2 de todos os ginastas da amostra.

Na figura 20 podemos comparar o valor médio do Tempo de Voo nos diferentes tipos de série e nas duas séries em conjunto.

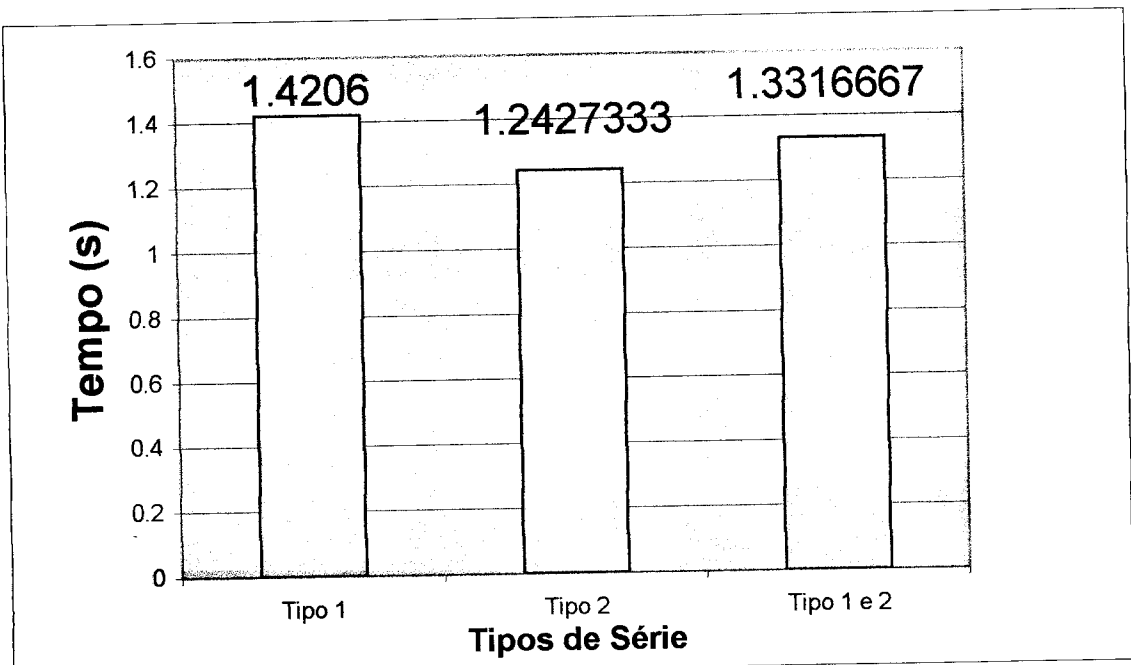


Figura 20: Média de Tempo de Voo provocada por cada *Take-Off* consoante o tipo de série.

Todos os dados apontam para que, efectivamente, as séries executadas com antepulsão dos membros superiores têm um melhor resultado no que respeita ao ganho de altura nos saltos de vela.

5.2. Tempo de Apoio

No quadro 5 expomos os valores do Tempo de Apoio, dos ginastas da amostra, nos *Take-Offs* no Trampolim. Como podemos observar, o resultado da média foi de $0,38 \pm 0,056$ s., nunca tendo os valores subido para além de 0,63 s., ou descido abaixo de 0,28.

Quadro 5: Tempo de Apoio nos *Take-Offs* no Trampolim.

Tempo de Apoio	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
	120	0,29	0,62	0,38	0,056

5.3. Correlação entre Tempo de Voo e Tempo de Apoio

Apresentamos aqui os valores do Tempo de Apoio nos *Take-Offs* das séries observadas, bem como a sua correlação com o Tempo de Voo.

5.3.1. Correlação entre Tempo de Voo e Tempo de Apoio por Ginasta e por Série

Expomos nas figuras seguintes uma análise da correlação entre Tempo de Voo e Tempo de Apoio, por ginasta e por tipo de série (Figuras 21 a 28).

Na série do ginasta A, o Tempo de Apoio variou entre os valores 0,568 e 0,352 s., obtendo uma média de 0.395 ± 0.05 s.. Quanto à correlação com o Tempo de Voo, esta revelou ser de $-0,855$ (Figura 21).

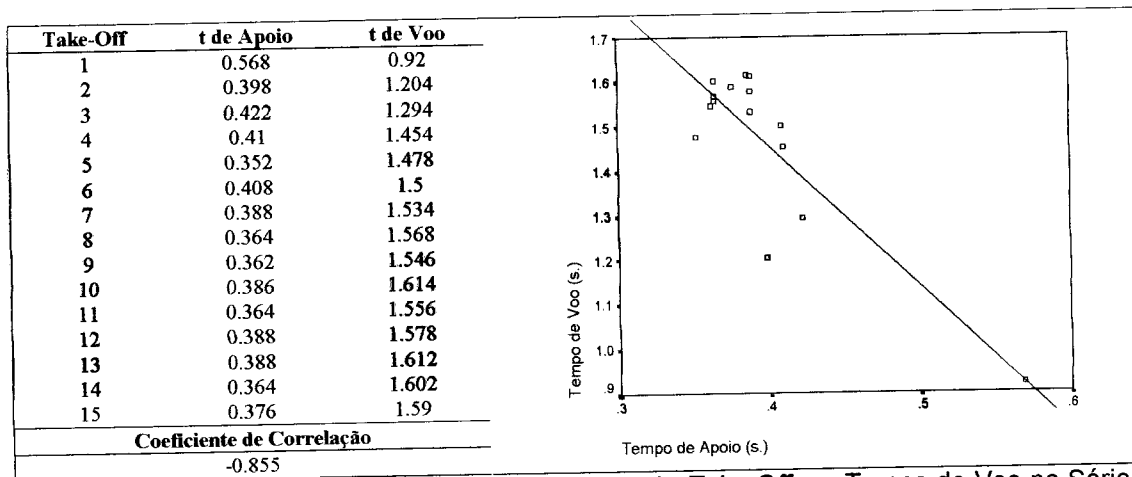


Figura 21: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada *Take-Off* e o Tempo de Voo na Série 1 do ginasta A.

Este ginasta, na série 2, aumentou o valor da correlação entre o Tempo de Apoio e o Tempo de Voo (Figura 22). No que respeita à média dos Tempos de Apoio esta diminuiu para 0.391 ± 0.03 s..

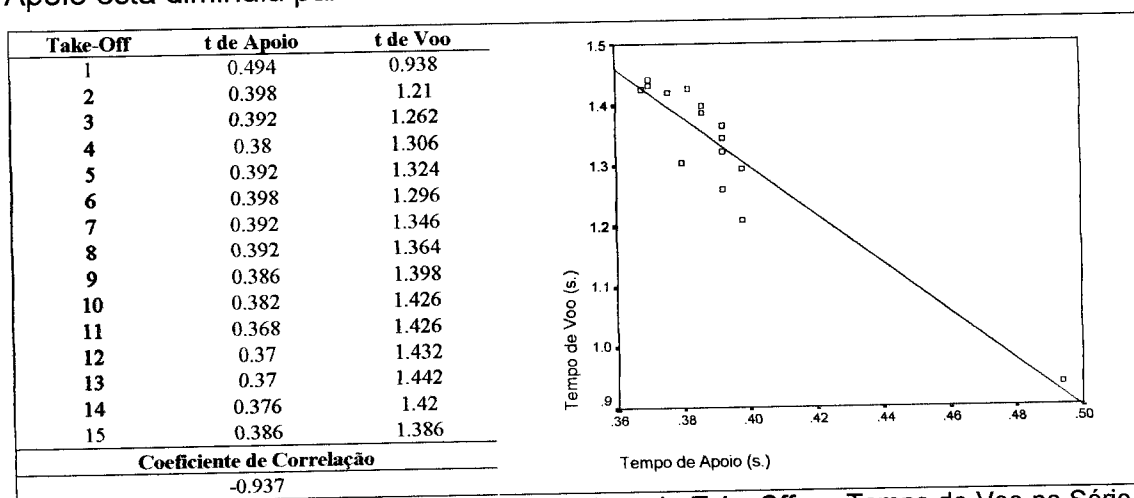


Figura 22: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada *Take-Off* e o Tempo de Voo na Série 2 do ginasta A.

No ginasta B obteve-se, na série 1, um valor de correlação entre o Tempo de Apoio e o Tempo de Voo de $-0,959$ (Figura 23), tendo a média dos Tempos de Apoio sido de 0.367 ± 0.06 s..

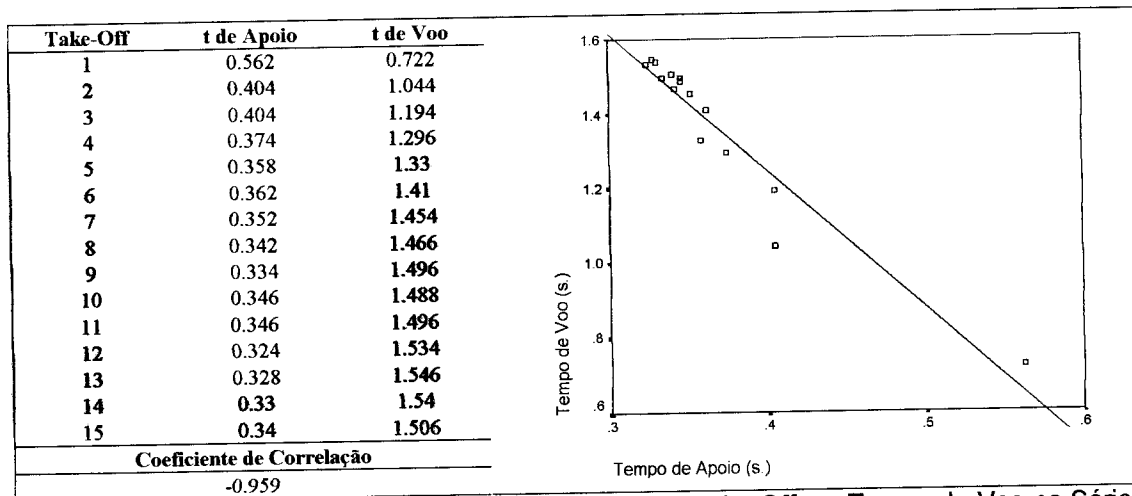


Figura 23: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada *Take-Off* e o Tempo de Voo na Série 1 do ginasta B.

Nas séries tipo 2 do mesmo ginasta o valor da correlação baixou ligeiramente em relação à série 1 (Figura 24), enquanto que o valor médio dos Tempos de Apoio foi de 0.403 ± 0.06 s..

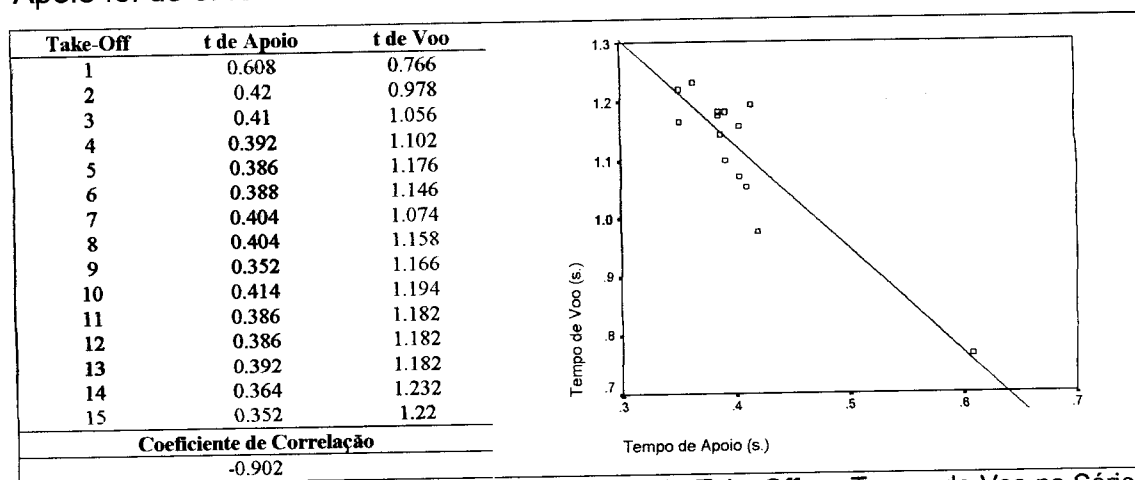


Figura 24: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada *Take-Off* e o Tempo de Voo na Série 2 do ginasta B.

O ginasta C, no que respeita à correlação entre o Tempo de Apoio e o Tempo de Voo, manteve um valor consideravelmente elevado, sendo este superior na série 1 (Figuras 25 e 26). A média dos Tempos de Apoio na primeira série foi de 0.349 ± 0.08 s., enquanto que na segunda foi de 0.365 ± 0.04 s..

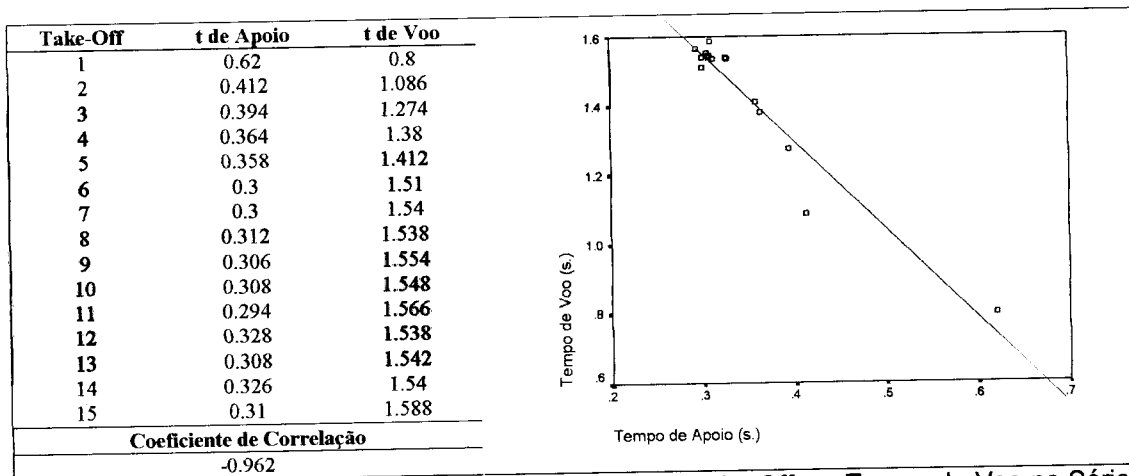


Figura 25: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada *Take-Off* e o Tempo de Voo na Série 1 do ginasta C.

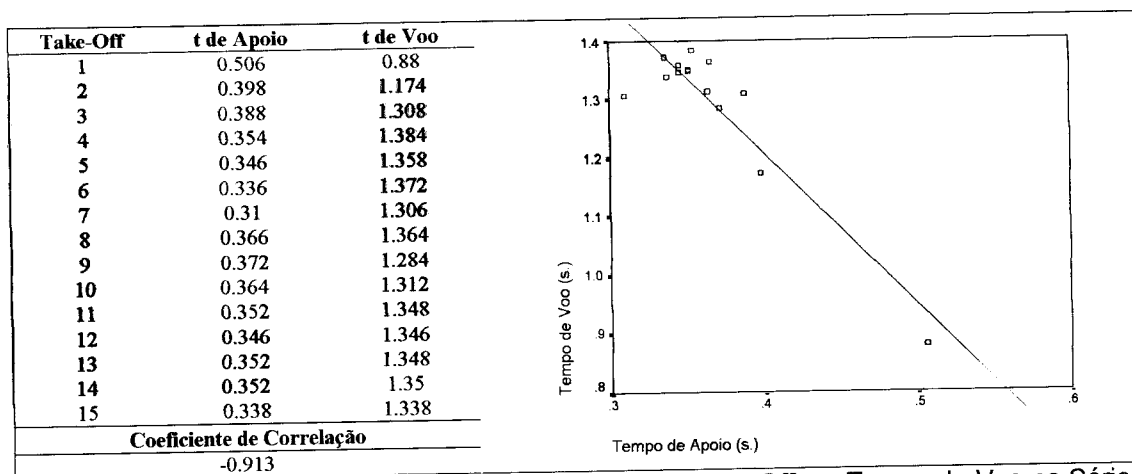


Figura 26: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada *Take-Off* e o Tempo de Voo na Série 2 do ginasta C.

A primeira série do ginasta D apresenta um valor médio de Tempo de Apoio de 0.362 ± 0.05 s., e uma correlação entre este e o Tempo de Voo de $-0,945$ (Figura 27).

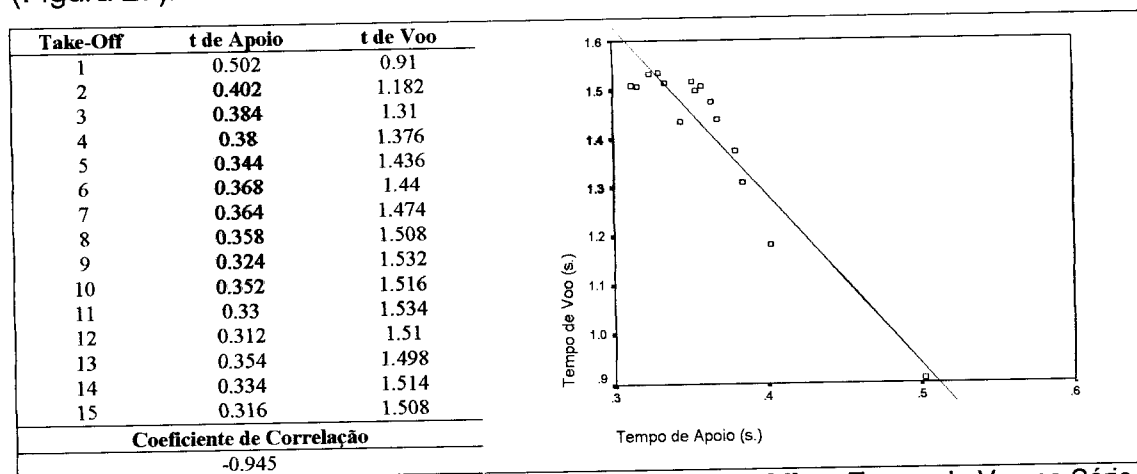


Figura 27: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada *Take-Off* e o Tempo de Voo na Série 1 do ginasta D.

Na série 2, tal como acontece nos ginastas B e C, o valor da correlação entre o Tempo de Apoio e o Tempo de Voo diminui ligeiramente em relação à série 1, sendo neste caso de $-0,924$ (Figura 28). No que concerne à média do Tempo de Apoio o valor foi de 0.387 ± 0.05 s..

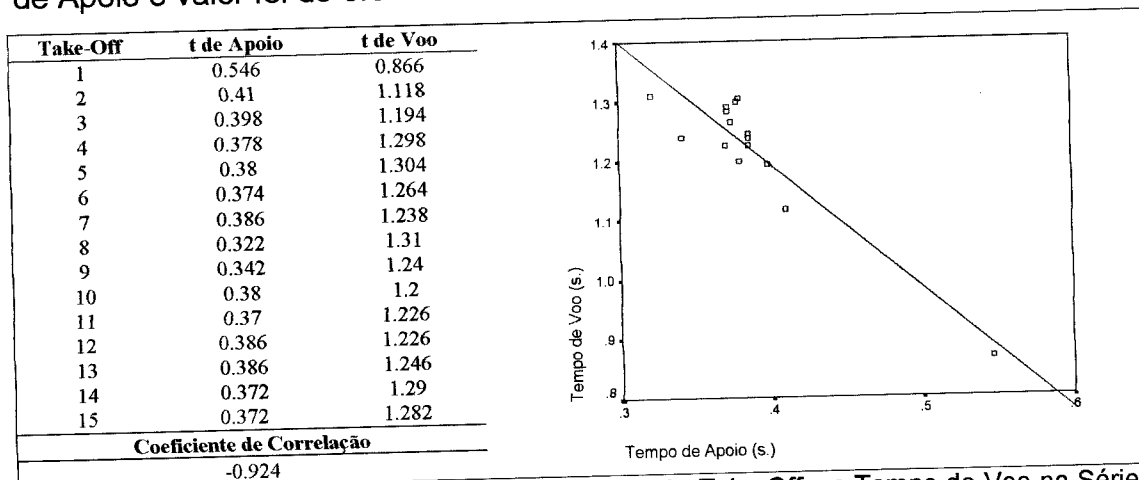


Figura 28: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada *Take-Off* e o Tempo de Voo na Série 2 do ginasta D.

Apenas o registo da correlação da Série 1 do ginasta A ficou abaixo de 0,9 com um coeficiente de correlação negativa de 0,855 (Figura 21). O maior coeficiente de correlação observou-se na primeira série do ginasta C com o valor de $-0,962$ (Figura 25). Em todas as séries dos ginastas pôde-se verificar que o maior Tempo de Apoio em cada série se registou no primeiro *Take-Off*.

5.3.2. Correlação entre Tempo de Voo e Tempo de Apoio por Tipo de Série

Quando comparamos a correlação entre o Tempo de Voo e o Tempo de Apoio entre os dois tipos de séries, podemos observar, através das figuras 29 e 30, que o valor está mais próximo da unidade no caso das séries tipo 1. Apesar disso, ambos os tipos de série continuam a demonstrar uma elevada correlação entre estes dois factores. As série 1 revelam um coeficiente de correlação de $-0,847$ enquanto nas séries 2 o valor desce para $-0,798$.

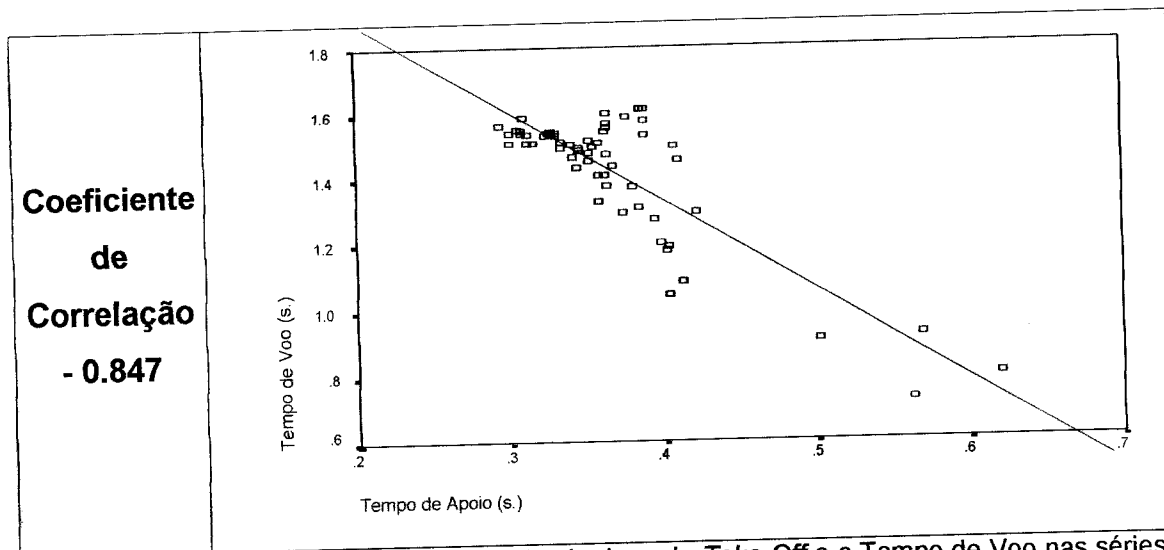


Figura 29: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada *Take-Off* e o Tempo de Voo nas séries Tipo 1.

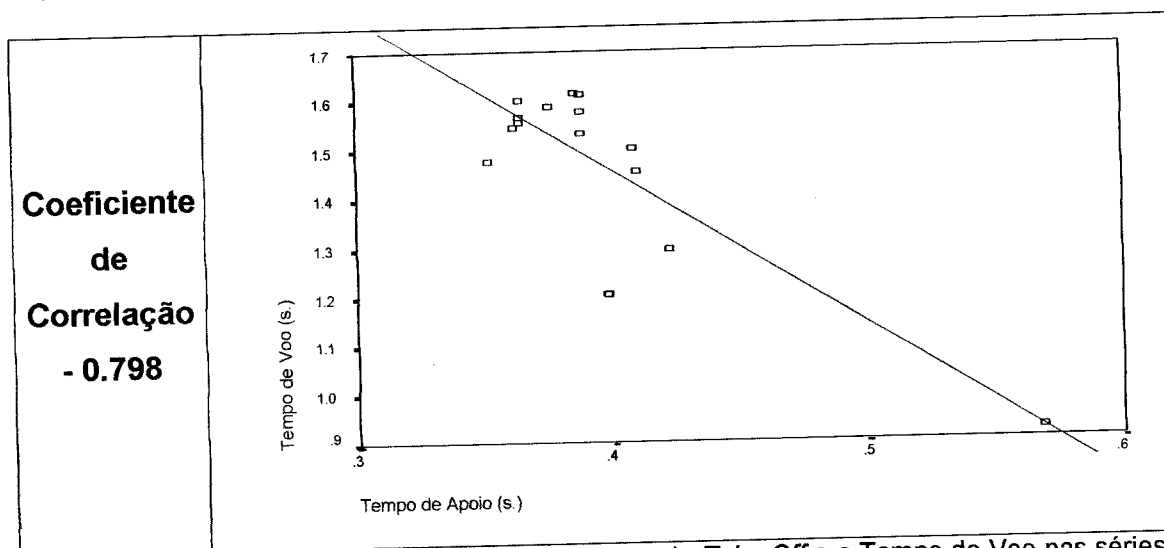


Figura 30: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada *Take-Off* e o Tempo de Voo nas séries Tipo 2.

Nas séries tipo 1 verificou-se um valor médio de Tempo de Apoio de 0.368 ± 0.06 s., enquanto que nas tipo 2 este valor foi de 0.387 ± 0.05 s..

5.3.3. Correlação entre Tempo de Voo e Tempo de Apoio de todas as Séries

Na figura 31 é possível verificar que se mantêm os valores elevados da correlação entre o Tempo de Voo e o Tempo de Apoio. O resultado desta correlação foi então de $-0,803$ s..

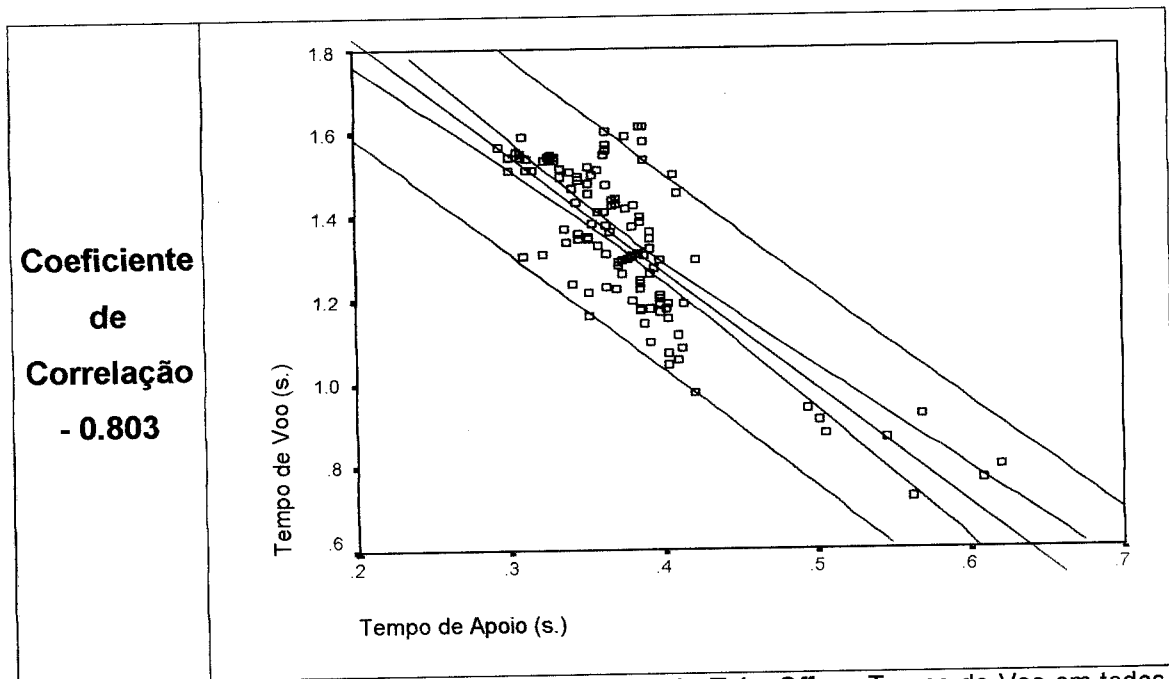


Figura 31: Correlação entre o Tempo de Apoio de cada *Take-Off* e o Tempo de Voo em todas as séries.

No conjunto de todas as séries, o valor médio do Tempo de Apoio foi de 0.378 \pm 0.06 s..

Verifica-se uma forte correlação negativa entre o Tempo de Apoio dos *Take-Offs* e o Tempo de Voo por eles provocado.

5.4. Tempo de Actividade Eléctrica de cada Músculo

Seguidamente mostramos os dados no que concerne ao tempo de actividade electromiográfica de cada músculo durante as séries dos ginastas da amostra. As médias foram calculadas sem ter em conta os registos relativos à paragem no final da série, pois os seus valores falseavam os resultados. A figura 32 mostra-nos que na série 1 do ginasta A o músculo que em média possui maior tempo de actividade electromiográfica relacionada com os *Take-Offs* é o Vasto Interno com $1,61 \pm 0,20$ s.. No entanto, o valor mais alto foi de 2,306 s., registado pelo Gastrocnêmio interno, coincidindo com a paragem no final da série. Na série tipo 2 do mesmo ginasta o músculo com maior média de tempo de actividade foi o Gastrocnêmio interno com $1,57 \pm 0,20$ s., muito embora o maior valor se registre no Bicípede Crural, na paragem final com 2,114 s..

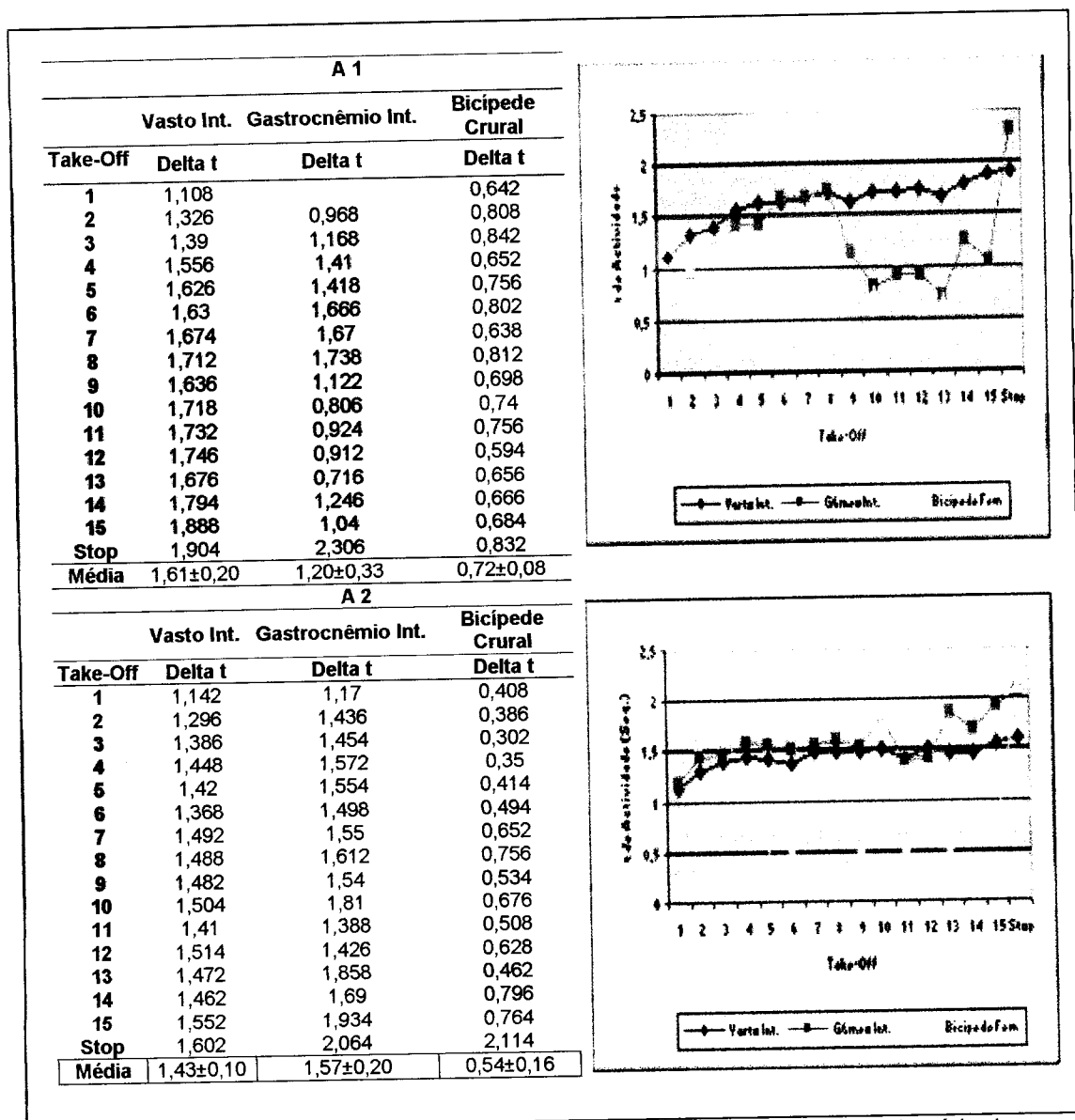


Figura 32: Tempo de actividade de cada músculo por *Take-Off*, em cada tipo de série do ginasta A.

No que respeita à série 1 do ginasta B, o músculo com uma maior média de tempo de actividade foi o Gastrocnêmio Interno com $1,48 \pm 0,19$ s., seguido do Vasto Interno, do Tibial Anterior e do Bicípede Crural com $1,38 \pm 0,17$, $0,80 \pm 0,09$ e $0,67 \pm 0,16$ s., respectivamente. O valor absoluto mais elevado verificou-se no Gastrocnêmio Interno. Na sua série 2, o ginasta B passou a utilizar durante mais tempo o Vasto Interno, apresentando este um valor de $1,19 \pm 0,18$ s. de média de tempo de actividade electromiográfica. Seguidamente aparece o Tibial Anterior com $1,09 \pm 0,20$ s., o Gastrocnêmio Interno com $0,69 \pm 0,22$ s. e o Bicípede Crural com $0,57 \pm 0,16$ s. (Figura 33).

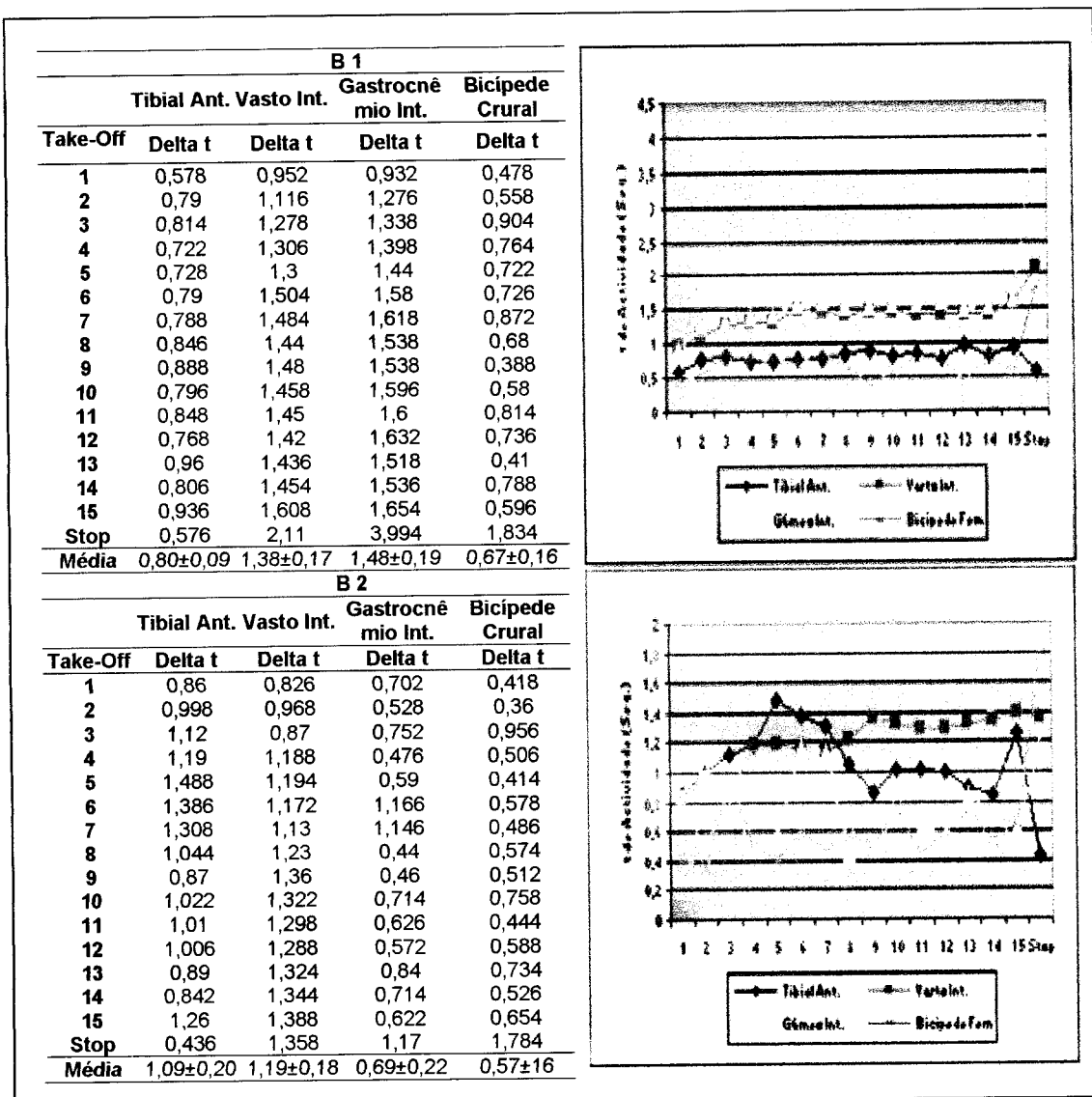


Figura 33: Tempo de actividade de cada músculo por *Take-Off*, em cada tipo de série do ginasta B.

O Vasto Interno foi o músculo que apresentou maior tempo de actividade na série 1 do ginasta C, com um valor médio de $1,32 \pm 0,17$ s.. Atrás dele posicionou-se o Tibial Anterior e em último o Bicípede Crural. Na série 2 do mesmo ginasta, o Tibial Anterior foi o músculo com maior tempo de actividade electromiográfica com $0,98 \pm 0,18$ s.. Aqui, o Vasto Interno, o Bicípede Crural e o Gastrocnêmio Interno obtiveram valores mais baixos, tendo sido estes $0,79 \pm 0,13$, $0,56 \pm 0,13$ e $0,21 \pm 0,15$ s., respectivamente (Figura 34).

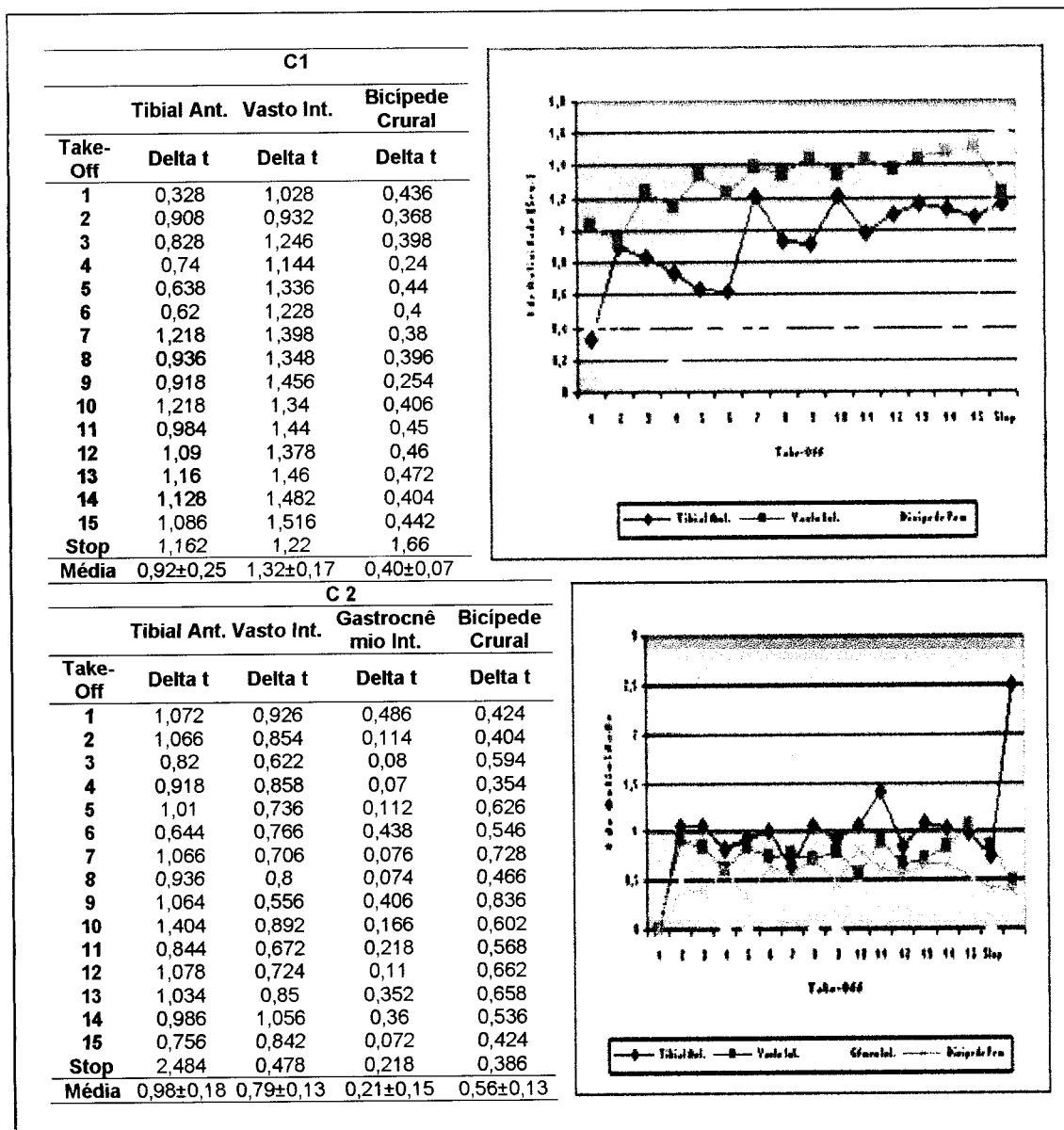
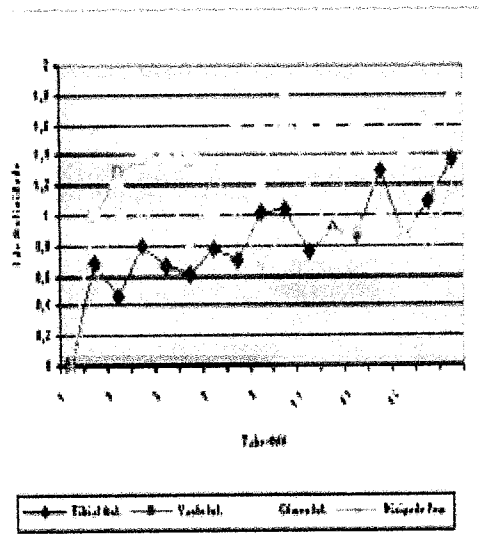


Figura 34: Tempo de actividade de cada músculo por *Take-Off*, em cada tipo de série do ginasta C.

O ginasta D, na sua primeira série, revela o Vasto Interno como músculo com o maior valor de tempo de actividade com $1,47 \pm 0,17$ s. $1,13 \pm 0,27$, $0,92 \pm 0,19$ e $0,83 \pm 0,21$ s. foram os tempos de actividade dos músculos Gastrocnêmio Interno, Bicípede Crural e Tibial Anterior. Na segunda série o Gastrocnêmio Interno troca de posições com o Vasto Interno, apresentando o primeiro um valor de $1,32 \pm 0,12$ s. (Figura 35).

D 1				
Take-Off	Tibial Ant.	Vasto Int.	Gastrocnêmio Int.	Bicépide Crural
	Delta t	Delta t	Delta t	Delta t
1	0,692	0,988	1,06	0,538
2	0,456	1,28	1,264	1,02
3	0,796	1,382	0,968	0,952
4	0,662	1,44	1,106	0,914
5	0,602	1,372	0,886	0,774
6	0,784	1,488	1,058	1,304
7	0,706	1,572	1,066	0,966
8	1,016	1,58	1,226	0,642
9	1,028	1,53	1,824	0,938
10	0,758	1,628	1,174	0,876
11	0,902	1,572	0,878	0,852
12	0,862	1,57	1,606	0,916
13	1,29	1,644	1,042	0,884
14	0,844	1,446	0,874	1,144
15	1,088	1,632	0,892	0,75
Stop	1,372	1,484	1,838	1,206
Média	0,83±0,21	1,47±0,17	1,13±0,27	0,90±0,19



D 2				
Take-Off	Tibial Ant.	Vasto Int.	Gastrocnêmio Int.	Bicépide Crural
	Delta t	Delta t	Delta t	Delta t
1	0,626	0,994	1,102	0,958
2	0,872	1,25	1,322	1,052
3	0,738	1,322	1,374	1,1
4	0,884	1,294	1,166	0,918
5	1	1,36	1,512	0,836
6	1,318	1,322	1,054	1,082
7	1,102	1,438	0,93	0,744
8	1,188	1,424	0,954	0,832
9	1,042	1,29	1,348	0,72
10	0,71	1,302	1,216	0,684
11	1,062	1,328	1,134	0,672
12	1,13	1,24	1,392	0,59
13	0,824	1,32	1,496	0,682
14	0,812	1,392	0,964	0,746
15	1,12	1,516	0,844	0,648
Stop	1,75	1,762	3,836	4,01
Média	0,96±0,20	1,32±0,12	1,19±0,21	0,82±0,17

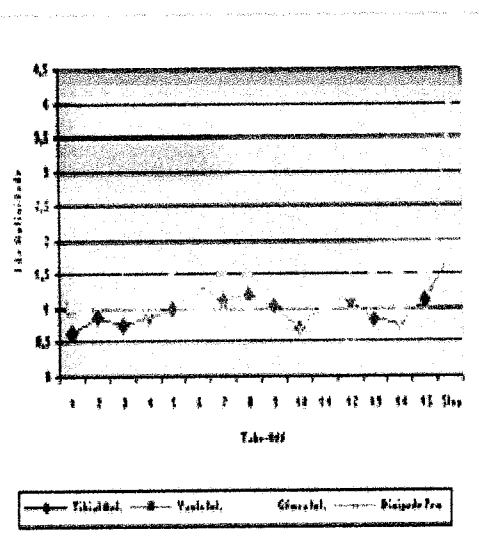


Figura 35: Tempo de atividade de cada músculo por *Take-Off*, em cada tipo de série do ginasta D.

Efectuando o cálculo da média dos tempos de actividade electromiográfica de todos os *Take-Offs* de todas as séries, estabeleceu-se uma sequência para o tempo de actividade electromiográfica de cada músculo, dentro do contexto deste estudo. Assim aparece com o valor mais elevado o Vasto Interno ($1,31 \pm 0,28$ s.), seguido do Gastrocnêmio interno ($1,06 \pm 0,50$ s.), do Tibial Anterior ($0,93 \pm 0,21$ s.) e do Bicépide Crural ($0,65 \pm 0,21$ s.). Quando observamos apenas os resultados da série 1 de todos os ginastas esta relação

mantém-se. No entanto, na série 2, o Tibial Anterior troca de posição com o Gastrocnêmio Interno (Figura 36).

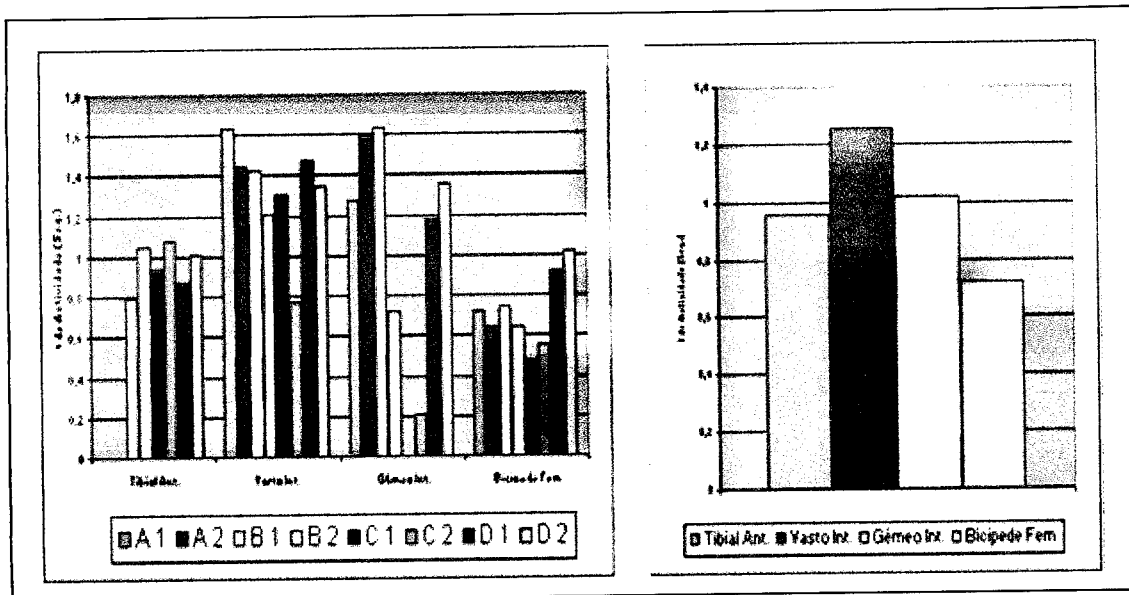


Figura 36: Gráficos do tempos de actividade de cada músculo por série, e no total das séries.

5.5. Normalização do Sinal Electromiográfico em Relação ao Teste Máximo Isométrico Executado

Com o intuito de normalizar o sinal electromiográfico dos músculos durante as séries, calculámos a média do traçado electromiográfico do teste máximo isométrico de cada músculo, estabelecendo esse valor como 100%. Não foi escolhido o pico máximo pelo facto de um instante poder não ser representativo da eventual influência da acção muscular no *Take-Off*. Por outro lado o integral do traçado, constituindo-se este como o somatório das áreas, não poderia ser comparado com bases temporais diferentes. Enquanto que o tempo de actividade electromiográfica durante os *Take-Offs* se situa em intervalos de 1,26 e 0,72 s. consoante o músculo, o teste isométrico máximo foi executado com uma duração de 5 s. durante os quais o músculo está continuamente a emanar o sinal electromiográfico. O valor do integral de um registo com a duração de 5 s. não poderia servir de base de comparação para registos com durações consideravelmente inferiores.

Na figura 37 podemos observar que o músculo com os valores mais próximos do máximo isométrico testado foi o Vasto Interno, com uma média na série 1 de 81,24% e na série 2 de 75,18%. O Gastrocnêmio Interno mantém um valor médio relativamente elevado, acima dos 69% em ambas as séries. Por outro lado os valores médios do Bicípede Crural descem abaixo dos 48%. Nos três músculos analisados neste ginasta verifica-se, em cada um, uma amplitude de variação dos valores dentro da mesma série significativa.

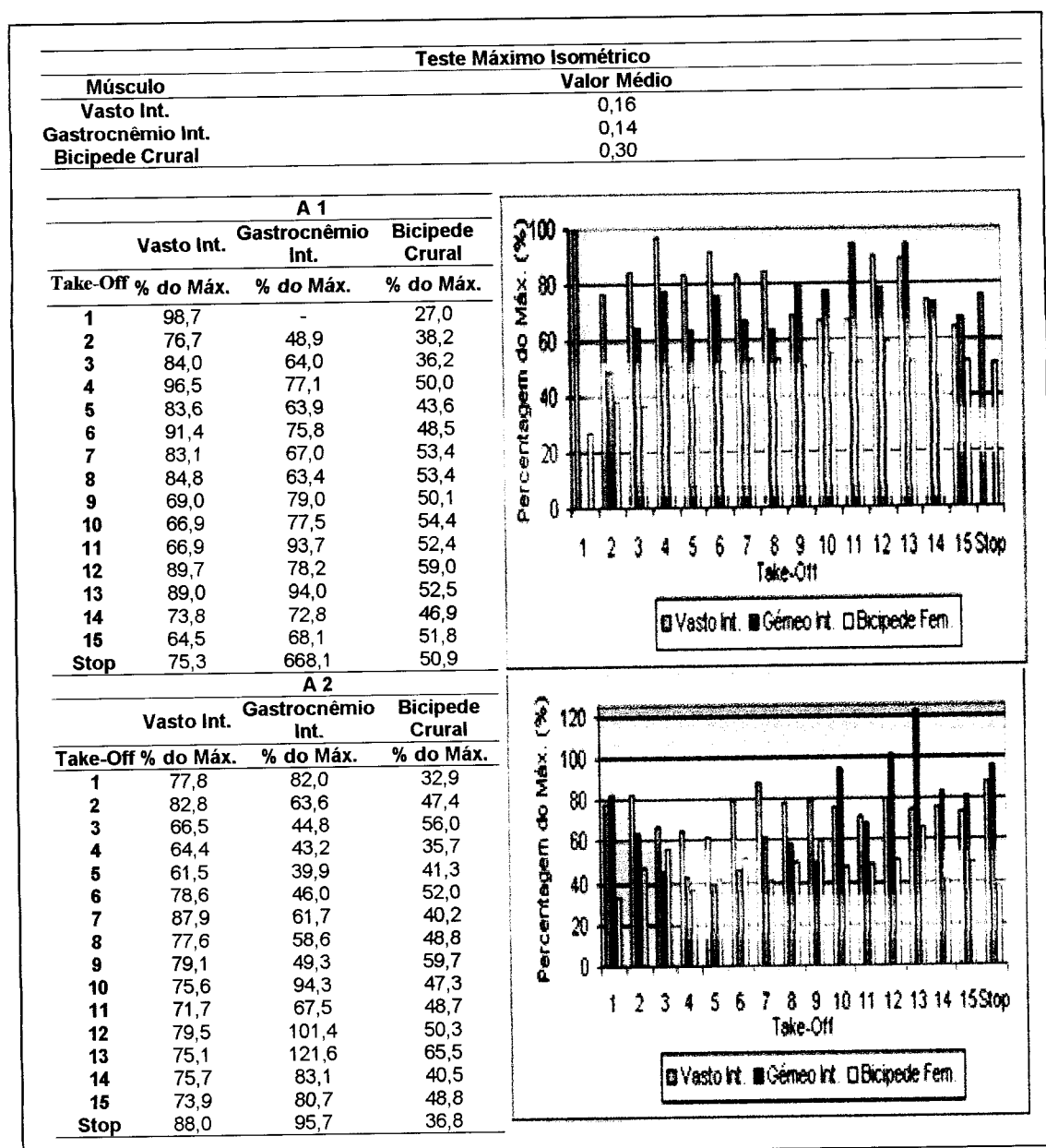


Figura 37: Percentagem de actividade de cada músculo no ginasta A.

No ginasta B continuamos a notar valores relativamente elevados quanto aos músculos Vasto Interno e Bicípede Crural, e valores inferiores a 50% no músculo Gastrocnêmio Interno. Neste ginasta, do traçado relativo ao músculo Tibial Anterior emergiram valores médios nos *Take-Offs* de $93,2 \pm 22,8$ % na série 1 e $69,9 \pm 16,9$ % na série 2 (Figura 38).

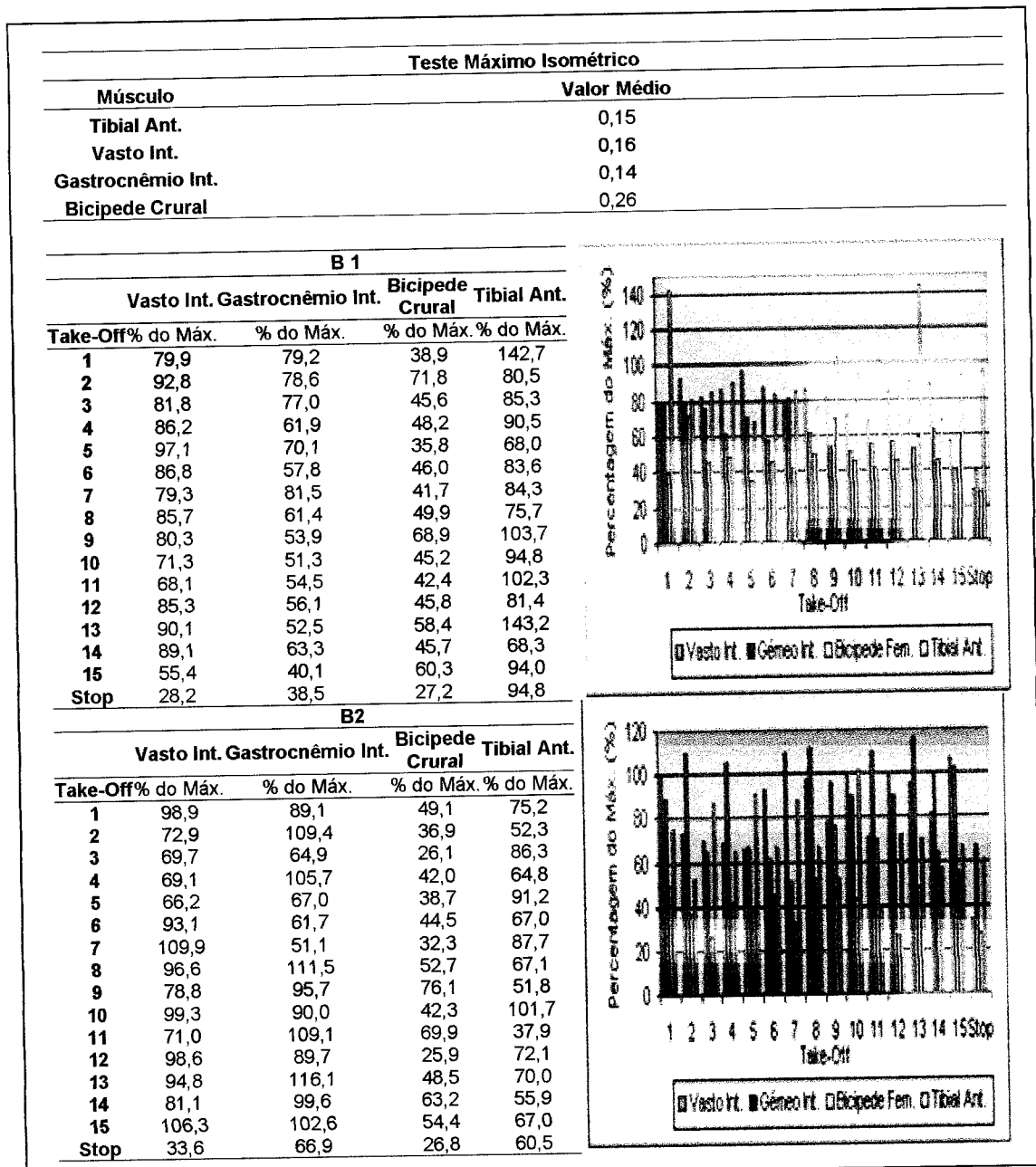


Figura 38: Percentagem de actividade de cada músculo no ginasta B.

Quando observamos a figura 39 podemos verificar que, como anteriormente, existe uma amplitude de variação considerável dos valores de cada músculo

dentro de cada uma das séries. O Vasto Interno e o Tibial Anterior mantêm uma percentagem elevada percentagem em relação ao máximo isométrico testado. No entanto os valores relativos ao Bicipede Crural apontam para que o ginasta C efectue uma utilização menos intensa deste músculo.

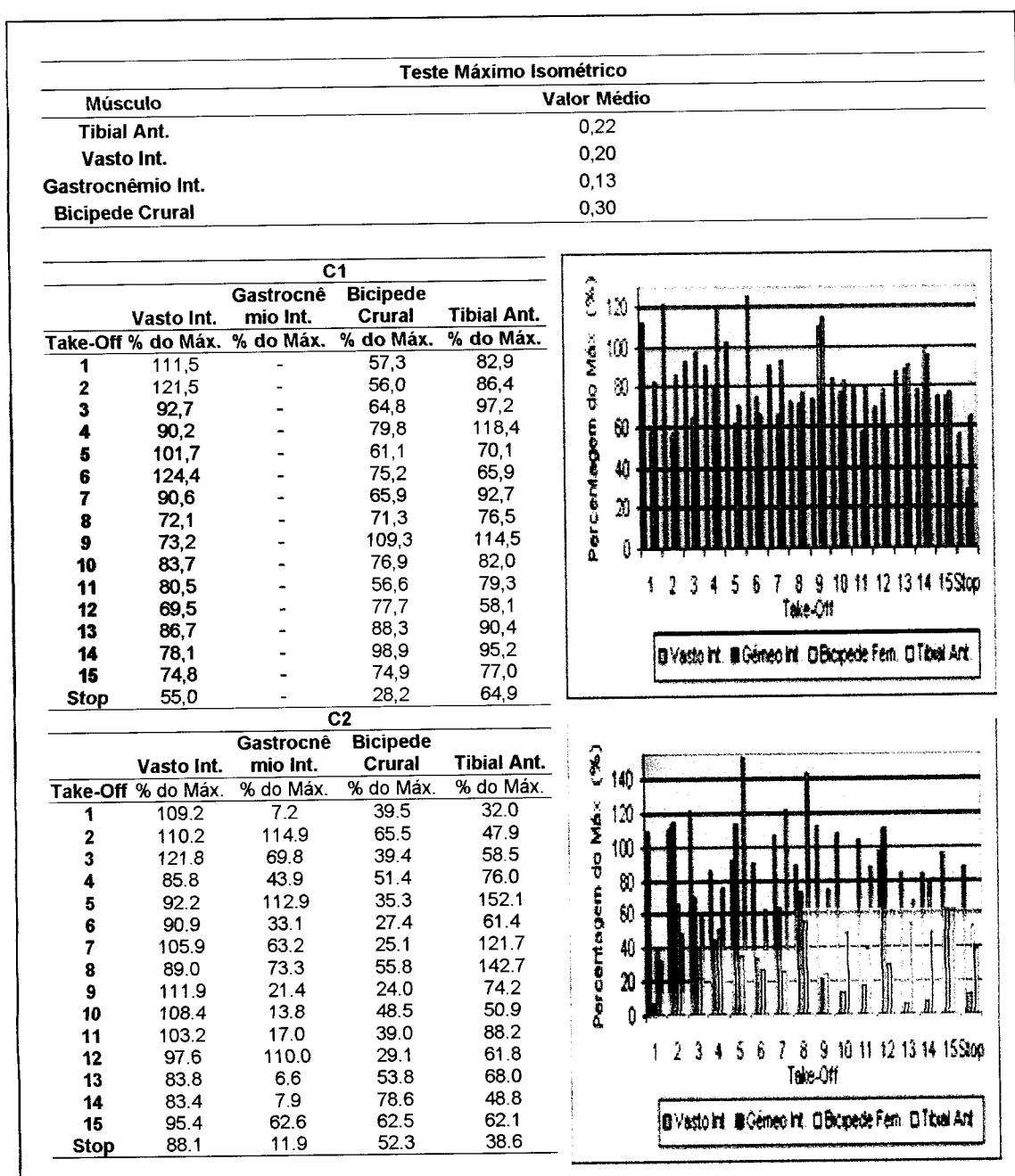


Figura 39: Percentagem de actividade de cada músculo no ginasta C.

No ginasta D o músculo com um valor médio mais elevado no que concerne à sua percentagem em relação ao máximo é o Tibial Anterior. O Bicipede Crural, à semelhança dos ginastas A e B, demonstra valores abaixo dos demais

músculos. No conjunto dos músculos todos este ginasta apresenta valores inferiores em relação aos outros ginastas. Mais uma vez aparece uma grande amplitude de variação dos valores dos *Take-Offs* dentro de cada uma das séries (Figura 40).

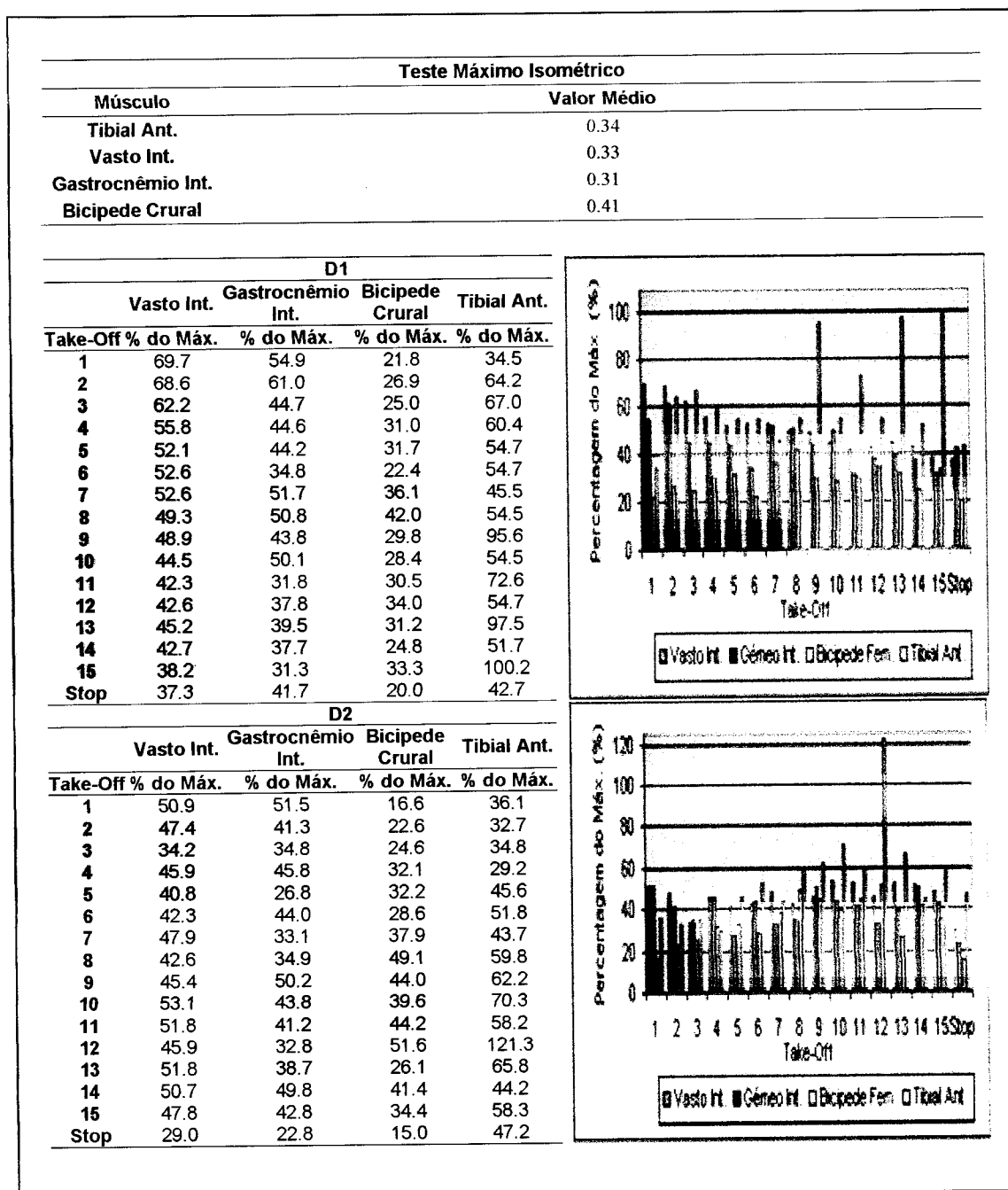


Figura 40: Percentagem de actividade de cada músculo no ginasta D.

Na figura 41 aparecem valores de 75.174339%, 72.964689%, 60.839602% e 46.088823%, que concernem à normalização dos registos electromiográficos

dos músculos Vasto Interno, Tibial Anterior, Gastrocnêmio Interno e Bicípede Crural respectivamente, nos *Take-Offs*, em relação ao máximo testado para os mesmos.

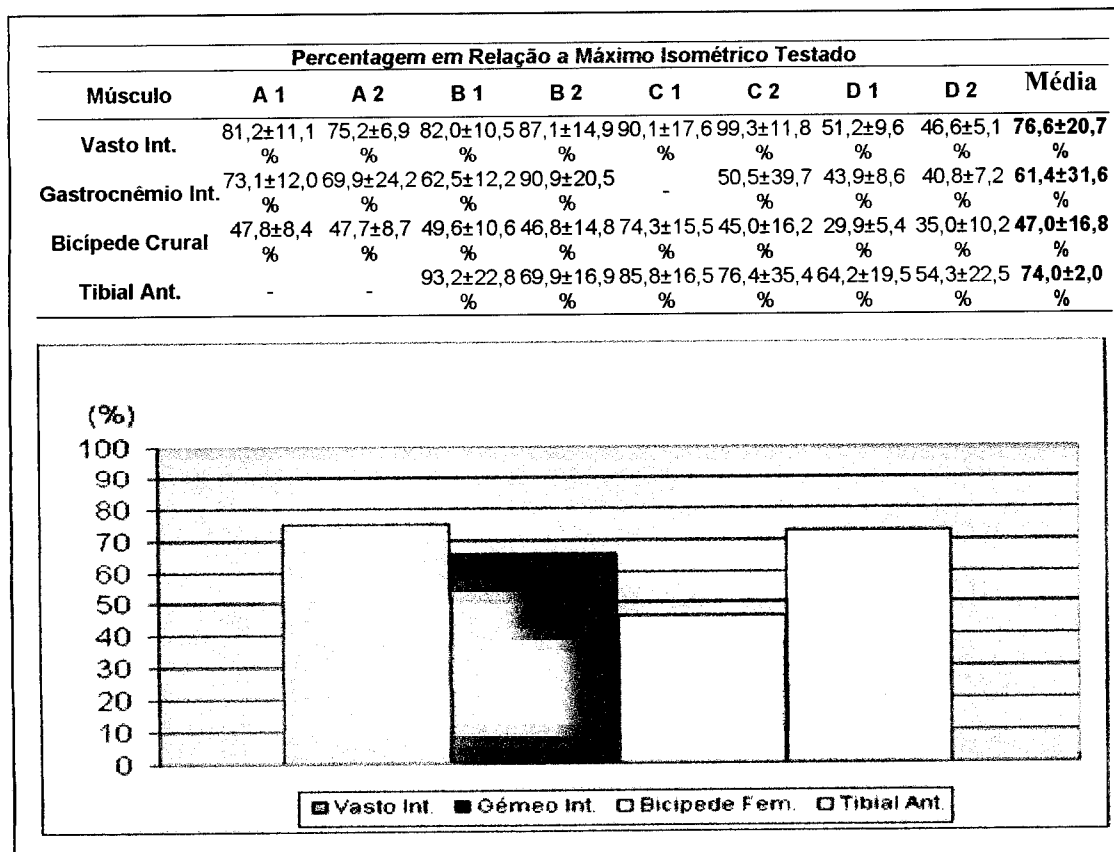


Figura 41: Percentagem de actividade de cada músculo em todas as séries.

5.6. Sequência de Activação Muscular em cada *Take-Off*

De seguida mostramos a ordem pela qual os músculos monitorizados entram em actividade, em função de cada *Take-Off*. A análise foi feita em cada *Take-Off* e em cada Série e por ginasta.

Na Série 1 do ginasta A pode identificar-se, através da figura 42, uma sequência padronizada de activação muscular. Em 93,3 % dos *Take-Offs* o Bicípede Crural foi o primeiro a activar visivelmente o seu sinal electromiográfico. O Vasto Interno foi, em 86,7 % dos *Take-Offs*, o segundo músculo a ser activado. Finalmente surge o Gastrocnêmio Interno que, em 86,7 % dos *Take-Offs* foi o terceiro músculo a ser activado.

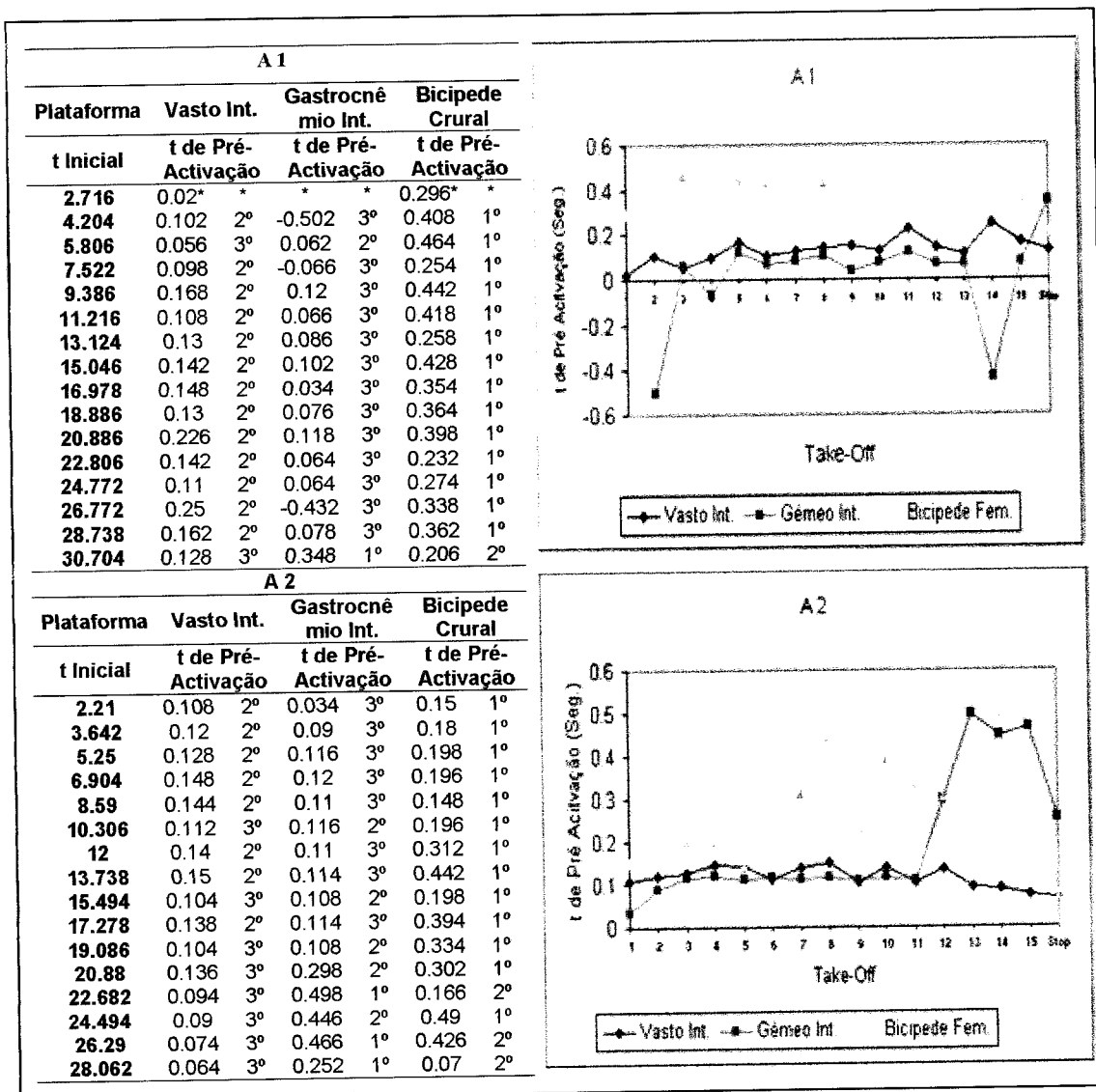


Figura 42: Sequência de ativação muscular nas duas séries do ginasta A.

Na segunda série a sequência de ativação não é tão padronizada, principalmente a partir do meio da série. Isto poderá ser justificado com a participação destes músculos em processos de equilíbrio dado que a segunda série é tecnicamente mais exigente. Mesmo assim sendo, o Bicépide Crural voltou a ser o primeiro músculo a activar-se na maioria dos *Take-Offs* com 81,25% dos mesmos. Quanto ao Vasto Interno e ao Gastrocnêmio Interno repartem percentualmente o número de segundos e terceiros lugares na sequência de ativação. Temos que contar no entanto com a ausência do

registro do músculo Tibial Anterior por este não se encontrar em condições de ser analisado (Figura 42).

Na primeira série do ginasta B a sequência de activação muscular, em 75% dos *Take-Offs*, apresenta-se com o Tibial Anterior em primeiro, o Bicípede Crural em segundo, o Gastrocnêmio Interno em terceiro e o Vasto Interno em quarto. Para além disto o Tibial Anterior é o primeiro músculo na sequência em 93,75% dos *Take-Offs* e o Bicípede Crural é o segundo também em 93,75% das vezes. O Gastrocnêmio Interno e o Vasto Interno em 75% dos *Take-Offs* encontra-se em terceiro e quarto lugar respectivamente. Como aconteceu em relação ao ginasta A, na segunda série do ginasta B não se verifica uma sequência de activação tão padronizada como na primeira. No entanto o Tibial Anterior e o Bicípede Crural continuam a enquadrar-se em primeiro e segundo respectivamente, e ambos em 87,5% dos *Take-Offs*. Quanto ao Gastrocnêmio Interno e ao Vasto Interno, embora em 62,5% das vezes, ocupam o terceiro e quarto lugar respectivamente, na sequência de activação muscular (Figura 43).

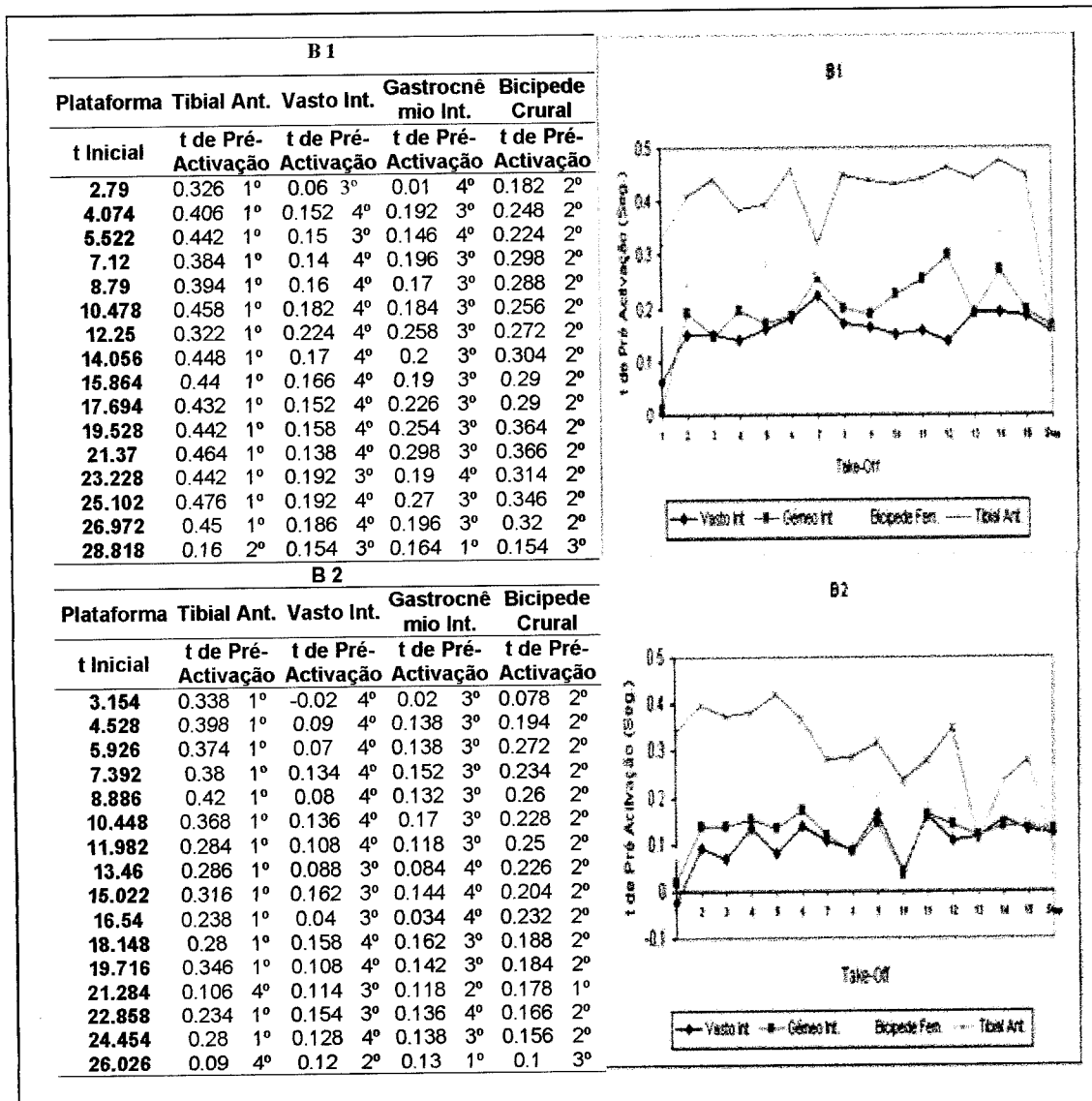


Figura 43: Sequência de activação muscular nas duas séries do ginasta B.

No ginasta C, no que respeita à sua primeira série, observou-se que em 87% dos *Take-Offs* a activação obedecia à sequência temporal Tibial Anterior, Bicépide Crural e Vasto Interno. Nesta série o registo do músculo Gastrocnêmio Interno teve que ser rejeitado. Na série tipo 2 verificou-se que os músculos Tibial Anterior e Gastrocnêmio Interno, em 100% dos *Take-Offs*, se posicionaram em primeiro e quarto na sequência de activação. O Bicépide Crural e o Vasto Interno preenchem a segunda e a terceira posição, respectivamente em 75 e 68,75% das vezes (Figura 44).

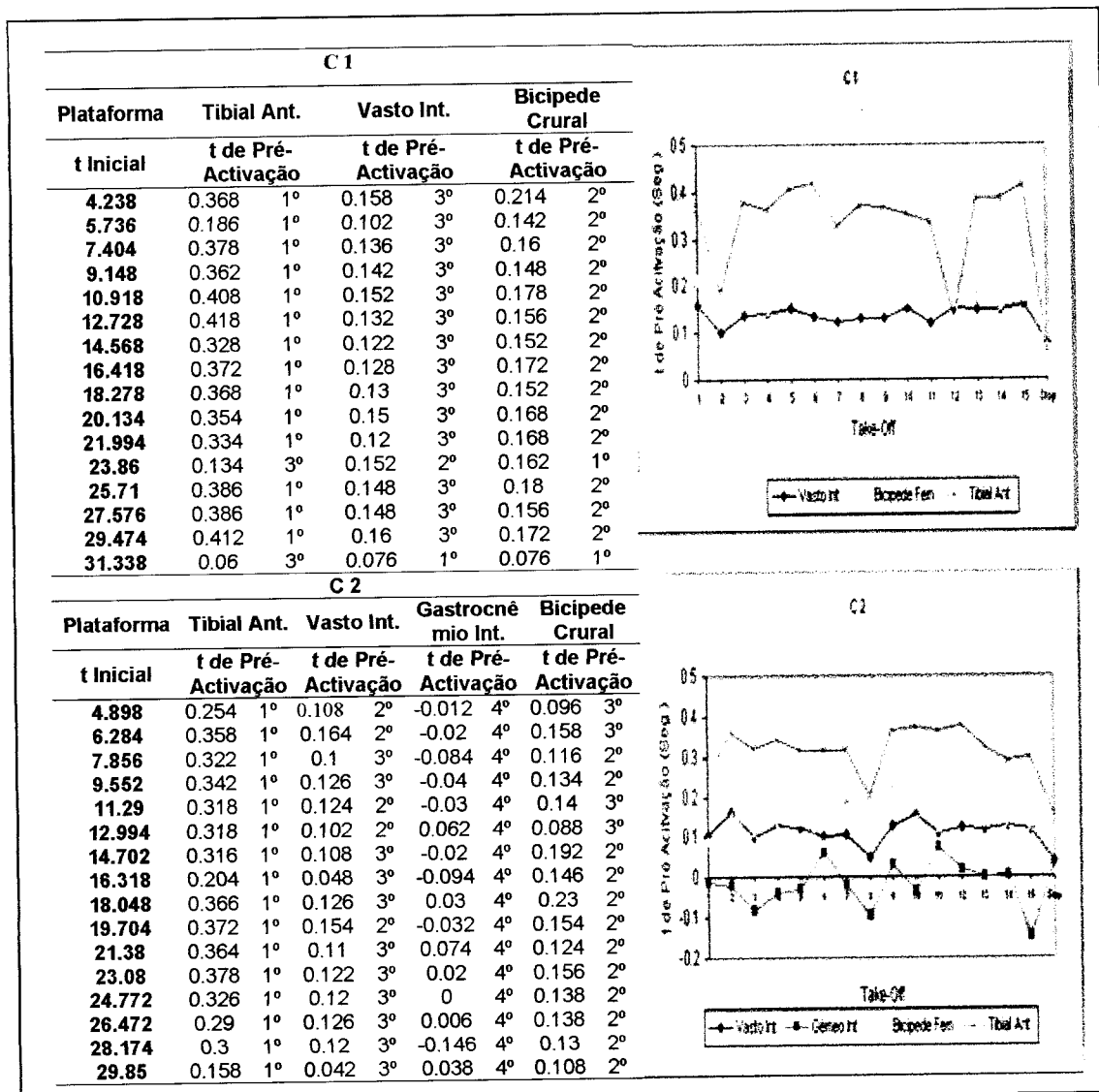


Figura 44: Sequência de ativação muscular nas duas séries do ginasta C.

Em ambos os tipos de série, o ginasta D apresenta por onze vezes a sequência de ativação Tibial Anterior, Bicípede Crural, Gastrocnêmio Interno e Vasto Interno, o que representa 68,75%. Relativamente à primeira série, os músculos Tibial Anterior, Bicípede Crural, Gastrocnêmio Interno e Vasto Interno encontram-se em 81,25% dos *Take-Offs* em primeiro, segundo, terceiro e quarto lugar respectivamente. O músculo Tibial Anterior, na série tipo 2, agrupou-se em primeiro em 93,75% dos *Take-Offs*. O Bicípede Crural, em 75% das vezes, posicionou-se em 2º. O Gastrocnêmio Interno e o Vasto Interno, em 81,25 e 87,5 dos *Take-Offs*, encaixaram-se na sequência de ativação em 3º e 4º, respectivamente (Figura 45).

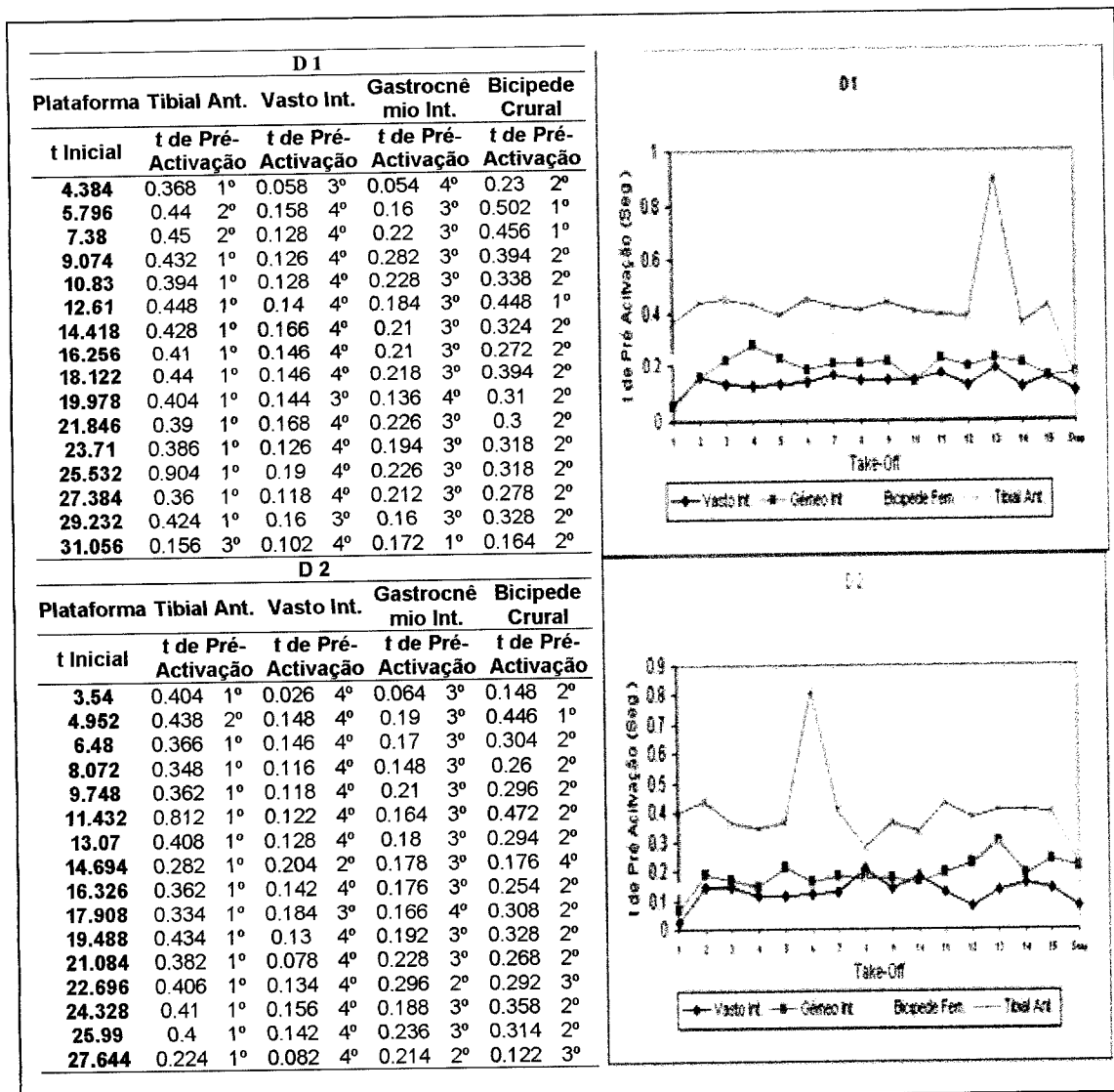


Figura 45: Sequência de activação muscular nas duas séries do ginasta D.

Em todas as séries observadas, exceptuando as do ginasta A, porque o seu registo foi rejeitado, o músculo Tibial Anterior posiciona-se claramente em primeiro lugar no que respeita à sequência de activação muscular destes quatro músculos analisados. O mesmo acontece em relação ao Bicípede Crural, enquadrando-se este na posição dois. Através da amostra observada não se consegue tirar conclusões definitivas quanto ao encaixe na sequência dos músculos Vasto Interno e Gastrocnêmio Interno. Isto sucede porque, por exemplo, nas séries dos ginastas B e D o Gastrocnêmio Interno e o Vasto Interno ocupam de uma forma significativa o terceiro e o quarto lugar nesta cadeia sequencial, enquanto que no ginasta C esta ordem se inverte.

Relativamente às séries do ginasta A, apesar de na série tipo 2 a ordem de posicionamento destes dois músculos ser claramente Vasto Interno em segundo e Gastrocnêmio Interno em Terceiro, na primeira série estes músculos dividem os “louros” da terceira posição.

Existe uma ordem ou sequência de activação muscular que se pode estabelecer com clareza, relacionada com os antagonistas e agonistas do movimento. Quase sem excepção, existe uma activação muscular dos antagonistas (Tibial Anterior e Bicípede Crural) anterior à dos antagonistas (Vasto Interno e Gastrocnêmio Interno).

No conjunto de todos os *Take-Offs* o Vasto Interno e o Gastrocnêmio Interno demonstram tempos de pré-activação muito próximos, como se verifica nos resultados apresentados na figura 46. Pode também observar-se distintamente o facto de primeiro se activarem os músculos antagonistas do movimento.

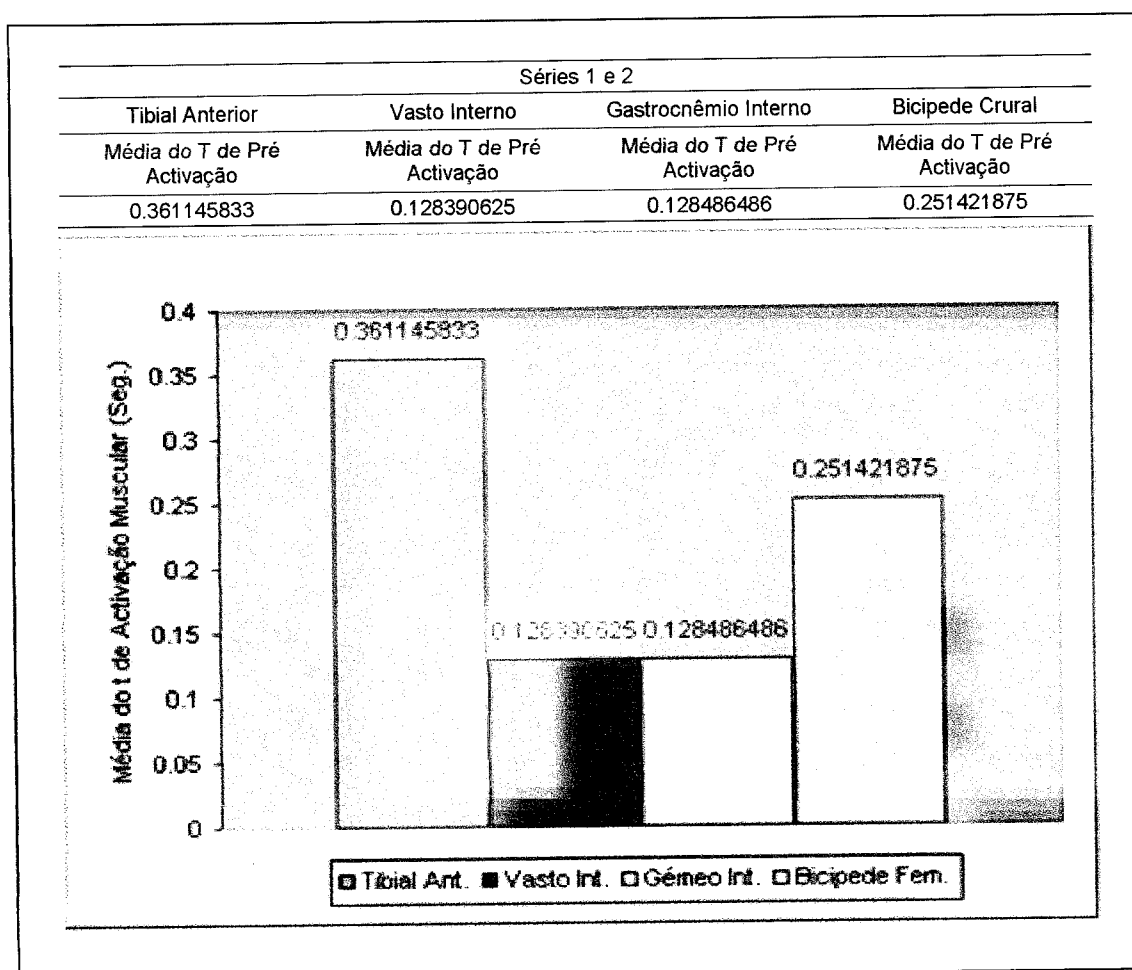


Figura 46: Média do tempo de pré-activação de cada músculo no conjunto de todos os *Take-Offs*.

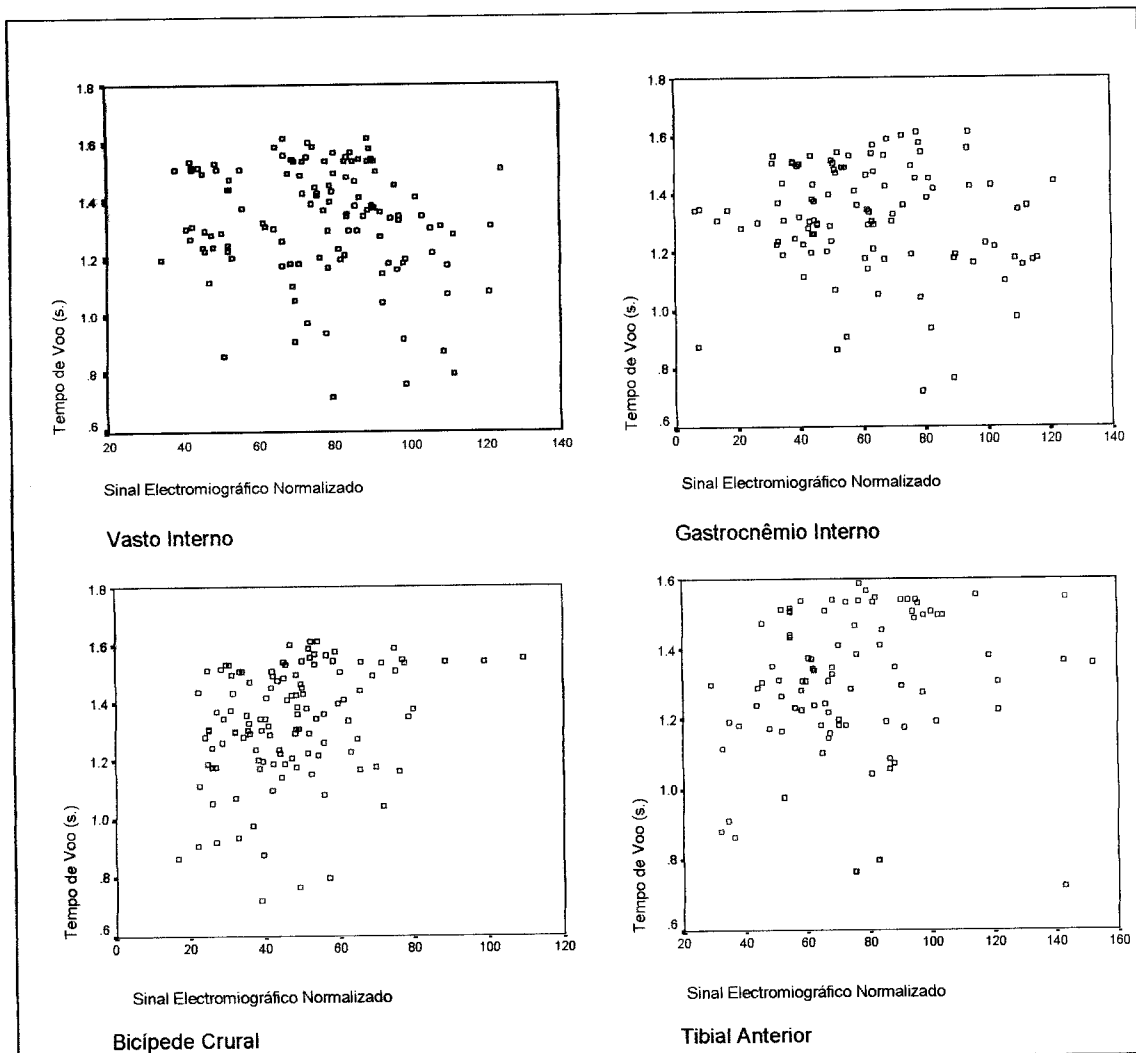


Figura 48: Gráfico da correlação entre o Tempo de Voo e a percentagem de força exercida pelos músculos nos *Take-Offs*.

6. Discussão

6.1. Tempo de Voo

Há uma diferença notória entre o ginasta A e o ginasta B no que respeita à diferença entre o Tempo de Voo entre os dois tipos de série, sendo este facto causado possivelmente por um melhor controlo da técnica da série 2, por parte do ginasta A.

A explicação do facto de, nos ginastas C e D, até ao 4º *Take-Off*, os valores mais altos se registarem na série 2, pode estar na realização do 1º *Take-Off* com o movimento de antepulsão dos membros superiores, indispensável por questões de equilíbrio, que provoca uma transferência de momentos característica, com elevação do centro de massa do ginasta. Esta influência poderá manter-se até mais tarde servindo de justificação para o aparecimento do 4º *Take-Off* como o mais eficaz da série 2, provocando um maior Tempo de Voo com 1,384 s..

Como pudemos ver, na série tipo 1, ao comparar os Tempos de Voo provocados por cada *Take-Off*, os 3 mais eficazes situaram-se invariavelmente entre o 9º e o 15º. Isto poderá significar que estes ginastas deverão precisar de efectuar pelo menos 9 saltos preparatórios (Saltos de Vela) antes de iniciarem uma série, já que, como é sabido, a altura é uma componente essencial para, numa fase em que a técnica não constitui um problema, atingir os objectivos máximos no que respeita à execução e à dificuldade.

Nas séries 2, a evolução da curva, relativa aos *Take-Offs* mais eficazes, é menos notória. Isto talvez possa ser explicado pela mudança de técnica dos membros superiores imposta para esta série. Sem a ajuda da antepulsão dos mesmos, os ginastas, regra geral, atingem a altura máxima mais cedo, sendo esta, em média, inferior à da série 1. A não realização do movimento de antepulsão dos membros superiores, para além de ter uma acção importante

no que respeita à magnitude da força, possui também um papel estabilizador, podendo esta técnica de membros superiores provocar mais desequilíbrios.

Nas séries observadas, constituídas apenas por "saltos de vela", esperava-se que os ginastas executassem trajectórias o mais próximas possível da verticalidade. Com o nível de treino da nossa amostra, era de prever que isto não representasse uma dificuldade. No entanto, temos que partir do princípio de que podem ter acontecido alguns desvios dessa mesma direcção vertical, causados por pequenos desequilíbrios, dado que os ginastas executaram as séries com a sua máxima intensidade. Sendo assim, podemos dizer que a não continuidade do aumento dos Tempos de Voo, observados ao longo das séries, poderá provir da inibição da produção da sua força máxima num determinado *Take-Off*, causada por um desequilíbrio, e não de qualquer intervenção do factor fadiga, embora conheçamos a influência desta na coordenação e consequentemente na técnica.

O razão do melhor resultado das séries executadas com antepulsão dos membros superiores, no que respeita ao ganho de altura nos saltos de vela, poderá residir no facto de este movimento ajudar na deslocação do centro de massa para cima, na fase ascendente do *Take-Off*, consequência de uma transferência de momentos.

Na nossa opinião, o Tempo de Voo é um bom indicador para a eficácia do *Take-Off*, dado que, quanto mais tempo o ginasta estiver no ar, mais tempo terá para executar os movimentos aéreos. Pena é que todos os anteriores estudos, por nós encontrados, tenham analisado a altura que o ginasta atinge, não sendo esta directamente relacionável com o Tempo de Voo. Isto porque ginastas com massas diferentes têm tempos de permanência no ar diferentes. Sendo assim, nesta parte da discussão dos resultados não conseguimos apoio na literatura. No entanto pensamos que o tempo de permanência no ar é um indicador mais fiável do que a altura atingida, exactamente pelas razões

expostas anteriormente. Nunca descurando, como é evidente, a trajectória de voo, que nós não tivemos oportunidade de analisar.

6.2. Tempo de Apoio

Analisando os dados relativos ao Tempo de Apoio, podemos afirmar que o movimento de *Take-Off* no Trampolim depende ainda do mecanismo do Ciclo Estiramento Encurtamento. Isto porque, segundo Komi (1984), verifica-se esse mecanismo nos movimentos que envolvem uma sequência de contracções excêntricas seguidas de concêntricas, com um Tempo de Apoio inferior a 2 s.. Wilson et al. (1990), citados por Manso (1996), afirmam que a percentagem de energia acumulada durante a fase excêntrica se dissipa tanto mais quanto mais elevada for a sua duração. Ando e Yamamoto (1987) consideram que, para aproveitar a potência elástica do aparelho, o ginasta só deverá impulsionar-se depois de aplicar o seu peso sobre o Trampolim. Isto quer dizer que só deverá iniciar a fase concêntrica do movimento, depois de provocar a maior deformação da tela que a sua massa permite. França (2000) afirma que, no sentido de evitar dissipação de energia, o ginasta deve, no primeiro momento de contacto com a tela, conduzir os diversos segmentos corporais dos membros inferiores para uma extensão total, flectindo-os gradualmente enquanto acompanha a deformação da tela, apenas iniciando a extensão dos membros inferiores a partir do início da reacção ascensional da superfície elástica do trampolim. Glitsch e Henrichs (1992) referem que uma superfície elástica ideal tem um período constante de oscilação (apesar de não podermos afirmar que o trampolim *Eurotramp* possui as características de uma superfície elástica ideal).

Pelos registos da plataforma de força (Figura 49), podemos considerar que a máxima deformação da superfície acontece sempre mais ou menos a meio do tempo total de duração do apoio, sendo que a média dos tempos de apoio foi de $0,38 \pm 0,056$ s., nunca tendo os valores subido para além de 0,63 s., ou descido abaixo de 0,28 s.. Atendendo a isto e às afirmações dos autores acima

citados, observando o quadro 2 apresentado no capítulo *Revisão da Literatura*, que faz equivaler o tempo da fase excêntrica à energia dissipada, deduzimos que no Trampolim a dissipação de energia será em média de 25%.

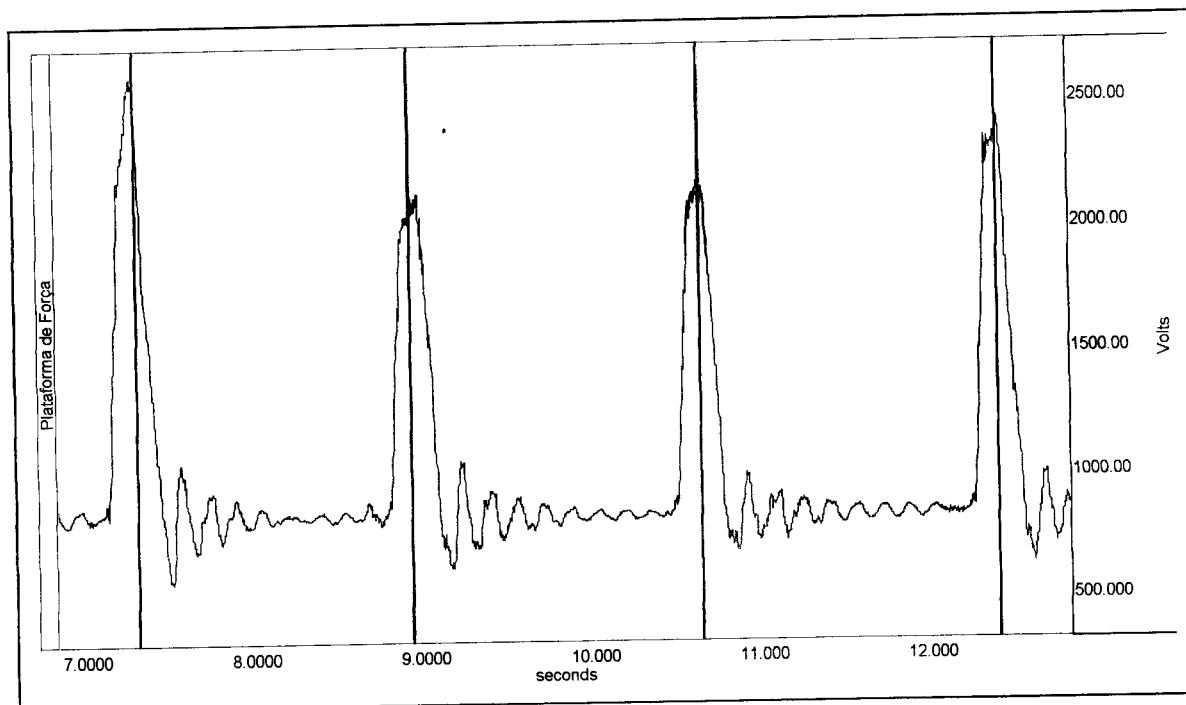


Figura 49: registo de quatro *Take-Offs* da plataforma de força, com os respectivos pontos de deformação máxima da tela.

O valor mínimo encontrado para o Tempo de Apoio num *Take-Off* é substancialmente superior aos de outros movimentos semelhantes, efectuados em superfícies de maior rigidez e descritos na literatura, como os *squat jumps* ou os *drop jumps*. Mesmo assim, e pelo que expusemos anteriormente, penso podermos afirmar, com alguma segurança, que os nossos dados apontam para que a actividade muscular do trem inferior no *Take-Off* no Trampolim se enquadra nos limites temporais do Ciclo de Estiramento Encurtamento.

6.3. Correlação entre Tempo de Apoio e Tempo de Voo

Em todos os ginastas o primeiro *Take-Off* foi o que gerou maior Tempo de Apoio. Na nossa opinião, isto deve-se ao facto de no primeiro *Take-Off* os ginastas poderem aproveitar unicamente a massa do seu corpo para deformar a tela. Desta forma são obrigados a efectuar uma flexão muito mais acentuada

dos membros inferiores. A média dos Tempos de Apoio foi sempre superior nas séries tipo 2, com excepção do ginasta A.

Verifica-se então uma forte correlação negativa entre o Tempo de Apoio dos *Take-Offs* e o Tempo de Voo por eles provocado, ou seja, sendo menor o Tempo de Apoio do *Take-Off* maior será o Tempo de Voo por ele provocado e vice-versa. Os resultados obtidos por Ivanova e Makarov (1996) apontam para o mesmo facto, pois o quadro 3 mostra que quanto menor for o Tempo de Apoio do ginasta maior é a energia cinética do corpo a partir da posição de máxima deformação da tela. Ao mesmo tempo, nós sabemos que o aumento desta energia após a máxima deformação da superfície elástica origina um maior Tempo de Voo. Isto demonstra algumas semelhanças entre os *Take-Offs* no Trampolim e os *Take-Offs* em superfícies duras. Em relação às últimas, como se pode verificar na literatura, quanto maior é a quantidade de força por unidade de tempo maior será o Tempo de Voo do salto. No entanto, como no Trampolim se deve esperar até que a nossa massa deforme até ao máximo a tela, de forma a obter a maior potência elástica que a estrutura nos pode dar, poderia esperar-se uma menor correlação entre o Tempo de Apoio e o Tempo de Voo. O que poderá acontecer é que, depois da fase descendente no *Take-Off* no trampolim, quanto mais rápida for a fase ascendente do mesmo, maior será o Tempo de Voo e consequentemente a eficácia do *Take-Off*.

A melhoria da fase excêntrica do movimento, através do treino com variação da carga, potencia uma contracção concêntrica mais explosiva (Cervera, 1999). Incluindo-se este movimento nos que beneficiam da acção do Ciclo de Estiramento Encurtamento, adivinha-se concreta a aquisição de dividendos do treino pliométrico.

6.4. Tempo de Actividade Eléctrica de cada Músculo

À partida, durante o *Take-Off*, não se observa nenhuma regra em relação ao tempo de actividade de cada músculo analisado. Na nossa opinião isto pode

ser consequência de uma utilização destes músculos em processos de equilíbrio e na adopção de uma postura corporal tecnicamente correcta para a especificidade desta modalidade. Com a prática os ginastas automaticamente contraem os músculos no sentido de se posicionarem correctamente durante a fase aérea, como por exemplo estendendo a ponta dos pés o que provavelmente poderá provocar (dependendo da força que aplicam) um registo electromiográfico, considerável por parte dos músculos Gastrocnêmios, tendo já o ginasta perdido o contacto com a superfície elástica.

6.5. Normalização do Sinal Electromiográfico em Relação ao Teste Máximo Isométrico Executado

Apesar de na figura 41 aparecerem valores de 75.174339%, 72.964689%, 60.839602% e 46.088823%, que dizem respeito à normalização dos registos electromiográficos dos *Take-Offs*, em relação ao máximo testado para os músculos Vasto Interno, Tibial Anterior, Gastrocnêmio Interno e Bíceps Crural, respectivamente, não podemos considerá-los como regra para o grau de utilização dos mesmos nos *Take-Offs* no Trampolim. Este facto deve-se a que, tratando estes dados estatisticamente, através de uma análise da variância, juntamente com múltiplas comparações à posteriori, concluímos haver diferenças estatisticamente significativas para $\alpha=0,5$ entre os *Take-Offs* e entre as séries, mesmo quando as isolámos por tipo, e entre os quatro ginastas da amostra. Para além disto, também encontramos diferenças estatisticamente significativas quando analisámos a relação Músculo / Tipo de Série e Músculo / Ginasta. O que acontece é que a percentagem de actividade eléctrica de um músculo, em relação a do teste de força máxima isométrica efectuado, varia, dentro da mesma série, de valores superiores a 100 % para valores médios ou submaximais, como podemos observar nas figuras 37 a 40.

6.6. Sequência de Activação Muscular em cada *Take-Off*

Os resultados vão mais ou menos de encontro ao estudo realizado por Ivanova e Makarov (1996), que definiram uma sequência de activação destes quatro músculos – Tibial Anterior, Bicípede Crural, Gastrocnêmios e Quadríceps – durante o *Take-Off*. A sequência pela qual os músculos entravam em actividade: 1º - Tibial anterior ($0,256 \pm 16$ s.), 2º - Bicípede Crural ($0,094 \pm 7$ s.), 3º - Gastrocnêmios ($0,084 \pm 4$ s.), 4º - Quadríceps ($0,062 \pm 5$ s.).

A sequência de activação muscular, por nós encontrada, foi a mesma (Figura 46). Todos os nossos músculos têm valores de activação superiores aos valores de Ivanova e Makarov (1996), ou seja, os músculos dos ginastas da nossa amostra entraram em actividade mais cedo. A razão para isto pode residir no facto de, apesar de ambas as amostras serem constituídas por ginastas internacionais, os ginastas da nossa selecção serem mais “ansiosos” no contacto com a tela durante o *Take-Off*, constituindo-se isto como um *handicap* técnico.

Já França (2000) encontra outra ordem de activação para os mesmos músculos: 1º Tibial Anterior (0,542 s.), 2º Gastrocnémio Interno (0,22 s.), 3º Vasto Interno (0,120 s.) e 4º Bicípede Crural (0,052 s.). Estes resultados revelam uma pré-activação muscular ainda maior que os nossos, o que vai de encontro ao que referimos acima, pois o ginasta da amostra do estudo de França (2000) é de nível inferior.

No entanto, julgamos existir alguma coerência nos nossos resultados e nos de Ivanova e Makarov (1996), pois aparecem os músculos antagonistas (Tibial Anterior e Bicípede Crural) a activarem-se primeiro, e os agonistas (Vasto Interno e Gastrocnémio Interno) depois. Pensamos ser mais lógica esta situação porque os músculos antagonistas são responsáveis pela preparação da fase excêntrica dos agonistas ou do movimento. Queremos nós dizer que, na prática, para preparar a chegada à tela, as articulações do joelho e do tornozelo flectem-se, acentuando essa flexão durante a fase descendente do *Take-Off*, o que fará baixar o seu centro de massa e consequentemente ajudar na deformação da tela, preparando assim a fase concêntrica dos agonistas

para a fase ascendente do *Take-Off*. França (2000) afirma que, para evitar qualquer dissipação de energia, o ginasta deve atingir a tela com os membros inferiores em total extensão. Os resultados de França (2000), de Ivanova e Makarov (1996) e os nossos apontam para que na prática isto não aconteça desta forma. Na nossa opinião, se o ginasta estiver, no que respeita à força, especificamente preparado, poderá evitar uma maior dissipação de energia, mesmo com uma ligeira flexão dos membros inferiores.

6.7. Relação Sinal Electromiográfico Normalizado / Tempo de Voo

Com outros resultados, ou seja, com valores de correlação positivos e significativamente elevados, poderíamos estabelecer uma ordem de importância quanto à intervenção de cada um nos *Take-Offs*, o que não aconteceu no nosso estudo.

Ao observar a variação dos valores da actividade eléctrica normalizada dos músculos, nos *Take-Offs*, adivinhava-se esta fraca correlação, principalmente pelo facto de a variação do Tempo de Voo não ser de maneira nenhuma tão notória. Isto poderá apontar para que os músculos analisados tenham uma grande intervenção no equilíbrio. Provavelmente, se o ginasta fizer sempre um esforço para produzir a máxima força nos músculos durante o *Take-Off* (o que provavelmente resultaria num sinal electromiográfico mais amplo), perderá um pouco o controlo do equilíbrio. A explicação poderá residir no facto de, na aplicação de esforços máximos, a coordenação poder ser afectada.

7. Conclusões

Confirma-se a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os dois tipos de série, no que respeita ao Tempo de Voo, não se verificando quando comparadas séries do mesmo tipo. Isto significa que há de facto uma influência positiva, na eficácia do *Take-Off*, do movimento de antepulsão dos membros superiores, tanto mais que todas as séries tipo 1 obtiveram valores médios de Tempo de Voo superiores às tipo 2. Para um ginasta ganhar altura para o início das séries, a utilização do movimento de antepulsão dos membros superiores, é de facto imprescindível. Apesar disto, o treino específico dos saltos de vela, característicos das séries tipo 2, é de vital importância, pois esta técnica de membros superiores é utilizada para todos os elementos acrobáticos com rotações, sobre o eixo transversal, superiores ou iguais a 360°. Sendo que, a partir de um determinado nível, as séries de competição dos ginastas são constituídas, na sua totalidade, por este tipo de saltos. Tecnicamente é mais fácil, em fases de iniciação, utilizar o movimento de antepulsão dos membros superiores para a realização dos movimentos técnicos com rotações, sobre o eixo transversal, superiores 270°. No entanto, como estes elementos apenas fazem parte do treino numa fase inicial da evolução do ginasta, e se constituem como uma aprendizagem para elementos técnicos mais complexos, em termos de treino, e pensando na evolução futura do ginasta, talvez seja mais benéfico conduzi-lo à utilização da técnica de membros superiores das séries tipo 2, mesmo nos elementos técnicos sem rotações transversais superiores a 270°.

O *Take-Off* no Trampolim, apesar de possuir um Tempo de Apoio superior aos *Take-Offs* realizados em superfícies mais rígidas, está dependente do mecanismo do Ciclo Estiramento Encurtamento. A acrescentar, mantém-se a relação Tempo de Apoio / Tempo de Voo, característica dos saltos em superfícies rígidas. A dissipação de energia durante a fase excêntrica do *Take-Off* é, em média, de 25%. É assim importante o treino pliométrico nesta modalidade. Em termos temporais não existe uma relação directa entre a

duração do *Take-Off* e o tempo de actividade muscular, provavelmente devido à manutenção das posturas corporais, exigidas pela modalidade, nos movimentos aéreos e manutenção do equilíbrio.

Penso podermos afirmar com relativa segurança que, no *Take-Off* no trampolim, os músculos antagonistas estudados precedem os agonistas, na sequência de activação.

Existem *Take-Offs* em que os músculos atingem, e até superam, os valores obtidos nos testes máximos isométricos, por nós efectuados. No entanto, essa exigência não é de maneira nenhuma constante, dada a variação dos valores ao longo de cada uma das séries. Se pudéssemos partir do princípio que existe alguma relação entre o sinal electromiográfico e a magnitude da força, o treino da força máxima poderia ser considerado importante, pois apesar de nem sempre os ginastas, durante as séries, apresentarem valores de muito elevados de actividade eléctrica muscular, apresentam por vezes valores normalizados acima de 100%. No entanto, mesmo o treino de força máxima deverá direccionar-se para a especificidade do trampolim, efectuando com a máxima velocidade possível a fase concêntrica.

De facto não se verificou uma relação directa entre a percentagem de sinal electromiográfico normalizado registado nos músculos analisados individualmente e a eficácia do *Take-Off* determinada pelo Tempo de Voo. Isto sugere que a acção muscular se divide entre as suas funções impulsora e equilibradora. Não encontramos também qualquer relação entre o tipo de série e a magnitude do sinal electromiográfico normalizado registado em cada músculo.

Este estudo permitiu-nos chegar a estas conclusões, na nossa opinião, importantes, não deixando de nos alertar para o facto de que, com outro tipo de metodologia associada e com uma análise mais meticulosa, intensiva e extensiva dos nossos dados, obteríamos mais e melhores resultados. Podemos

referir a análise cinemática no sentido do encontro das angulações dos membros inferiores, específicas desta modalidade. Com a ajuda de palmilhas, teríamos oportunidade de conhecer a variação da pressão ao longo do *Take-Off*, elucidando-nos também acerca da magnitude absoluta das forças envolvidas. Ainda que com a mesma tecnologia, como por exemplo a plataforma de força, mas com a utilização de mais três das mesmas, divididas pelos restantes apoios do trampolim, ser-nos-ia bem mais fácil calcular os valores absolutos das forças externas, ao longo do *Take-Off*.

O nosso estudo permitiu-nos entretanto obter algumas indicações no que respeita ao trabalho de força específica dos membros inferiores. Com a confirmação da influência do Ciclo Estiramento Encurtamento neste movimento, justificamos a existência do treino pliométrico na preparação dos ginastas, permitindo, para além disso, uma maior aproximação, no que respeita ao Tempo de Apoio no trampolim.

8. Bibliografia

- Adrian, M. J. e Cooper, J., M. (1989). The Biomechanics of Human Movemet. Benchman Press Inc. Indianápolis, Indiana.
- Amadio, A. C. (1996). Fundamentos Biomecânicos para a Análise do Movimento Humano. Laboratório de Biomecânica, EEFUSP. São Paulo.
- Ando, T. e Yamamoto, H. (1987). Biomechanical Analysis of Trampoline Exercise In: Tsarouchas, L. (ed.), Proceedings of the V International Symposium on Biomechanics in Sports ISBS '87, pp. 325 – 331. Athens.
- Bartlett, R. (1997). Introduction to Sports Biomechanics. E & FN SPON. London.
- Basmajian, J. V. e De Luca, C. J. (1985). Muscles Alive, Their Functions Revealed by Electromyophragy. Williams & Wilkins, Baltimore.
- Bawmann, W. (1992). Perspectives in Methodology in Biomechanics of Sport In: R. Renato (ed.), Proceedings of the X International Symposium on Biomechanics in Sports ISBS '92, pp. 97 – 104. Milan.
- Castelo, J.; Barreto, H.; Alves, F.; Santos, P.; Carvalho, J. e Vieira, J. (1996). Metodologia do Treino Desportivo. Edições FMH. Lisboa.
- Cervera, V. O. (1999). Entrenamiento de Fuerza y Explosividad para la Actividad Física y el Deporte de Competición. Inde Pulicaciones. Zaragoza.
- Coyle, E. F.; Feiring, D. C.; Rotkis, T. C.; Cote, R.W.; Roby, F. B.; Lee, W.; e Wilmore, J. H. (1981). Specificity of Power Improvements through Slow and Fast Isokinetic Training. Journal of Applied Physiology, 51: 1437 - 1442.
- Dade, J. C. (1986). Éléments de Biomécanique: Mémento de L'éducateur Sportif. 2^{eme} degré. Secretaria de Estado da Juventude e dos Desportos; Publicações INSEP.
- Dapena, J. (1986). El Uso de la Computadora en la Biomecánica. Stadium, 120: 35 – 40.
- Dick F. W. (1989). Sports Training Principals. A & C Black. London.
- Fleck, S. J. e Kraemer, W. J. (1987). Designing Resistance Training Programs. Human Kinetics. Illinois.

- França, L. (2000). A Estruturação Muscular e a intervenção da Cadeia Cinética Responsável pela Impulsão em Trampolim - o caso da musculatura infra-abdominal. FCDEF – UP, Porto.
- Getteman, L. R.; Ayres, J.J.; Pollock, M. L. & Jackson, A. (1978). The Effect of Circuit Weight Training on Strength, Cardiorespiratory Function and Body Composition of Adult Men. Medicine and Science I Sports, 10: 171 – 176.
- Glitsch, U. e Henrich, B. (1992). Pressure Distribution under the Foot during Take-off in Trampolining In: R. Renato (ed.) Proceedings of the X International Symposium on Biomechanics in Sports ISBS '92, pp 263 – 266. Milan.
- Hartmann, J. e Tunnemann, H. (1995). La Gran Enciclopedia de la Fuerza. Editorial Paidotribo. Barcelona.
- Ivanova, G. e Makarov, N. (1996) Energetic Analysis for Tramp Jump In: J. V. Sloten, G. Lowet, R. Audekercke and G. Perre (eds.), 10th Conference of the European Society of Biomechanics Book of Abstracts, p. 313. Leuven.
- Kanahisa, H. e Miyashita, M. (1983). Specificity of Velocity in Strength Training. European Journal of Applied Physiology, 50: 365 – 371.
- Katch, F. I.; Pechar, G. S.; Pardew, D. e Smith, L. E. (1975). Neuromotor Specificity of Isokinetic Bench Training in Women. Medicine and Science in Sports, 7: 77.
- Komi, P. V. (1984). Physiological and Biomechanical Correlates of Muscle Function: Effects of muscle structure and stretch shortening cycle on force and speed In: L. Terjung (ed.) Exercise and Sport Sciences Reviews, pp. 81-121. The Collomore Press, New York.
- Luttgens, K. e Hamilton, N. (1997). Scientific Bases of Human Motion. Kinesiologia. WCB McGraw-Hill, 315.
- Manso, J. M. G.; Valdivielso, M. N. e Caballero, J. A. R. (1996). Bases Teóricas del Entrenamiento Deportivo. Gymnos Editorial. Madrid.
- Moffroid, M. T. e Whipple, R. H. (1970). Specificity of Speed of Exercise. Physiology Therapy, 50: 1693 – 1699.
- Nigg, B. M. e Herzog, W. (1994). Biomechanics of Musculo-Skeletal System. Jonh Wiley & Sons. Chichester.

- Oteghen, S. L. (1975). Two Speed s of Isokinetic Exercise as Related to the Vertical Jump Performance of Women. Research Quarterly, 46: 78 – 84.
- Pauletto, B. (1991). Strength Training for Coaches. Leisure Press. Champaign, Illinois.
- Raposo, V. (2000). A Carga no Treino Desportivo. Editorial Caminho. Lisboa
- Vaughan, C. L. (1980). A Kinetic Analysis of Basic Trampolin Stunts. Journal of Human Movement Studies, 6: 236 – 251.
- Vieten, M. M. (1999). Inverse Dynamics in Sports Biomechanics In: R. H. Sanders & B. J. Gibson (eds.), Proceedings of the XVII International Symposium on Biomechanics in Sports ISBS '99, pp. 219 – 230. Edith Cowan University, Perth.
- Wathen, D. (1994).Essentials of Strength Training and Conditioning In: T. R. Baechle (eds.), National Strength and Conditioning Association, pp. 416 – 423. Human Kinetics, Nebraska.

ERRATA

- Na página 21, 3º parágrafo, 4ª linha, onde se lê “3000 N, que se traduzem em 700 Kg.” deve ler-se “3000 Hz.”
- Na página 21, 3º parágrafo, 7ª linha, onde se lê “impacto” deve ler-se “contacto do ginasta com a tela”
- Na página 28, 3º parágrafo, 3ª linha, onde se lê “Série 1” deve ler-se “Série 2”
- Na página 28, 3º parágrafo, 4ª linha, onde se lê “Série 2” deve ler-se “Série 1”
- Na página 28, Figura 4, onde se lê “Série 2” deve ler-se “Série 1”
- Na página 28, Figura 4, onde se lê “Série 1” deve ler-se “Série 2”
- Na página 31, 3º parágrafo, 5ª linha, onde se lê “máxima potência muscular” deve ler-se “contração máxima isométrica”