



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



---

Programa de Ciências da Nutrição, Esporte e Metabolismo

---

PATRICIA DOS SANTOS GUIMARÃES

UTILIZAÇÃO DO MODELO DE VELOCIDADE CRÍTICA EM  
ESCALADA ESPORTIVA

USE OF THE CRITICAL VELOCITY MODEL IN ROCK  
CLIMBING

LIMEIRA  
2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS

---

Programa de Ciências da Nutrição, Esporte e Metabolismo

---

PATRICIA DOS SANTOS GUIMARÃES

UTILIZAÇÃO DO MODELO DE VELOCIDADE CRÍTICA EM  
ESCALADA ESPORTIVA

USE OF THE CRITICAL VELOCITY MODEL IN ROCK  
CLIMBING

Dissertação de mestrado apresentada na Faculdade de Ciências Aplicadas – UNICAMP, campus Limeira, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestra em Ciências da Nutrição e do Esporte e Metabolismo, na área de Biodinâmica do Movimento Humano e Esporte.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto

Este exemplar corresponde à versão final da dissertação de mestrado defendida pela aluna patricia dos santos guimarães, orientada pelo prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto.

LIMEIRA  
2017

**Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s):** CNPq, 01P-1897-2016

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas  
Sueli Ferreira Júlio de Oliveira - CRB 8/2380

Guimarães, Patricia dos Santos, 1990-  
G947u Utilização do modelo de velocidade crítica na escalada esportiva / Patricia dos Santos Guimarães. – Limeira, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Claudio Alexandre Gobatto.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Escalada. 2. Velocidade crítica. 3. Capacidade aeróbia. 4. Limiar anaeróbio. I. Gobatto, Claudio Alexandre. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Use of the critical velocity model in rock climbing

**Palavras-chave em inglês:**

Climbing

Critical velocity

Aerobic capacity

Anaerobic threshold

**Área de concentração:** Biodinâmica do Movimento Humano e Esporte

**Titulação:** Mestra em Ciências da Nutrição e do Esporte e Metabolismo

**Banca examinadora:**

Claudio Alexandre Gobatto [Orientador]

Wladimir Rafael Beck

Marcelo Papoti

**Data de defesa:** 28-08-2017

**Programa de Pós-Graduação:** Ciências da Nutrição e do Esporte e Metabolismo

**Autor:** Patricia dos Santos Guimarães

**Título:** Utilização do Modelo de Velocidade Crítica em Escalada Esportiva

**Natureza:** Pesquisa na área de Biodinâmica do Movimento Humano e Esporte

**Instituição:** Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas

**Aprovado em:** Limeira, 28/08/2017.

Presidente: Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto  
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)  
(Orientador)

Prof. Dr. Marcelo Papoti  
Universidade de São Paulo, Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto (USP Ribeirão Preto)

Prof. Dr. Wladimir Rafael Beck  
Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (UFSCAR)

A Ata de Defesa foi devidamente assinada pelos membros da Comissão Examinadora e consta no processo de vida acadêmica do aluno.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico essa dissertação aos meus pais Angela Regina e Célio Vander, e também ao meu irmão César, pelo constante apoio, incentivo e paciência.

Dedico também à toda comunidade escaladora, pela oportunidade de viver esse esporte e pelos amigos que fiz ao longo do caminho.

À todos os envolvidos, meu muito obrigada!

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Angela Regina e Célio Vander, por todo amor, confiança e compreensão durante toda a minha vida e em especial nessa trajetória até aqui.

Ao meu irmão César, por todo carinho e atenção, além da enorme paciência e empatia frente às minhas dificuldades.

Aos professores que me ajudaram a trilhar esse caminho, em especial ao meu orientador Claudio Alexandre Gobatto, e ao meu orientador da graduação Antônio Carlos de Moraes.

Aos meus amigos, aos antigos que permaneceram, aos novos que chegaram durante este processo e àqueles que tive a oportunidade de me aproximar graças à esse trabalho. Em especial Larissa Botelho pela paciência e companheirismo e Arthur Gáspari pelo apoio e ensinamentos.

Ao suporte e ajuda do Felipe Sousa, Ivan Masseli, Sr. Helinho (FEF) e Hugo Rafacho.

E a todos os voluntários que se dedicaram e fizeram este trabalho possível; Arthur Gáspari, Catarina Peres, Felipe Damas, Isabella Simões, Jordi Elvira, Johan Lambert, Jéssica Killesse, Larissa Botelho, Lucas Fernandes, Lucas Savoi, Otavio Berenguel, Paloma Pellegrini, Rafael Piunti, Raphael Gibara, Renato Salgado, Rodrigo Martins, Ramon Bicudo, Sofia Garcia, Sophia Rovere, Taís Magaldi. E também pela colaboração e ajuda na segurança e nas coletas; Angela Regina, César Guimarães, Felipe Damas, Jéssica Lima, Larissa Botelho, Luiz Amaral, Manoel Pereira e Sofia Garcia.

## RESUMO

A escalada esportiva é uma modalidade relativamente recente, teve sua origem no início da década de 1980, com o intuito de treinamento físico e técnico para escaladores de alta montanha. Por ter sido atribuído um caráter esportivo à modalidade, é de interesse da comunidade escaladora conhecer e compreender suas características e fatores determinantes, bem como possuir ferramentas confiáveis que possam avaliar os atletas e auxiliar na predição de treinamento. Dessa forma o foco do presente estudo é identificar se o modelo de Velocidade Crítica é aplicável e se comporta como um bom parâmetro de prescrição de treinamento para escaladores esportivos e verificar se existe uma relação positiva entre as variáveis analisadas e o desempenho dos mesmos. Para tanto, nosso trabalho foi dividido em ensaios, que consistiu inicialmente na aplicação do teste de cargas preditivas para determinação da Velocidade Crítica (VCrit), em seguida o teste clássico, para determinação do Limiar Anaeróbio, de Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL), seguido do teste de Potência Atada e por último Teste e Reteste de Reprodutibilidade. Os resultados mostraram que a partir das 4 distâncias previstas o coeficiente de regressão linear ( $R_2$ ) modelo linear  $D \times T_{lim}$  foi forte ( $\cong 0,98$ ). Os valores de [Lac] foram elevados, em média de todas as distâncias ( $9,35\text{mmol/L} \pm 0,86$ ) chegando a valores máximos de  $10,3\text{mmol/L}$ . A variável de  $\text{SO}_2$  apresentou uma queda no momento pós, em todas as distâncias, em especial nas distâncias mais longas, chegando a valores de 93%. A partir do teste – T pareado, foi possível observar que este modelo não apresenta reprodutibilidade absoluta, uma vez que houve diferença significativa entre o teste e o reteste, tanto para a VCrit como para CTA. Não foi possível a realização de forma adequada do teste de MFEL, até o presente momento. Já o teste de Potência Atada foram encontrados valores médios de força  $190,96 \pm 10,02$  (N), velocidade  $0,86 \pm 0,51$

(m/s) e Potência  $159,79 \pm 98,19$  (W), . Apesar disso a correlação positiva entre Desempenho e  $V_{crit}$  foi mantida em todos os teste, com um  $p = 0,040$  segundo ensaio  $p = 0,036$  no teste do quinto ensaio e  $p = 0,018$  no reteste. De acordo com nossos resultados, podemos concluir que, apesar do teste de  $V_{crit}$  não ter sido reprodutível na escalada, este apresentou uma forte correlação com o desempenho em via, no teste de Velocidade Crítica, bem como no Reste e Reteste para Reprodutibilidade. The results showed that from the 4 predicted distances the linear regression coefficient ( $R^2$ ) linear model  $DxTlim$  was optimal ( $\cong 0.98$ ). The values of [Lac] were elevated, averaging all distances ( $9.35 \text{mmol} / \text{L} \pm 0.86$ ) reaching maximum values of  $10.3 \text{mmol} / \text{L}$ .

**Palavras-chave:** escalada, velocidade crítica, capacidade aeróbia, limiar anaeróbio

## ABSTRACT

Sport climbing is a relatively recent modality, having its origin in the early 1980s, with the purpose of physical and technical training for high mountain climbers. Because it has been given a sporting character to the modality, it is in the interest of the climbing community to know and understand its characteristics and determining factors, as well as to have reliable tools that can evaluate the athletes and help in the prediction of training. So the focus of the present study is to identify whether the Critical Velocity model is applicable and behaves as a good training prescription parameter for sports climbers and to verify if there is a positive relationship between the analyzed variables and their performance. To do so, our work was divided into trials, which initially consisted of the application of the predictive load test for the determination of Critical Velocity (VCrit), followed by the classic test for determination of the Anaerobic Threshold of Stable Maximum Lactate Phase (MFEL) , followed by the Tied Power test and last Reproducibility Test and Retest. The SO<sub>2</sub> variable showed a decrease in the post-momentum, at all distances, especially in the longest distances, marked to values of 93%. From the paired T - test, it was possible to observe that this model does not present absolute reproducibility, since there was a significant difference between the test and the retest, both for VCrit and CTA. It was not possible to perform the appropriate form of the MELT test, up to the present moment. On the other hand, the tied power test showed average strength values of  $190.96 \pm 10.02$  (N), velocity  $0.86 \pm 0.51$  (m / s) and power  $159.79 \pm 98.19$  (W). Despite this, the positive correlation between Performance and Vcrit was maintained in all the tests, with a  $p = 0.040$  second test  $p = 0.036$  in the fifth test and  $p = 0.018$  in the retest. According to our results, we can conclude that, although the Vcrit test was not reproducible in the climb, it presented a strong correlation with the track

performance, the Critical Velocity test, as well as the Reste and Retest for Reproducibility. The results showed that from the 4 predicted distances the linear regression coefficient (R<sup>2</sup>) linear model DxTlim was optimal ( $\cong 0.98$ ). The values of [Lac] were elevated, averaging all distances ( $9.35\text{mmol} / \text{L} \pm 0.86$ ) reaching maximum values of  $10.3\text{mmol} / \text{L}$

**Keywords:** climbing, critical speed, aerobic capacity, anaerobic threshold

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Conquista do Mont Blanc.

**Figura 2.** Múmia de uma criança Inca, que foi oferecida como sacrifício aos deuses –  
Fonte: Museu de Arqueologia de Alta Montanha - MAAM.

**Figura 3.** Conquista do Monte Everest, 1953 – Edmundo Hillary e Tenzing Norgay.  
Fotografia: Associated Press.

**Figura 4.** Exemplo do Modelo Hiperbólico Potência $\times$ Tempo.

**Figura 5.** Exemplo do Modelo Linear Trabalho $\times$ Tempo.

**Figura 6.** Exemplo do Modelo Linear Potência $\times$ 1/Tempo.

**Figura 7.** Desenho experimental esquemático.

**Figura 8.** Valores em média e DP da concentração de lactato (mmol/l) dos momentos pré e pós das cargas de velocidade crítica, distâncias A, B, C e D.

**Figura 9.** Valores em média e DP da saturação de oxigênio (%) nos momentos pré e pós, de cada dia de teste de carga preditiva da velocidade crítica, distâncias A, B, C e D.

**Figura 10.** Valores em média e DP da frequência cardíaca (bpm) nas diferentes distâncias A, B, C e D, do teste de velocidade crítica.

**Figura 11.** Valores, individuais do voluntário I, em média da frequência cardíaca (bpm) nas diferentes intensidades do teste de MFEL.

**Figura 12.** Valores, individuais do voluntário II, em média da frequência cardíaca (bpm) nas diferentes intensidades do teste de MFEL.

**Figura 13.** Valores, individuais do voluntário III, em média da frequência cardíaca (bpm) nas diferentes intensidades do teste de MFEL.

**Figura 14.** Valores, individuais do voluntário IV, em média da frequência cardíaca (bpm) nas diferentes intensidades do teste de MFEL.

**Figura 16.** Desenho esquemático do sistema para determinar potência de escalada atada.

**Figura 17.** Média e DP do tempo (s) do primeiro tiro.

**Figura 18.** Média e DP do tempo (s) do segundo tiro.

**Figura 19.** Exemplo da diferença de posicionamento na agarra final da via.

**Figura 20.** Valores em média e DP da frequência cardíaca (bpm) nas diferentes distâncias do teste de velocidade crítica.

**Figura 21.** Valores em média e DP da concentração de lactato (mmol/l) dos momentos pré e pico pós das cargas de velocidade crítica, distâncias A, B, C e D.

**Figura 22.** Valores em média e DP da concentração de lactato (mmol/l) dos momentos pré e pico pós das cargas de velocidade crítica, distâncias do reteste A, B, C e D.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Conversão de Graduação.

**Tabela 2.** Dados individuais de cada atleta, sobre a Capacidade de Escalada na Escala Brasileira de Dificuldade, nas modalidades Via e Boulder.

**Tabela 3.** Tempo médio gasto para completar cada carga preditiva/distância.

**Tabela 4.** Velocidade Crítica, CTA e  $R^2$  nos modelos “Distância x Tempo” e “Velocidade x 1/Tempo”.

**Tabela 5.** Correlação entre os valores de  $R^2$ , Velocidade Crítica e CTA dos dois modelos lineares, e parâmetros de desempenho na escalada.

**Tabela 6.** Comparação 4 e 3 distâncias – Modelo Linear DxT (sem distância A).

**Tabela 7.** Comparação 4 e 3 distâncias – Modelo Linear DxT (sem distância B).

**Tabela 8.** Comparação 4 e 3 distâncias – Modelo Linear DxT (sem distância C).

**Tabela 9.** Comparação 4 e 3 distâncias – Modelo Linear DxT (sem distância D).

**Tabela 10.** Porcentagens relativas à Velocidade Crítica (m/s)

**Tabela 11.** Tempo de cada subida, das porcentagens relativas à  $V_{Crítica}$ , em segundos.

**Tabela 12.** Média e desvio padrão dos dados relativos ao teste atado.

**Tabela 13.** Dados individuais referentes à Capacidade de Escalada na Escala Brasileira de Dificuldade, em Via e Boulder.

**Tabela 14.** Dados individuais de  $V_{Crít}$ , CTA e  $R^2$  nos teste e reteste no modelo “Distância x Tempo”

**Tabela 15.** Dados individuais de  $V_{crít}$ , CTA e  $R^2$  nos teste e reteste no modelo “Velocidade x 1/Tempo”.

**Tabela 16.** Correlação ( $r$ ) entre os valores de  $R^2$ ,  $V_{Crít}$  e CTA do modelos linear DxT, e parâmetros de desempenho na escalada, no teste e reteste.

**Tabela 17.** Correlação entre os valores de  $R^2$ , VCrit e CTA do modelos linear  $Vx1/T$ , e parâmetros de desempenho na escalada, no teste e reteste.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**BPM** – Batimentos por Minuto

**Br** – Escala Brasileira de Dificuldade

**CBME** - Confederação Brasileira de Montanhismo e Escalada

**COI** - Comitê Olímpico Internacional

**CTA** – Capacidade de Trabalho Anaeróbio

**D** – Distância

**FC** – Frequência Cardíaca

**FCA** – Faculdade de Ciências Aplicadas

**FEF** - Faculdade de Educação Física

**FPM** – Força de Prensão Manual

**Fr** – Escala Francesa de Dificuldade

**GEEU** – Grupo de Escalada Esportiva e Montanhismo Unicamp

**Grad** - Graduação

**IFSC** - International Federation of Sport Climbing

**IRCA** - International Rock Climbing Research Association

**[Lac]** – Concentração de Lactato

**LAFAE** – Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte

**MFEL** – Máxima Fase Estável de Lactato

**NaCl** - Fluoreto de Sódio

**P** – Potência

**R<sup>2</sup>** - Coeficiente de Regressão Linear

**SO<sub>2</sub>** - Saturação de Oxigênio

**TCLE** - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**T<sub>lim</sub>** – Tempo limite

**T** - Trabalho Total Realizado

**UIAA** - União Internacional de Associações de Alpinismo

**UNICAMP** – Universidade Estadual de Campinas

**USA** – Escala Norte Americana de Dificuldade

**V**- Velocidade

**VCrit** – Velocidade Crítica

**VO<sub>2</sub>** – Consumo de Oxigênio

## GLOSSÁRIO

**Abaulado:** Tipo de agarra com formato arredondado.

**Agarras:** Em ambiente natural, são as saliências da rocha, usadas para segurar, realizar a movimentação. Na escalada em ambiente artificial, agarras são as peças individuais, de diversos tipos e tamanhos, confeccionadas com resina. Simulam as agarras encontradas na rocha.

**Ancoragem:** Mecanismo usado para prender o sistema de segurança, o escalador ou a corda para o rapel.

**À vista:** Forma de encadenar uma via ou boulder, sem nunca ter escalado e sem nenhum conhecimento prévio, ou seja sem ver outro escalador ao vivo ou por vídeo realizando aquela rota.

**Beta:** Dica ou informação sobre como se movimentar durante a escalada.

**Cadeirinha:** Equipamento fundamental da segurança do escalador. Envolve a cintura e a parte superior da coxa, por meio da qual o escalador se liga a corda de segurança.

**Cadena:** Completar a via/boulder/rota sem quedas.

**Crash-pad:** Colchões de segurança, posicionados na base do boulder, para amortecer as quedas.

**Crux:** Movimento ou lance mais difícil de uma via.

**Encadenada:** Termo utilizado para a ascensão de uma via, em que não houve queda em toda a sua extensão. Configura-se portanto no cumprimento total dos movimentos em sequência, até o final da via, sem nenhuma falha que ocasione a queda do escalador.

**Flahs:** Forma de encadenar uma via ou boulder, sem nunca ter escalado mas com algum conhecimento prévio, ou seja, tendo visto outro escalador ao vivo ou por vídeo realizando aquela rota.

**Freio:** Equipamento utilizado para bloquear a corda em caso de quedas e para controlar a descida do escalador de uma via.

**Leitura de via:** Observar a via com antecedência para planejar as técnicas e movimentos.

**Magnésio:** Pó de carbonato de magnésio, utilizado para manter as mãos livres de umidade e suor.

**Malhando:** Forma de encadenar uma via ou boulder, depois de mais de uma tentativa. O escalador teve sua primeira tentativa de encadenar a via, quando esta é falha, a próxima vez em que o mesmo entrar na via e conseguir encadena-lá será considerado malhando.

**Mosquetão:** Anel metálico confeccionado em aço de alta resistência, que possui um gatilho, segmento móvel, que se abre para a passagem da corda.

**Reglete:** Tipo de agarra no formato de pequenas saliências, que exige contato com as pontas dos dedos.

**Seg ou Segurança:** Pessoa que realiza a segurança de quem está escalando.

**Sistema baldinho:** Forma mais frequente e simples de descida em sistema “top rope” onde a pessoa responsável pela segurança é quem efetua a descida do escalador.

**Top-rope:** Sistema de segurança em que a corda já se encontra passada pelo topo da via. Nesse sistema, caso o escalador erre um movimento ele não irá sofrer uma queda com chove.

**Travessia:** Tipo de escalada horizontal realizada na parte baixa da parede sem uso de cordas.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	20
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	23
<b>2.1 Escalada Esportiva</b> .....	23
<b>2.1.1 História do Montanhismo</b> .....	23
<b>2.1.2 Características da Escalada Esportiva</b> .....	26
<b>2.1.3 Fisiologia da Escalada Esportiva</b> .....	27
<b>2.2 Velocidade Crítica</b> .....	29
<b>2.3 Máxima Fase Estável de Lactato</b> .....	33
<b>2.4 Escalada Atada</b> .....	34
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	35
<b>4. HIPÓTESE</b> .....	35
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	36
<b>5.1 Objetivos Gerais</b> .....	36
<b>5.2 Objetivos Específicos</b> .....	36
<b>6. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	36
<b>6.1 Aspectos Éticos da Pesquisa</b> .....	38
<b>6.2 Questionário de Caracterização do Treinamento</b> .....	38
<b>6.3 Tratamento Estatístico</b> .....	38
<b>1ª Etapa: Pré teste para determinar as Cargas Preditivas</b> .....	39
<b>2ª Etapa: Ensaio para determinação da Velocidade Crítica (VCrit)</b> .....	42
<b>3ª Etapa: Ensaio para determinação Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL)</b> .....	49
<b>4ª Etapa: Ensaio para Determinação da Potência de Escalada Atada</b> .....	53
<b>5ª Etapa: Ensaio para Reprodutibilidade da Velocidade Crítica</b> .....	57
<b>7. DISCUSSÕES</b> .....	64
<b>8. CONCLUSÃO</b> .....	69
<b>9. BIBLIOGRAFIA</b> .....	69

## 1. INTRODUÇÃO

A escalada esportiva é uma modalidade relativamente recente e pouco difundida no Brasil, que teve sua origem no início da década de 1980, com o intuito de treinamento físico e técnico para escaladores de alta montanha. Esta modalidade consiste na superação de vias ou rotas, de diferentes graus de dificuldade onde o praticante deve alcançar o ponto mais alto apenas com o uso do próprio corpo, podendo ser praticada em ambientes naturais ou artificiais. A escalada esportiva pode ser vista como uma prática complexa acíclica, que exige de seus praticantes capacidades físicas como coordenação, flexibilidade, resistência, equilíbrio e força além de técnica e concentração (SHEEL *et al.*, 2003). A escalada esportiva *indoor* foi desenvolvida na Europa para manter a prática constante da modalidade, não dependendo das condições climáticas e ambientais e é a única modalidade competitiva reconhecida pela União Internacional de Associações de Alpinismo (UIAA), instituição regulamentadora máxima desta atividade esportiva em âmbito mundial (WATTS, 2004).

Podemos dividir a escalada esportiva em três estilos; Escalada Esportiva em Via, Escalada Esportiva em *Boulder* (FANCHINI *et al.*, 2012); e Escalada Esportiva de Velocidade, sendo que a primeira é caracterizada por rotas mais longas, se comparada à segunda e sua segurança é feita através de corda, cadeirinha, freio e mosquetões. Já o *Boulder* é caracterizado por ser realizado em pequenas paredes ou blocos, com alto grau de dificuldade técnica, conferindo maior intensidade e menor duração das rotas. No *Boulder*, a segurança é feita pelo uso de colchões denominados *chash pad* que são posicionados no solo para amortecimento das eventuais quedas.

Ambos os estilos, Via e *Boulder*, possuem sistemas de classificação do nível de dificuldade (gradação), na qual o escalador pode determinar seu nível de habilidade de acordo com a dificuldade da via escalada, “encadenada”<sup>1</sup>. Existem vários sistemas de classificação de gradação, contudo os mais utilizados em estudos científicos são o sistema de Yosemite dos Estados Unidos da América (SHEEL *et al.*, 2003), e o sistema francês (MERMIER *et al.*, 2000). Já no Brasil, para a modalidade de Via, utiliza-se uma escala numérica crescente que varia do 3º ao 12º grau, e as dificuldades intermediárias

---

<sup>1</sup> Encadenar: Termo utilizado para a ascensão de uma via, em que não houve queda em toda a sua extensão. Configura-se portanto no cumprimento total dos movimentos em sequência, até o final da via, sem nenhuma falha que ocasione a queda do escalador.

entre os graus são classificadas de forma crescente por letras “a”, “b” e “c”, sendo que “a” uma dificuldade inferior a “b” que por sua vez é uma dificuldade inferior a “c”. Enquanto para a modalidade de *Boulder* o sistema mais adotado é o HUECO TANKS, também desenvolvido nos Estados Unidos da América. Vale ressaltar que independente do sistema escolhido é possível compreender o nível de dificuldade da rota já que eles possuem pesos equivalentes (BERTUZZI et al., 2004).

As estruturas artificiais para prática de escalada esportiva podem ser instaladas em ginásios, escolas, praças e/ou centros de treinamento e são dotadas de agarras. Essas são superfícies de apoio, normalmente feitas de resina, que buscam imitar os formatos das pedras, com tamanhos e dimensões distintas, o que permite ao praticante desenvolver diferentes formas de empunhadura, popularmente conhecida como “pegadas” (UBEDA PALOMARES, 2004). Devido a essa grande variação de agarras e empunhaduras podemos afirmar que na prática da escalada há uma grande variedade de posturas técnicas, com constante modificação da força de preensão manual (FPM) e do equilíbrio, podendo este ser estático ou dinâmico (GILES, RHODES, TAUNTON, 2006).

Estudiosos vem buscando compreender os fatores relacionados com o desempenho da escalada, sendo que alguns trabalhos apontam a massa e percentual de gordura corporal, a força de preensão manual, o metabolismo aeróbio e anaeróbio alático, a economia de movimento (BERTUZZI, 2011), bem como as variáveis técnicas e táticas (WATTS, 2004; GILES, RHODES, TAUNTON, 2006), como sendo aspectos fundamentais para o bom desempenho na escalada esportiva.

É de suma importância para um treinador, conhecer as peculiaridades da modalidade e também a individualidade de seus atletas, para que assim ele possa prescrever de maneira adequada a intensidade do exercício. Protocolos que testem o limiar anaeróbio são necessários para a avaliação individual do estado fisiológico do atleta e conseqüente adaptação das cargas de treino. Dentre esses protocolos, podemos citar o modelo de Potência Crítica (PCrit), que foi originalmente descrito por Monod e Scherrer em 1965 e pode ser explicado como a maior intensidade de exercício que teoricamente pode ser mantida, através do metabolismo aeróbio, sem que ocorra exaustão.

Tal modelo é baseado na relação hiperbólica entre intensidade e tempo de exaustão, indicando a carga máxima de trabalho que pode ser mantida por um longo período de tempo sem que ocorra a fadiga. Posteriormente em 1992, Wakayoshi adaptou

o modelo de PCrit para a natação, e o denominou como Velocidade Crítica (VCrit), ajustando o modelo hiperbólico para uma forma linear da distância de nado versus o tempo de execução (mínimo possível para a distância determinada), o que passou a ser, posteriormente, aplicado a várias outras modalidades esportivas. Por ser um teste específico, não invasivo, de baixo custo e de fácil execução, onde se pode obter dados relativos à performance aeróbia, especificamente de capacidade aeróbia, o teste de PCrit - VCrit tem sido utilizado por diversos pesquisadores e treinadores em diferentes desenhos de esforço físico.

Estudos como o de Bertuzzi et al. (2007) mostraram que a escalada esportiva em via é um esporte predominantemente aeróbio já mais pra frente, España-Romero et al. (2009) apontaram que o tempo de exaustão pode ser um fator determinante no desempenho desta modalidade, mostrando que em teste contínuo, escaladores de elite apresentavam um tempo até a exaustão quatro vezes maior que os escaladores iniciantes. Além do tempo de exaustão, a economia de movimento também tem sido vista como um fator importante para um bom desempenho na escalada esportiva, como discutido no trabalho de Bertuzzi et al. (2012), onde os autores mostraram, em teste específico, que escaladores de elite são capazes de realizar mais movimentos em um mesmo intervalo de tempo, do que escaladores iniciantes. Somado a isso a Pcrit tem sido vista como um bom parâmetro para avaliar a capacidade aeróbia individual em diferentes modalidades, e tendo em vista o predomínio aeróbio da escalada esportiva é possível acreditar que um limiar anaeróbio mais alto possa ser um determinante nesta modalidade.

Desta forma, tendo em vista os aspectos acima citados, bem como os trabalhos estudados e a vivência na prática da escalada esportiva, este trabalho buscou compreender se o modelo de Velocidade Crítica é um bom parâmetro para avaliar praticantes de Escalada Esportiva.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Escalada Esportiva

#### 2.1.1 História do Montanhismo

Antes de tratar sobre a Escalada Esportiva propriamente dita, cabe apresentar uma contextualização histórica dos momentos que antecederam ao surgimento, ou criação, desse esporte.

A Escalada Esportiva é uma modalidade dentro da prática do Montanhismo, que de acordo com a Confederação Brasileira de Montanhismo e Escalada (CBME), tem por definição o conjunto de atividades com fins desportivos, comerciais, científicos e/ou de lazer, praticadas em ambiente de montanha. Incluem-se as atividades de escalada, entendidas como escalada em rocha e similares; práticas de alta montanha, técnicas verticais, caminhadas (trekking), acampamentos, esportes de aventura entre outros.

Apesar dessa definição conceitual do que é hoje a prática do montanhismo, não se sabe ao certo quando o homem começou a subir as montanhas. Há quem diga que o surgimento do montanhismo foi marcado pela conquista do cume do Mont Blanc, à 4808 metros de altitude, nos Alpes Franceses, conquista essa datada de 1786, por Jacques Balmat e Michel-Gabriel Paccard (Figura 1) (DAFLON, F.; DAFLON, C. *Escale melhor e com mais segurança*. Editora Companhia da Escalada, 2016. 336 p.)

Contudo, relatos históricos mostram que a afinidade humana com a própria natureza, mais especificamente com as montanhas é bem mais antiga. Podemos citar já na Grécia Antiga, em que o famoso Monte Olimpo era tido como a morada dos deuses gregos, em que as subidas ou ascensões tinham finalidades religiosas. Além da Grécia, a civilização Inca, considerava as montanhas como lugares sagrados, também com afinidades religiosas, com a prática de sacrifícios humanos, conhecida como “Capacocha” (Figura 2). < <http://www.museudeimagens.com.br/mumias-de-llullailaco/>> acesso em: 18 de julho de 2017.



Figura 1 – Conquista do Mont Blanc.



Figura 2 – Múmia de uma criança Inca, que foi oferecida como sacrifício aos deuses – Fonte: Museu de Arqueologia de Alta Montanha - MAAM.

Além do intuito religioso a prática do montanhismo historicamente também já foi vista com propósitos científicos e de lazer. Por volta do século XVIII, o ar e a água das montanhas eram bem vistos para a saúde e bem estar, a partir disso passou-se então a existirem hospitais, sanatórios e hotéis em meio às montanhas. Ainda durante esse século a prática do turismo foi alavancada com o surgimento da burguesia, o que de certa forma popularizou a prática do montanhismo. Após a fase do lazer, o domínio das montanhas tomou um cunho competitivo, militar, em que as nações queriam provar seu poder e hegemonia alcançando o cume de montanhas cada vez mais altas e cada vez mais difíceis. Após o término da Segunda Guerra Mundial, o montanhismo ganhou ainda mais foco nacionalista, em que o grande desafio para elevar a autoestima das nações era a conquista do Monte Everest. Em 1953 os ingleses conseguiram alcançar o cume da montanha mais alta do mundo pela primeira vez na história (Figura 3), fato esse que só foi possível com o surgimento de novos materiais e equipamentos, originários da indústria aeroespacial e naval, do pós guerra. (DAFLON, F.; DAFLON, C. *Escale melhor e com mais segurança*. Editora Companhia da Escalada, 2016. 336 p.)

A partir do século XIX o montanhismo começou a ser visto com outros olhos, o avanço das tecnologias permitiram o aperfeiçoamento dos equipamentos e o acúmulo de experiências elevou o nível técnico da ascensão e começou-se a valorizar a dificuldade das rotas. Anteriormente o desafio era chegar ao cume das montanhas mais altas, neste momento os desafios passaram a ser o caminho para se alcançar o cume, fosse de uma

montanha, um monte ou mesmo uma pedra, então agora o estímulo era a dificuldade do trajeto, da rota e da via, quanto mais difícil, mais estimulante e interessante se tornava a escalada.

Foi então nessa época, década de 1980, na Alemanha, que deu-se início ao surgimento do que hoje conhecemos como Escalada Esportiva, que veio como uma forma de permitir que os alpinistas se mantivessem ativos durante todo o ano, independente das intempéries do tempo, além também de ser uma maneira de manter ou melhorar a forma física, devido à dificuldade técnica que a nova prática impunha. Desde então a modalidade vem se desenvolvendo e ganhando um cunho mais esportivo e competitivo, sendo que em 1985 ocorreu o primeiro campeonato mundial em Bardonecchia, na Itália, em ambiente natural. Logo após, no ano de 1986, em Vaulx-en-Velin-Lyon, na França, foi realizado o primeiro campeonato mundial em ambiente artificial. < <http://theuiaa.org/> > acesso em 17 de julho de 2017.



Figura 3 – Conquista do Monte Everest, 1953 – Edmund Hillary e Tenzing Norgay. Fotografia: Associated Press.

A International Climbing and Mountaineering Federation - União Internacional de Associações de Alpinismo - (UIAA) existe desde 1932, mas foi reconhecida pelo Comitê Olímpico Internacional (COI) como a federação internacional que representa montanhismo e escalada apenas em 1995. Em 2007, 57 Federações fundaram a International Federation of Sport Climbing (IFSC), na Alemanha. Desde então, essas duas entidades se empenham em defender os valores do esporte e criar um mundo melhor através de sua prática. Em 2011, o COI decidiu incluir a escalada esportiva

como um possível novo evento para os Jogos Olímpicos de 2020, dando início à uma nova fase para a Escalada Esportiva. Essa escolha do COI beneficiou divulgação e exposição em nível mundial dessa modalidade, trazendo uma grande visibilidade no cenário internacional. Já em 2015 tornou-se oficial a inclusão da Escalada Esportiva, nos Jogos Olímpicos de Tóquio, trazendo novas perspectivas e desafios para o esporte. <<http://www.ifsc-climbing.org/>> acesso em: 18 de julho de 2017.

### **2.1.2 Características da Escalada Esportiva**

Atualmente a Escalada Esportiva, pode ser dividida em três modalidades: Velocidade, Boulder e Dificuldade. A modalidade de Dificuldade é o foco deste trabalho e consiste na superação de vias ou rotas, com o uso apenas do próprio corpo.

Para se considerar que uma via foi encadenada, o escalador deve terminar toda a sua ascensão sem nenhuma queda, sendo que existem três formas de se encadenar uma via: “A vista ou on sight”, “em flahs”, ou “malhando”. A cadena “a vista” é considerada a mais difícil, pois é caracterizada pelo sucesso na primeira tentativa e a única informação que o escalador possui é a própria leitura da via, ou seja, a via é desconhecida e inédita ao escalador. Já a cadena “em flash” é caracterizada pelo sucesso também na primeira tentativa, contudo, nessa circunstância o escalador já conhece a leitura<sup>2</sup> e movimentação da via, por observação de um terceiro, que pode ser por vídeo ou por ver ao vivo outro escalador escalando a via em algum momento antecedente. Já na cadena “malhada” significa que o escalador teve diversas tentativas de realizar sua ascensão completa sem quedas, podendo dessa forma, conhecer os movimentos, tocar as agarras, escolher seus betas<sup>3</sup>, trabalhar a melhor técnica em que se adapta pra realizar a movimentação da via, realizar uma espécie de ensaio para cadena (RIVERA, 2014).

Além das três formas de se encadenar uma via, é interessante relatar que cada via/rota apresenta um certo grau de dificuldade, sendo que o grau pode ser dificultado ou facilitado pelo tipo/formato das agarras, inclinação da parede, distância entre as agarras e a complexidade dos movimentos. Essa variação de dificuldade, e os fatores que a

---

<sup>2</sup> Observar a via com antecedência para planejar as técnicas e movimentos.

<sup>3</sup> Dica ou informação sobre como se movimentar durante a escalada.

compõem, estão presentes tanto na escalada esportiva em ambiente natural, *outdoor*, quanto em ambientes artificiais, *indoor*. Dessa forma a escalada esportiva *indoor* busca reproduzir situações semelhantes com as apresentadas em ambiente natural, para isso são colocadas agarras nas estruturas – confeccionadas em resina - que imitam os formatos e as texturas das rochas, podendo essas serem de formatos tipo pinça, abaulada, reglete, bi-dedo, mono-dedo, entre outras (SEBOLD, 2009). Durante a realização de uma via, o uso dessas diferentes agarras garante grande variação postural, do equilíbrio estático e dinâmico, mudanças de empunhadura e de grande participação de contrações musculares isométricas. Na competição dessa modalidade os participantes tem apenas uma tentativa para encadenar a via, que deverá ser em flash, sendo assim é regra da competição que a via seja sempre inédita aos participantes, garantindo assim que todos tenham apenas uma tentativa e estejam em pé de igualdade sobre o conhecimento da via.

### **2.1.3 Fisiologia da Escalada Esportiva**

Diversos são os trabalhos que buscaram analisar e compreender os sistemas energéticos envolvidos na escalada esportiva (BILLAT et al, 1995; BERTUZZI et al., 2007; ESPANA-ROMERO et al., 2009), bem como comportamento de variáveis fisiológicas como frequência cardíaca (FC), concentração de lactato [Lac] e consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>). Dentro desta linha, Watts (1998) analisou 16 escaladores experientes em teste de escalada em uma esteira rolante vertical, em diferentes angulações até a exaustão, e observou aumentos na concentração de lactato e na FC com o incremento do teste. Contudo, os valores de VO<sub>2</sub> não variaram de maneira significativa com a mudança de angulação da parede. Em resposta contrária a esse trabalho, o estudo de Mermier *et al.* (1997), avaliou escaladores experientes em três vias de dificuldade crescente e diferentes angulações, sendo elas 90°, 106° e 151°, e observou diferenças significativas nos valores de FC, consumo de oxigênio, concentração de lactato e gasto energético em todas as vias.

Em 2007 Bertuzzi *et al.* observaram que escaladores de elite gastaram menos energia que os escaladores recreacionais, durante a realização de uma via de dificuldade fácil. Já em 2009, Espana-Romero *et al.* avaliaram o VO<sub>2</sub> e o tempo de execução da via entre escaladores de elite (nível >8a) e escaladores especialistas (nível >7a) e observaram que o tempo de exaustão pode ser o parâmetro de desempenho que diferencie os dois

grupos e não os valores de  $VO_2$ . Sugerindo que na prática do treinamento da modalidade a capacidade de tolerar os esforços específicos da escalada deve ser enfatizado.

Segundo Bertuzzi *et al.* (2001) os principais grupos musculares acionados para a sustentação do corpo durante a escalada, são os flexores dos dedos e do punho, sendo que a participação dos mesmos cresce de acordo com o aumento do nível de dificuldade e da inclinação das vias. De acordo com Sebold (2009), que estudou a ativação muscular em diferentes tipos de “pegadas”, a empunhadura realizada, de acordo com o formato da agarra, gera uma influência direta na ativação muscular tanto dos flexores quanto dos extensores dos dedos e punho.

A capacidade física de força muscular é vista como um fator importante na performance da escalada, já que os músculos flexores dos dedos e punho contribuem para sustentar a massa corporal. Vários são os trabalhos que buscam entender o comportamento desta variável. Quaine *et al.* (2003) verificaram que escaladores de elite possuem valores mais elevados de força dos dedos e mãos do que sujeitos sedentários. Corroborando com este achado, o trabalho de Grant *et al.* (2001) constatou que os escaladores de elite possuíam valores mais elevados da força de preensão manual (FPM) que os escaladores recreacionais e do grupo controle. Já no trabalho de Bertuzzi *et al.* (2004), os autores concluíram que escaladores de elite possuem valores mais altos de FPM se comparados a escaladores recreacionais. Contudo, a FPM pós realização da via não diferiu estatisticamente da FPM em repouso para ambos os grupos, resultado que parece se dever ao fato das vias escaladas serem submáximas.

Em contrapartida, Gajewski *et al.* (2009), em uma simulação de campeonato, analisaram que os valores da FPM de escaladores finalistas era mais alto do que os valores para a mesma variável dos semifinalistas. Também foi observado neste estudo que houve uma diminuição nos valores de FPM antes e após a realização da via, por se tratar de uma situação competitiva, onde o grau de dificuldade escalado era próximo ao máximo. A importância da FPM na escalada esportiva é evidenciada também no estudo de César *et al.* (2007) onde os escores obtidos no teste de flexão e extensão dos membros superiores em duas agarras específicas foram maiores do que os apresentados por Bertuzzi *et al.* (2004), que foram avaliados através de dinamometria manual. Esse achado fortalece a ideia que a força muscular tende a ser uma capacidade física importante na escalada, sendo mais bem expressa na forma relativa à massa corporal (BERTUZZI *et al.*, 2011).

Dessa forma é de fundamental importância utilizar testes que exponham os escaladores à sustentação do peso corporal, ao efeito da gravidade (CÉSAR et al., 2007).

## 2.2 Velocidade Crítica

Em 1965, Monod e Scherrer propuseram um modelo de estudos em grupos musculares isolados em movimentos mono-articulares e encontraram uma relação hiperbólica entre os parâmetros potência e tempo de exaustão da tarefa. Tal modelo foi denominado como Potência Crítica (PCrit) e corresponde à maior intensidade de exercício que teoricamente pode ser mantida, através do metabolismo aeróbio, sem atingir a fadiga.

Eles mediram o trabalho realizado até a fadiga em exercícios supra máximos de intensidades crescentes, e traçaram o trabalho realizado em função do tempo até a exaustão. Eles ainda propuseram que se a intensidade do exercício era submáxima, o trabalho realizado em todo o teste, até a exaustão, poderia ser descrito pela soma das quantidades de trabalho realizado pelo metabolismo aeróbio e por toda reserva muscular anaeróbia.

Em 1981 Moritani et al, validaram o conceito de Pcrit para o corpo inteiro, e não mais apenas para grupos musculares isolados, como proposto originalmente e determinaram em cinco testes máximos, a Pcrit por meio da relação hiperbólica entre a capacidade de trabalho anaeróbio realizada (CTA) e o tempo de exaustão (Tlim) na seguinte equação:

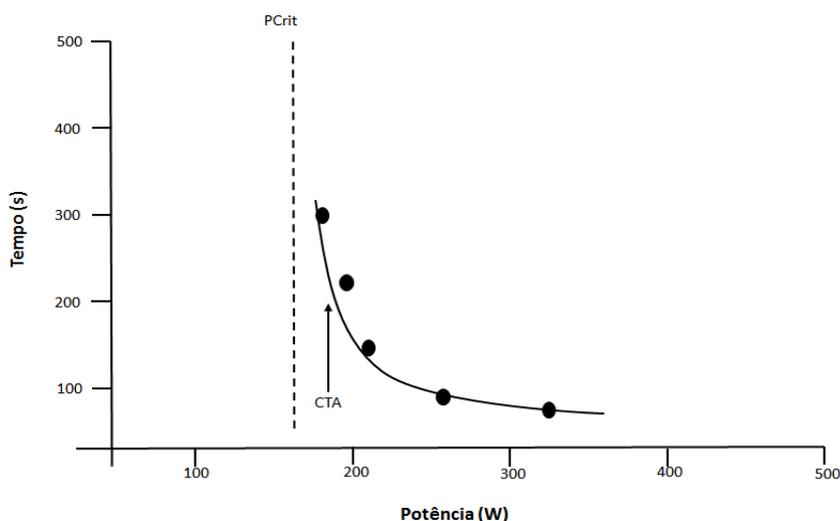
- $T_{lim} = CTA / (P - P_{crit})$

Já em 1992, Wakayoshi et al. adaptaram o teste original de PCrit para natação, e denominaram de Velocidade Crítica (VCrit). Assim, a partir da Potência Crítica, bem como da Velocidade Crítica, é possível se determinar as capacidades aeróbia e anaeróbia. Por se tratar de um método não invasivo, de baixo custo e de fácil execução este pode ser facilmente aplicado por treinadores em avaliações de atletas de várias modalidades esportivas.

De acordo com Hill (1993) a PCrit está intimamente ligada com o limiar de fadiga e o limiar de lactato. Além disso, esse autor enfatiza a presença de um segundo parâmetro que pode ser analisado dentro do modelo de Potência Crítica, a Capacidade de

Trabalho Anaeróbia (CTA), definida como uma reserva de energia muscular finita, relacionada com o trabalho realizado apenas pelo metabolismo anaeróbio.

Para determinação da  $P_{crit}$  é necessário a realização de testes em intensidades variadas e após a execuções desses esforços, os dados de tempo de exaustão, em cada intensidade, são ajustados de forma matemática por uma função hiperbólica, na qual a assíntota do ajuste representa a  $P_{crit}$ , parâmetro aeróbio, e a curvatura dessa hipérbole representa a CTA, parâmetro anaeróbio (Figura 4).



**Figura 4.** Exemplo do Modelo Hiperbólico Potência x Tempo

A partir desse modelo hiperbólico, foram adotados alguns ajustes matemáticos, e a relação foi convertida para dois modelos lineares:

**Para Potência Crítica:**

Trabalho x Tempo (Figura 5)

- $\tau = P_{crit} \cdot T_{lim} + CTA$

Potência x 1/Tempo (Figura 6)

- $P = P_{cri} + (CTA/T_{lim})$

**Para Velocidade Crítica:**

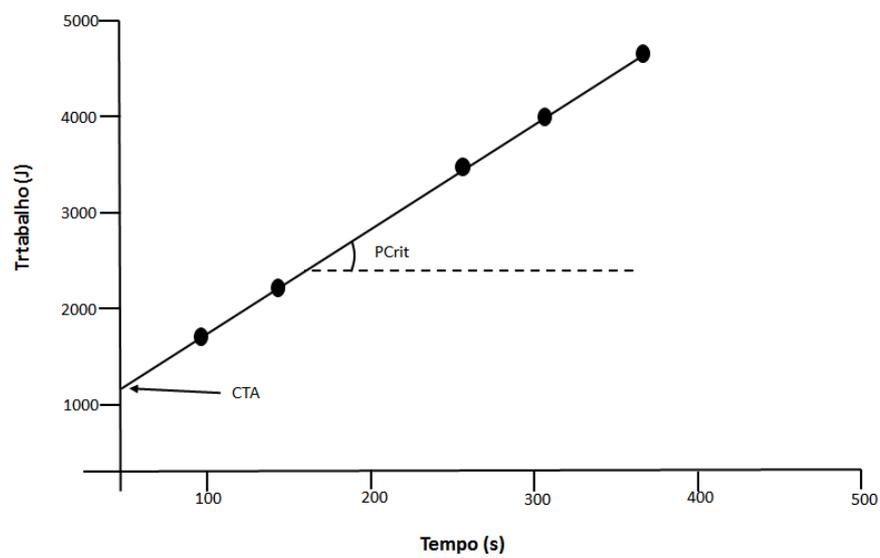
Distância x Tempo

- $D = V_{crit} \cdot T_{lim} + CTA$

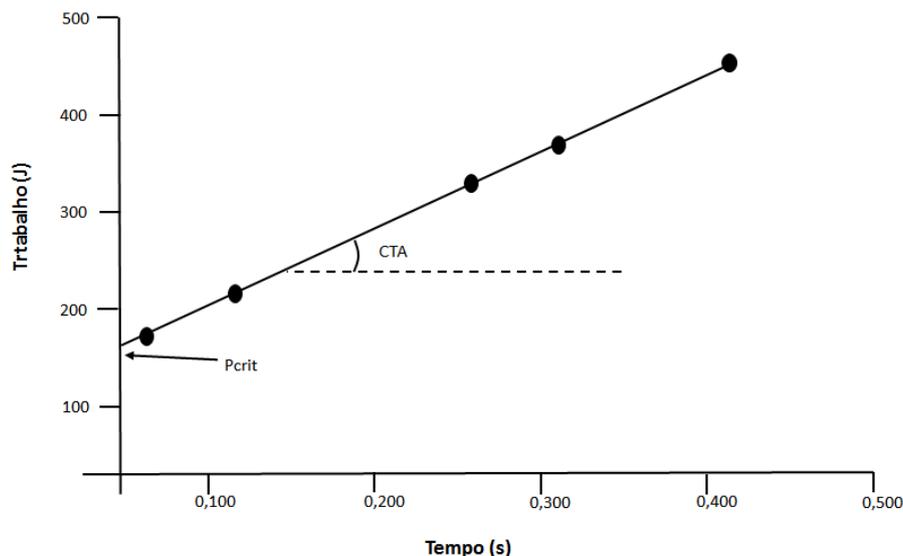
Velocidade x 1/Tempo

- $V = V_{cri} + (CTA/T_{lim})$

Onde  $\mathcal{T}$  é trabalho,  $T_{lim}$  tempo limite da exaustão,  $CTA$  capacidade de trabalho anaeróbio,  $P$  potência,  $P_{crit}$  potencia crítica,  $D$  distância,  $V$  velocidade, e  $V_{crit}$  velocidade crítica.



**Figura 5.** Exemplo do Modelo Linear Trabalho x Tempo



**Figura 6.** Exemplo do Modelo Linear Potência $\times$ 1/Tempo

Conhecer a caracterização da modalidade, bem como o perfil fisiológico de quem a pratica permite uma melhor prescrição do treinamento, de maneira a respeitar as características peculiares e especificidades do esporte e também conhecer e respeitar o atual nível de aptidão do praticante. Estudos como o de Kokubun (1996) e Wakayoshi et al (1993) demonstraram que a Potencia Crítica está intimamente ligada à intensidade da Máxima Fase Estável de Lactato e ao Consumo de Oxigênio (HILL E SMITH, 1999), em exercícios contínuos. Assim a Pcrit tem sido vista como um bom parâmetro para avaliar capacidade aeróbia individual, e como um marcador da transição dos domínios do exercício intenso e severo (GAESSER E POOLE, 1996).

O modelo original de PCrit, posteriormente adaptado para VCrit, tem sido bastante utilizado por estudiosos em diversas modalidades, tais como natação (WAKAYOSHI et al. 1993, SANTHIAGO et al., 2009, TOUBEKIS et al. 2011, TOUBEKIS e TOKMAKIDIS, 2013), corrida (HILL 1999; KARSTEN et al., 2016a; KARSTEN et al., 2016b) e caiaque (MESSIAS et al., 2015; FERRARI et al., 2016) mas não se tem registro de que este tenha sido utilizado para a escalada esportiva. Esse modelo é visto como uma forma de avaliação para a determinação da aptidão aeróbia do participante, o que consiste em saber em qual intensidade do exercício ocorre a transição entre o metabolismo aeróbio e o anaeróbio, sendo uma informação importante para a

prescrição da intensidade adequada do exercício, bem como das zonas de treinamento e determinação da performance.

### **2.3 Máxima Fase Estável de Lactato**

A Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL) é definida como a maior carga de trabalho em que a concentração de lactato sanguíneo pode ser mantida ao longo do tempo, sem que ocorra um acúmulo progressivo e contínuo do mesmo, ou seja, a taxa de remoção é igual a da produção. Este protocolo é considerado padrão-ouro para a determinação da intensidade do exercício em que ocorre a transição entre o metabolismo anaeróbio e aeróbio, limiar anaeróbio, em exercício contínuo (BENEKE, 1995; BILLAT et al., 2003) e seu valor é obtido quando a concentração de lactato sanguíneo apresenta uma variação igual ou inferior a 1mmol/L nos 20 minutos finais do teste.

Durante a realização de um exercício intenso, ocorre um acúmulo da concentração de lactato, devido ao fato de sua produção ser maior que sua remoção. A intensidade da MFEL é utilizada para estimar a capacidade aeróbica individual e representa a maior taxa de trabalho em que a fosforilação oxidativa é adequada para a demanda energética, de acordo com a intensidade do exercício.

De acordo com Jones e Carter (2000), a MFEL indica o limite da transição entre os domínios do exercício pesado e severo, sendo que para sua determinação é necessário realizar de 4 a 5 sessões com duração de 30 minutos, exercícios de cargas distintas e constantes, em diferentes dias (BENEKE 2003). Nesse sentido a intensidade das sessões é aumentada até que a concentração de lactato se eleve continuamente, mesmo em cargas constantes, sendo que as intensidades de exercício devem estar entre 50% e 90% de  $VO_2$  (URHAUSEN, 1993).

Vários estudos avaliam a validade dos métodos para determinação da MFEL em diferentes modalidades, como corrida (HECK et al, 1985), ciclismo (URHAUSEN 1993; VAN SCHUYLENBERGH 2004) e remo (BENEKE 1995), e indicam a concentração fixa de lactato entre 4,0 mmol/l na intensidade de MFEL. Contudo, de acordo com Beneke et al. (1995), as concentrações de lactato na intensidade de MFEL são diretamente dependentes do ergômetro utilizado e, em 1996, Beneke e Duvillard propuseram que a concentração sanguínea de lactato na intensidade de MFEL em cada

modalidade pode estar inversamente relacionado com a massa muscular predominantemente utilizada na tarefa. As diferenças na relação entre músculo predominantemente ativo e músculo auxiliar podem afetar as taxas de glicólise e oxidação do lactato muscular (SALTIN 1985), o que poderia explicar alguns resultados controversos na literatura sobre as concentrações de lactato obtidas durante os testes de MFEL e sessões de treinamento submáximas. Tais apontamentos sugerem que deve haver certos cuidados quanto a generalizações, que podem ser equivocadas, frente a realização de diferentes protocolos de avaliação e predição das cargas de treinamento.

## 2.4 Escalada Atada

Com o passar dos anos, diversos meios de avaliação foram criados e adaptados em diferentes modalidades, sendo que um deles é o uso de resistências externas. Dentro desse recurso de avaliação, algumas abordagens se preocupam com a manutenção da especificidade do gesto técnico realizado em situação competitiva. O modelo de exercício atado é um exemplo de recurso avaliativo com essa característica da manutenção do gesto e já foi utilizado em modalidades com corrida, natação e ciclismo.

Esse modelo pode ser visto inicialmente como uma forma alternativa aos trabalhos que averiguavam a influência da resistência do ar na corrida e no ciclismo, ou ao *swimming flume* na natação, que apresentavam dificuldades logísticas e financeiras de aplicabilidade. Além disso é sabido que variáveis anaetóbia como força e potência, são importantes para a evolução e desempenho em diversas modalidades, como por exemplo na natação (SMITH et al, 2002). Com o passar do tempo um sensor capaz de mensurar a força empregada se fez necessário para melhor compreensão e utilização do modelo de forma avaliativa e de treinamento físico. O uso de células de carga nestes recurso avaliativo, possibilita mensurar a força do praticante em grande número de valores em qualquer espaço de tempo de avaliação, apresentando assim uma certa vantagem se comparado ao sistema de anilhas.

Na escalada, assim como em outras modalidades, a força muscular se apresenta como uma capacidade física importante para o desempenho (QUAINE *et al.*, 2003; SHEEL *et al.*, 2003) principalmente quando expressa de forma relativa à massa corporal (BERTUZZI et al., 2011). Assim, diversos são os estudos que buscam

compreender essa variável na escalada esportiva. Contudo até o presente momento não há registros do uso do exercício atado como método avaliativo e/ou prescritivo de treinamento nesta modalidade.

### **3. JUSTIFICATIVA**

No atual momento do estado da arte, quando se faz uma busca rápida na base de dados PubMed, com as palavras Rock AND Climbing, encontramos atualmente 276 artigos (data da pesquisa 04/07/2017), em comparação, se fizermos o mesmo com as palavras Critical AND Power, encontramos mais de 10843 artigos (data da pesquisa 04/07/2017), ou Critical AND Velocity com 5457 artigos (04/07/2017), por exemplo.

Dentro desses 276 artigos, encontramos assuntos como, Alpinismo, Lesões, Biomecânica, Movimentos Isolados, Contribuição dos Sistemas Energéticos e Fatores Determinantes para um bom desempenho na Escalada Esportiva. Assim ainda há muito o que ser pesquisado e estudado na nossa modalidade, no atual momento do estado da arte, existe uma brecha sobre mecanismos que avaliem o estado fisiológico dos escaladores. Além disso em 2015 o COI tornou oficial a inclusão da Escalada Esportiva, nos Jogos Olímpicos de Tóquio, como esporte demonstração, trazendo mais visibilidade e difusão pra modalidade bem como novas perspectivas e desafios. Dessa forma acreditamos que a proposta deste trabalho é de fundamental importância e interesse, tanto para comunidade científica e escaladora.

### **4. HIPÓTESE**

Tendo em vista o predomínio energético dos sistemas aeróbio e anaeróbio láctico na escalada esportiva, acredita-se que a  $V_{crit}$  é um critério significativo de avaliação em escaladores esportivos. É hipótese deste estudo, portanto, que os valores de  $V_{crit}$  estarão intimamente ligados aos marcadores de performance em escalada em Via. Também é hipótese deste estudo que os valores de Potência Atada estarão correlacionados com o desempenho em boulder, devido ao fato deste último ser caracterizado como uma modalidade de alta intensidade e curta duração.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivos Gerais

Identificar se a Velocidade Crítica pode ser utilizada como um critério de avaliação em praticantes de Escalada Esportiva, bem como verificar se há relação entre os valores de Velocidade Crítica e Capacidade de Trabalho Anaeróbia (CTA) com os marcadores preditores de performance nesta modalidade.

### 5.2 Objetivos Específicos

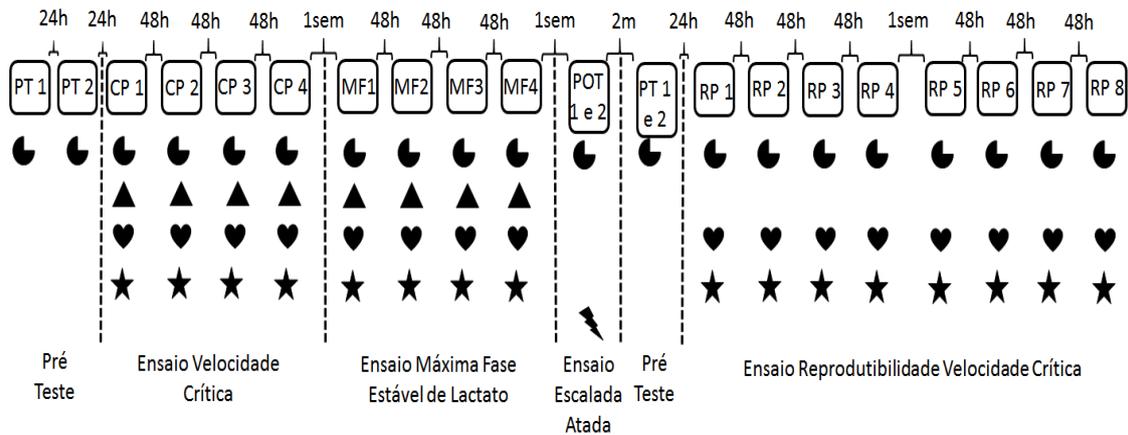
- Analisar os valores de V<sub>Crit</sub> e CTA em escaladores esportivos;
- Analisar os índices fisiológicos de concentração de Lactato [Lac], Frequência Cardíaca (FC) e Saturação de Oxigênio (SO<sub>2</sub>) em testes de V<sub>Crit</sub>;
- Relacionar os valores de V<sub>crit</sub> e CTA com o desempenho dos escaladores;
- Analisar a Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL) a partir de intensidades relativas à V<sub>Crit</sub>;
- Correlacionar as respostas fisiológica, [Lac] e FC entre os testes de V<sub>crit</sub> e MFEL;
- Correlacionar os valores de Potência Atada com o desempenho de escaladores, bem como com os valores de CTA;
- Verificar a reprodutibilidade do teste de V<sub>Crit</sub> em escalada.

## 6. MATERIAIS E MÉTODOS

Para facilitar o entendimento deste trabalho, o mesmo foi dividido em 5 etapas, sendo elas:

1. Primeira Etapa - Pré Teste para Determinação das Cargas Preditivas
2. Segunda Etapa - Ensaio para Determinação da Velocidade Crítica
3. Terceira Etapa – Ensaio para Determinação da Máxima Fase Estável de Lactato
4. Quarta Etapa – Ensaio para Determinação da Potência de Escalada Atada

## 5. Quinta Etapa – Ensaio para Teste de Reprodutibilidade da Velocidade Crítica



**Figura 7.** Desenho experimental esquemático

**PT1** – pré teste 1

**PT2** – pré teste 2

**CP 1 à 4** – cargas preditivas para determinação da velocidade crítica

**MF 1 à 4** – testes para determinação da máxima fase estável de lactato

**POT1 e 2** – testes de potência atada

**RP 1 à 8** – Reprodutibilidade da velocidade crítica

☾ Tempo

▲ Saturação de Oxigênio

♥ Frequência Cardíaca

★ Lactato

⚡ Força

As duas primeiras visitas foram utilizadas para os pré testes, para conhecimento do nível de treinamento dos voluntários e consequente determinação das distâncias a serem escaladas na fase do teste de Velocidade Crítica. Em seguida as próximas quatro visitas foram separadas para realização dos testes de Carga Preditivas para determinação da Velocidade Crítica, consistindo o segundo ensaio do projeto. Seguido de mais 4 visitas para determinação da Máxima Fase Estável de Lactato, terceiro ensaio. Logo após uma única visita para realização do teste de Escalada Atada, quarto ensaio. Por fim, as 8 últimas visitas foram destinadas à averiguação da Reprodutibilidade do Teste de Velocidade Crítica, quinto e último ensaio deste trabalho. A figura 7 apresenta de forma esquemática, as divisões dos dias de teste, intervalos entre os dias, e variáveis coletadas em cada etapa.

## **6.1 Aspectos Éticos da Pesquisa**

Ao serem contatados para participar do projeto, todos os voluntários foram esclarecidos sobre os objetivos e propostas do presente estudo, e foram orientados a ler cautelosamente o conteúdo do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os escaladores que concordaram em participar do estudo, assinaram o TCLE em duas vias, no primeiro dia de visita, sendo este aprovado pelo Comitê de Ética em Humanos, data 17/01/2017, número do parecer 51363415.6.0000.5404 (Anexo 1).

## **6.2 Questionário de Caracterização do Treinamento**

Foi criado e aplicado um questionário com questões abertas, afim de se obter informações a cerca das características individuais de cada participante, tais como: tempo de prática de escalada, predomínio de treino em via ou Boulder, artificial ou natural, bem como horas totais de treino por semana (Anexo 2).

## **6.3 Tratamento Estatístico**

Todos os resultados serão apresentados por médias  $\pm$  desvio padrão. Foram utilizados teste de normalidade de Shapiro-Wilk e em caso positivo de normalidade, foi aplicado: Correlação de Pearson entre os resultados de V<sub>Crit</sub>, CTA e R<sup>2</sup> com os dados de desempenho, bem como para correlacionar os dados de Potência Atada com o desempenho. Teste T dependente para comparação entre as combinações com 4 e 3 cargas preditivas. Para os resultados de média de FC e delta de SO<sub>2</sub> em cada carga preditiva, foi aplicado ANOVA one-way, seguido de POST HOC de Bonferroni. As análises de lactato, foi utilizado teste ANOVA tow-way, momentos pré e pós, em cada carga preditiva.

Para teste de reprodutibilidade foi aplicado teste T-pareado para comparação das médias de V<sub>Crit</sub>, CTA e R<sup>2</sup> do teste e reteste e Índice de Confiabilidade Intraclasse (ICC). Paralelo à isso foi realizado teste de Correlação de Pearson entre as variáveis V<sub>Crit</sub>, CTA e R<sup>2</sup> do teste com o desempenho.

Em caso de não normalidade dos dados, testes não paramétricos similares, de comparação entre médias e de correlação foram aplicados. Independente dos testes estatísticos paramétricos ou não-paramétricos, foram calculados o poder amostral para todos os parâmetros. O nível de significância foi fixado em 5% ( $p < 0,05$ ).

### **1ª Etapa: Pré teste para determinar as Cargas Preditivas**

**Amostra:** Inicialmente foram selecionados 19 voluntários de ambos os sexos, que estavam engajados em atividade física regular, incluindo escalada, que não apresentaram nenhum tipo de lesão muscular ou articular que inviabilizasse as avaliações, ou doenças crônicas como hipertensão arterial, asma, obesidade e epilepsia. Os voluntários foram recrutados através do Grupo de Escalada Esportiva da Unicamp (GEEU). Todos eram familiarizados com escalada indoor em via, com experiência mínima de 1 ano na modalidade.

Dos 19 voluntários selecionados inicialmente, 8 desistiram no decorrer das coletas, finalizando com apenas 11 voluntários, sendo eles 7 homens e 4 mulheres (idade  $28 \pm 4$  anos; peso  $63,8 \pm 8$  kg; altura  $169,3 \pm 7$  cm; tempo de escalada  $6 \pm 3$  anos). Nessa fase todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e preencheram um questionário - Questionário de Caracterização do Treinamento – com questões abertas afim de se obter informações acerca das características individuais de cada participante, tais como: tempo de prática de escalada, predomínio de treino em via ou Boulder, artificial ou natural, bem como horas totais de treino por semana, entre outras (Anexo 2).

Os voluntários apresentaram grau de escalada variando entre 7a e 9a, na Escala Brasileira de Dificuldade, caracterizando assim, uma amostra heterogenia em nível de escalada (Tabela 2). Vale lembrar que a escala de graduação brasileira, utilizada para classificar ou rankear os atletas, é uma medida categórica não contínua, dessa forma a fim de facilitar a comparação e a correlação do grau realizado pelos escaladores adotamos a tabela de conversão da graduação de Draper et al. (2016), transformando as graduações em valores numéricos contínuos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Conversão de Graduação

IRCRA	Grad. USA	Grad. Brasileira	Grad. Boulder HUECOTANKS	Metrica
1				
2				
3				
4				
5	5.6	5		0
6				
7				
8	5.8	5sup		0,5
9				
10	5.10 <sup>a</sup>	6		1
11				
12	5.10c	6sup	V0	1,5
13				
14	5.11a	7a	V1	2
15	5.11b	7b	V2	2,25
16				
17	5.11d	7c	V3	2,5
18	5.12a	8a	V4	3
19	5.12b	8b	V5	3,25
20	5.12c	8c	V6	3,5
21	5.12d	9a	V7	3,75
22	5.13a	9b	V8	4
23	5.13b	9c	V9	4,25
24	5.13c	10a		4,5
25	5.13d	10b	V10	4,75
26	5.14a	10c	V11	5
27	5.14c	11a	V12	5,25

Adaptado de Draper et al. (2016).

IRCA - International Rock Climbing Research Association

Os voluntários foram instruídos a abster-se de atividade física vigorosa e a não ingerirem substâncias cafeinadas (café, chocolate, mate, pó de guaraná, coca-cola e guaraná) ou alcoólicas nas 48 horas precedentes as coletas, visando evitar possíveis interferências nos resultados. Vale ressaltar que para se minimizar possíveis interferências circadianas, os horários dos testes dos voluntários foram sempre os mesmos nos diferentes dias de coleta, também foi observado o período em que o voluntário estava acostumado a treinar, sendo que todos foram avaliados no mesmo período do dia (manhã, tarde ou noite) de acordo com seu horário de treinamento.

**Tabela 2.** Dados individuais de Capacidade de Escalada nas modalidades Via e Boulder.

<b>Voluntario</b>	<b>Ano de Escalada</b>	<b>Maior Via</b>	<b>Maior Via 12 meses</b>	<b>Maior Boulder</b>	<b>Maior boulder 12 meses</b>
<b>1</b>	1,5	7a	7a	V0	V0
<b>2</b>	4,5	8b	8b	V4	V4
<b>3</b>	2,5	7a	7a	V8	V8
<b>4</b>	9	9a	8c	V4	V4
<b>5</b>	6	8c	8c	V8	V7
<b>6</b>	2	7a	7a	V7	V7
<b>7</b>	6	7b	6	V4	V4
<b>8</b>	8	7c	5	V5	V4
<b>9</b>	3,5	7a	7a	V3	V3
<b>10</b>	2	7a	6	V4	V4
<b>11</b>	10	8c	7a	V2	V2
<b>Média</b>	<b>5,88</b>	-	-	-	-
<b>DP</b>	<b>3,75</b>	-	-	-	-

**Metodologia:** Devido ao fato de não conhecer o nível de aptidão fisiológica de cada voluntário e também somado ao fato dos mesmos não estarem acostumados a realizar testes avaliativos, não havia parâmetros para determinar a intensidade, as distâncias, e as cargas preditivas relacionadas ao teste de Velocidade Crítica. Sendo assim, se fez necessário a aplicação de um pré teste para se obter um possível parâmetro para prescrição das cargas.

Pensando na proposta original do protocolo de Potência Crítica, em que os parâmetros de tempo encontram-se entre 2 e 10min, foi aplicado dois testes em que os voluntários deveriam escalar o máximo possível por 2min e por 10min de forma contínua. Ainda nessa etapa os voluntários foram familiarizados ao realizar 5 ascensões na via teste, para identificar os movimentos bem como o ritmo de escalada.

**Resultados:** A partir das distâncias encontradas, nos dois testes de 2min e 10min, foram estipuladas as 4 distâncias das cargas preditivas para determinação da velocidade crítica, para cada voluntário. Sendo que os mesmos realizaram distâncias entre 4 e 22 paredes, equivalentes à 28,92m e 159,06m respectivamente. A Tabela 3 indica a média do tempo gasto em cada distância, em minutos e segundos.

**Tabela 3.** Tempo médio gasto para completar cada carga preditiva/distância

<b>Distância</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Tempo (s)</b>
Carga Preditiva 1	2:19	139
Carga Preditiva 2	4:09	249
Carga Preditiva 3	6:32	392
Carga Preditiva 4	8:40	520

## **2º Etapa: Ensaio para determinação da Velocidade Crítica (VCrit)**

**Amostra:** Ídem ao ensaio 1 - *Pré teste para determinar das Cargas Preditivas*

**Metodologia:** A realização das coletas foi feita por meio de quatro cargas preditivas distintas. A acessão em cada uma das distâncias escolhidas era realizada em via de graduação fixa 5º grau, na Escala Brasileira de Dificuldade, sendo que a ordem de realização do protocolo (distância A, B, C e D) foi randomizada, estabelecida por meio de sorteio para cada participante e para cada dia.

Devido a questões de segurança foi utilizado o sistema TOP ROPE, procedimento mais seguro por não existir margem de queda, sendo que a segurança, corda, vem do topo da parede. Neste sistema de segurança, os voluntários estão assegurados por uma corda estática/semi-estática, 10mm espessura, dois mosquetões confeccionado em liga de alumínio de alta resistência, no formato pera; com resistência de 22 kN longitudinal, transversal 10 kN; com trava do tipo rosca convencional; freio semiautomático para segurança modelo Grigri, além da cadeirinha para escalada, com fivelas para fechamento rápido na cintura e nas pernas; tamanho ajustável, todos os equipamentos possuem certificação da UIAA.

Todos passaram por um aquecimento padronizado com duração de 10 minutos, divididos em alongamento, aquecimento articular, realização de uma travessia (escalada horizontal) e 3 acessões na via do teste. Após o aquecimento o voluntário foi instruído a realizar a distância predeterminada no menor tempo possível, sendo que o

voluntário escalava a parede até o topo e ao final o segurança o descia por sistema baldinho<sup>4</sup> de segurança, isso era repetido até completar a distância pré-estabelecida.

Os testes das cargas preditivas tiveram um intervalo mínimo de 48 horas, adotados a partir da realização de um estudo piloto, em que os voluntários não se sentiram aptos ou confortáveis para realizar testes máximos em dias seguidos. A Velocidade Crítica foi determinada prioritariamente pelo modelo linear Distância versus Tempo limite ( $T_{lim}$ ), embora por meio de cálculos de velocidade a partir das distâncias e tempos, também foi analisado o modelo linear Velocidade versus  $1/T_{lim}$ .

Em cada carga preditiva, foram coletadas 25 $\mu$ L de amostra de sague, do lóbulo da orelha, para obtenção da concentração de Lactato [Lac], nos momentos pré teste, logo após, 3min, 5min e 10min pós teste, misturadas à 50 $\mu$ L de solução de Fluoreto de Sódio (NaCl) de concentração 1%. As amostras foram armazenadas e refrigeradas logo após a coleta e posteriormente analisadas em lactímetro eletroquímico YSI 1500 Sport (*Yellow Springs Instruments*, Yellow Springs, Ohio, EUA).

A análise da saturação de oxigênio, foi realizada por medida indireta, oximetria, através do aparelho Oxímetro de Pulso K. TAKAOKA modelo OXIFAST, colocado no indicador esquerdo do voluntário nos momentos pré e logo após a realização do teste.

Para a aquisição frequência cardíaca instantânea foi utilizado o monitor cardiófrecuencímetro durante toda a realização da via, modelo S810i (Polar®, Finlândia).

**Resultados:** A partir das distâncias percorridas no pré teste, foram determinadas as 4 distâncias, das cargas preditivas, para cada voluntário. Em cada dia de teste foi cronometrado o tempo que cada voluntário gastou para realizar a distância pré-determinada, assim foi possível calcular os valores de Velocidade Crítica e CTA a partir dos modelos lineares Distância x Tempo e Velocidade x  $1/Tempo$ , a Tabela 4 apresenta esses valores.

---

<sup>4</sup> Sistema baldinho: forma mais frequente e simples de descida em sistema "top rope" onde a pessoa responsável pela segurança é quem efetua a descida do escalador.

**Tabela 4.** Velocidade Crítica, CTA e  $R^2$  nos modelos “Distância x Tempo” e “Velocidade x 1/Tempo”.

Voluntários	Modelo Linear Vcritica DxT			Modelo Linear Vcritica Vx1/T		
	$R^2$	Vcrit (m/s)	CTA (m)	$R^2$	Vcrit (m/s)	CTA (m)
<b>1</b>	0,9984	0,2885	2,1953	0,5650	0,2871	3,6322
<b>2</b>	0,9906	0,2235	18,5850	0,6771	0,2409	12,8710
<b>3*</b>	0,9999	0,2546	5,7249	0,9915	0,2556	5,4242
<b>4</b>	0,9910	0,2857	11,9860	0,3738	0,3024	7,1700
<b>5</b>	0,9957	0,3208	-8,5650	0,6548	0,3184	-7,8103
<b>6</b>	0,9947	0,2540	12,6490	0,9150	0,2556	12,1620
<b>7</b>	0,9946	0,1959	16,5510	0,9737	0,1891	18,8000
<b>8</b>	0,9878	0,1445	16,5010	0,9171	0,1594	12,8580
<b>9</b>	0,9656	0,1521	14,6940	0,5571	0,1789	7,9538
<b>10</b>	0,9987	0,2238	2,50460	0,8194	0,2233	2,6219
<b>11</b>	0,9924	0,1400	13,2640	0,9143	0,1485	10,8930
<b>Média</b>	<b>0,99</b>	<b>0,23</b>	<b>9,70</b>	<b>0,76</b>	<b>0,23</b>	<b>7,78</b>
<b>DP</b>	<b>0,01</b>	<b>0,06</b>	<b>8,30</b>	<b>0,21</b>	<b>0,06</b>	<b>6,89</b>

\* Voluntário completou apenas 3 distâncias das cargas preditivas para determinação da Vcrit.

Para correlacionar os valores de Velocidade Crítica (Vcrit) e Capacidade de Trabalho Anaeróbio (CTA) dos dois modelos lineares, com o desempenho em escalada dos voluntários, foi aplicado Correlação de Pearson, onde foram encontrados valores significantes entre Maior Via Métrica nos últimos 12 meses e os valores de Velocidade Crítica nos dois Modelos Lineares, DxT e Vx1/T ( $p=0,04$  e  $p=0,018$  respectivamente).

No modelo linear Distancia x Tempo a regressão se apresentou forte, já enquanto no modelo Velocidade x 1/Tempo grande parte da regressões foram moderadas ou baixas. Dessa forma, os próximos dados serão apresentados apenas para o uso do modelo DxT.

**Tabela 5.** Correlação entre os valores de  $R^2$ , Velocidade Crítica e CTA dos dois modelos lineares, e parâmetros de desempenho na escalada.

	Modelo Linear Distância x Tempo			Modelo Linear Velocidade x 1/Tempo		
	$R^2$	Vcrit (m/s)	CTA	$R^2$	Vcrit (m/s)	CTA
<b>anos de escalada</b>	-0,1256 p=,713	-0,3352 p=,314	0,2936 p=,381	-0,0588 p=,864	-0,3033 p=,365	0,2057 p=,544
<b>maior via metrica ultimos 12 meses</b>	-0,0076 p=,982	0,6238 p=,040*	-0,2928 p=,382	-0,6357 p=,036*	0,6936 p=,018*	-0,4362 p=,180
<b>maior boulder metrico ultimos 12 meses</b>	-0,0691 p=,840	0,4904 p=,126	-0,0068 p=,984	-0,5373 p=0	0,5724 p=,066	-0,1473 p=,666

\* correlação significante  $p < 0,05$

Devido ao fato de que um voluntário se ausentou e, portanto não ter cumprido todas as quatro distâncias estipuladas para determinação da Velocidade Crítica foram realizadas comparações entre os valores encontrados de Vcrit, CTA e  $R^2$ , no modelo linear Distância x Tempo, com 4 e 3 distâncias. Sendo distancia A a menor, B a segunda menor, C a segunda maior e D a maior (Tabelas 6, 7, 8 e 9).

**Tabela 6.** Comparação 4 e 3 distâncias – Modelo Linear DxT (sem distância A).

	Média	DP	N	p
<b><math>R^2</math> (4 distâncias)</b>	0,99	0,01	11	0,36
<b><math>R^2</math> (3 distâncias)</b>	0,99	0,00		
<b>Vcrit (4 distâncias)</b>	0,23	0,06	11	0,04*
<b>Vcrit (3 distâncias)</b>	0,21	0,07		
<b>CTA (4 distâncias)</b>	9,70	8,30	11	0,04*
<b>CTA (3 distâncias)</b>	13,77	12,62		

DxT – referente ao modelo linear Distância x Tempo com 4 distâncias

Uma distância a menos – referentes ao modelo linear Distância x Tempo com 3 distâncias ( sem distância A)

\*diferença significante entre os modelos Distância x Tempo com 4 distâncias *versus* Distância x Tempo com 3 distâncias ( sem distância A)

**Tabela 7.** Comparação 4 e 3 distâncias – Modelo Linear DxT (sem distância B).

	Média	DP	N	p
<b>R<sup>2</sup> (4 distâncias)</b>	0,99	0,01	11,00	0,02*
<b>R<sup>2</sup> (3 distâncias)</b>	1,00	0,01		
<b>Vcrit (4 distâncias)</b>	0,23	0,06	11,00	0,32
<b>Vcrit (3 distâncias)</b>	0,23	0,05		
<b>CTA (4 distâncias)</b>	9,70	8,30	11,00	0,14
<b>CTA (3 distâncias)</b>	8,39	6,51		

DxT – referente ao modelo linear Distância x Tempo com 4 distâncias

Uma distância a menos – referentes ao modelo linear Distância x Tempo com 3 distâncias ( sem distância B)

\*diferença significativa entre os modelos Distância x Tempo com 4 distâncias *versus* Distância x Tempo com 3 distâncias ( sem distância A)

**Tabela 8.** Comparação 4 e 3 distâncias – Modelo Linear DxT (sem distância C).

	Média	DP	N	p
<b>R<sup>2</sup> (4 distâncias)</b>	0,99	0,01	11,00	0,23
<b>R<sup>2</sup> (3 distâncias)</b>	0,99	0,01		
<b>Vcrit (4 distâncias)</b>	0,23	0,06	11,00	0,42
<b>Vcrit (3 distâncias)</b>	0,22	0,06		
<b>CTA (4 distâncias)</b>	9,70	8,30	11,00	0,57
<b>CTA (3 distâncias)</b>	9,94	8,13		

DxT – referente ao modelo linear Distância x Tempo com 4 distâncias

Uma distância a menos – referentes ao modelo linear Distância x Tempo com 3 distâncias ( sem distância C)

**Tabela 9.** Comparação 4 e 3 distâncias – Modelo Linear DxT (sem distância D).

	Média	DP	N	p
<b>R<sup>2</sup> (4 distâncias)</b>	0,99	0,01	11,00	0,43
<b>R<sup>2</sup> (3 distâncias)</b>	0,99	0,01		
<b>Vcrit (4 distâncias)</b>	0,23	0,06	11,00	0,27
<b>Vcrit (3 distâncias)</b>	0,23	0,06		
<b>CTA (4 distâncias)</b>	9,70	8,30	11,00	0,24
<b>CTA (3 distâncias)</b>	8,28	8,59		

DxT – referente ao modelo linear Distância x Tempo com 4 distâncias

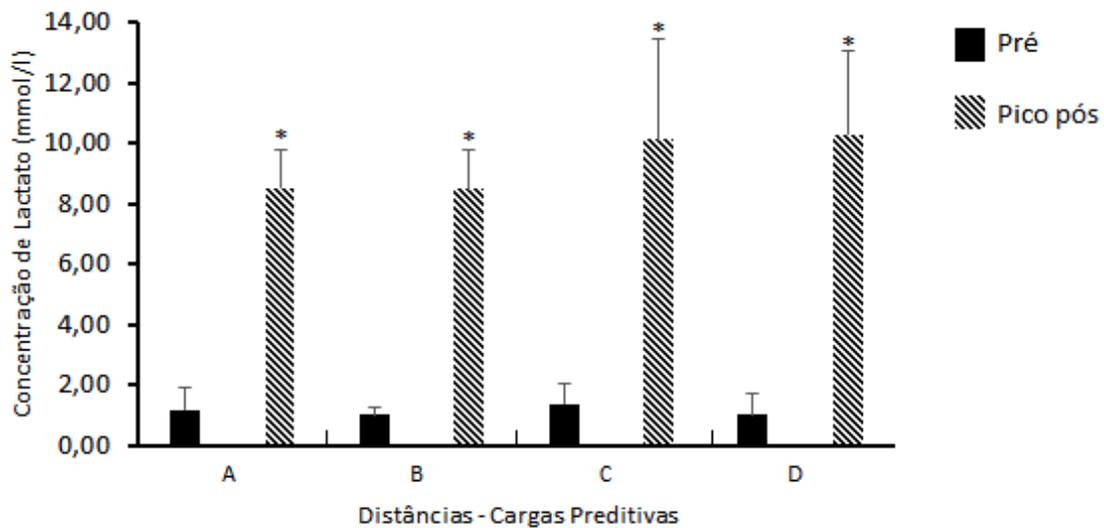
Uma distância a menos – referentes ao modelo linear Distância x Tempo com 3 distâncias ( sem distância D)

Nesses dados podemos observar que ao retirarmos a distância A, encontramos uma diferença estatística para os valores de Vcrit e CTA, enquanto que ao retiramos a distancia B, encontramos uma diferença estatística apenas no R<sup>2</sup>. Já na ausência das distancias C e D não foram encontradas diferenças significantes em nenhum dos marcadores analisados.

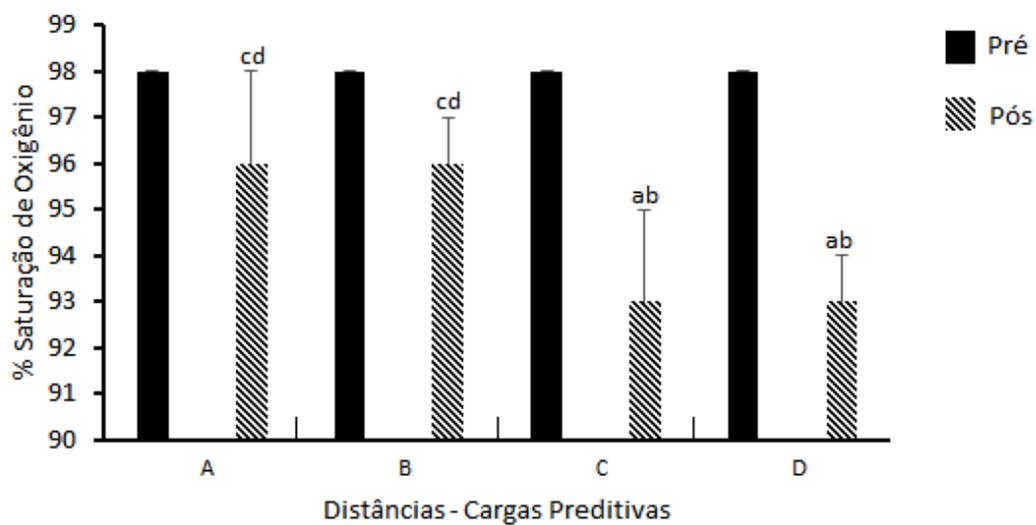
Já para os dados de concentração de Lactato, apresentados em média na Figura 8, foi realizado ANOVA TWO WAY para verificar a diferença entre distâncias e momentos de coleta pré e pico pós, onde foram encontrados  $p = 0,059$  na interação entre as distâncias,  $p < 0,001$  na interação entre os momentos pré e pico pós, e  $p = 0,079$  na interação entre distâncias e momentos. Dessa forma encontramos apenas diferença na concentração de Lactato entre os momentos pré e pico pós, independente da distância realizada.

Ainda sobre os testes de cargas preditivas, foram coletados dados de Saturação de Oxigênio ( $SO_2$ ) (Figura 9) utilizando Oxímetro de Pulso K. TAKAOKA modelo OXIFAST nos momentos pré e pós cada carga preditiva. Devido ao fato dos dados do momento pré não apresentarem variância, sempre 98%, foi realizado ANOVA ONE WAY, a partir dos deltas entre momentos pré e pós. O teste ANOVA ONE WAY mostrou diferença entre as distâncias com  $p < 0,001$ . Dessa forma, foi realizado teste POST HOC – BONFERRONI para averiguar quais deltas são distintos entre si. Os deltas das distâncias A e B não foram diferentes entre si, bem como os deltas das distâncias C e D também não foram distintos. Contudo, foi encontrado diferença significativa entre os valores de delta de Saturação de Oxigênio entre as distâncias, A e C; A e D; B e C; B e D.

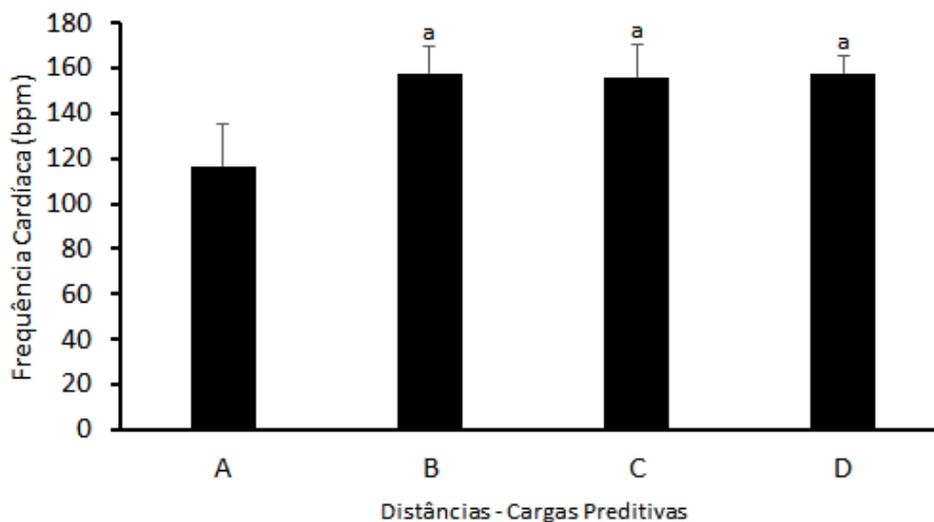
Já para a variável Frequência Cardíaca, apresentada em média e desvio padrão na Figura 10, foi realizado teste ANOVA ONE WAY, encontrados diferenças entre as distâncias  $p < 0,001$ . Após a análise dos resultados do ANOVA ONE WAY foi realizado teste POST HOC – BONFERRONI. Pelo teste de BONFERRONI foi possível analisar a interação entre cada distância, sendo que a Distância A é diferente da B, da C e também da Distância D, com  $p < 0,001$  Distância A x B;  $p < 0,001$  Distância A x C e  $p \leq 0,001$  Distância A x D. Mas não houve diferença significativa entre as outras Distâncias, sendo assim B não é diferente de C nem de D, assim como C não é diferente de D.



**Figura 8.** Valores em média e DP da concentração de lactato (mmol/l) dos momentos pré e pico pós das cargas de velocidade crítica, distâncias A, B, C e D. \* diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os momentos pré e pico pós.



**Figura 9.** Valores em média e DP da saturação de oxigênio (%) nos momentos pré e pós, de cada dia de teste de carga preditiva da velocidade crítica, distâncias A, B, C e D. <sup>a</sup> diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre a distância A. <sup>b</sup> diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre a distância B. <sup>c</sup> diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre a distância C. <sup>d</sup> diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre a distância D.



**Figura 10.** Valores em média e DP da frequência cardíaca (bpm) nas diferentes distâncias A, B, C e D, do teste de velocidade crítica. <sup>a</sup> diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre a distância A.

A partir dos dados de V<sub>Crit</sub> foi estudada a intensidade relativa à MFEL afim de averiguar se existia relação entre os testes, para validação do parâmetro aeróbio. Seguida da validação construída do parâmetro anaeróbio, CTA, por meio do teste de Escalada Atada.

### **3ª Etapa: Ensaio para determinação Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL)**

**Amostra:** Ídem a Etapa 1 - *Pré teste para determinar as Cargas Preditivas*. Contudo poucos foram os voluntários que se dispuseram a fazer o teste, contando com um N de apenas 5.

**Metodologia:** A partir do valor da V<sub>Crit</sub> encontrada na segunda etapa do projeto, foram determinadas as intensidades de 85, 95, 100 e 105% da V<sub>Crit</sub>, para aplicação do teste de MFEL. A ordem de realização do protocolo (85, 95, 100 e 105%) foi randomizada, estabelecida por meio de sorteio para cada participante e para cada dia, com um intervalo de 48 horas entre os testes. Todos os voluntários passaram por um aquecimento padronizado divididos em alongamento, aquecimento articular, realização

de uma travessia (escalada horizontal) e 3 acessões na via do teste. Após o aquecimento o voluntário foi instruído a escalar de forma contínua por 30min corridos, em uma determinada velocidade (intensidades relativas à  $V_{crit}$ ), sendo que o voluntário escalava a parede até o topo e ao final o segurança o descia por sistema baldinho de segurança, isso era repetido até completar o teste.

Para a determinação da [Lac] seriam coletas amostras de 25 $\mu$ L de sangue do lóbulo da orelha nos momentos 10min, 20min e 30min de teste, em cada dia de teste, onde seria considerada estável a variação igual ou inferior à 1mmol/L da [Lac]. As amostras deveriam ser misturadas à 50 $\mu$ L de solução de Fluoreto de Sódio (NaCl) de concentração 1%, para logo em seguida serem armazenadas e refrigerada, para posterior análise em lactímetro eletroquímico YSI 1500 Sport (*Yellow Springs Instruments*, Yellow Springs, Ohio, EUA).

Assim, como nas cargas preditivas de  $V_{crit}$ , a análise da saturação de oxigênio, foi realizada por medida indireta, oximetria, através do aparelho Oxímetro de Pulso K. TAKAOKA modelo OXIFAST, colocado no indicador esquerdo do voluntário nos momentos pré e logo após a realização do teste.

**Resultados:** Os voluntários que se prontificaram a realizar o protocolo de MFEL tiveram suas  $V_{críticas}$  calculadas e suas respectivas porcentagens relativas, da seguinte maneira:

**Tabela 10.** Porcentagens relativas à Velocidade Crítica (m/s), velocidades previstas, mas não executadas.

<i>Voluntario</i>	<i>Vcrítica</i>	<i>85%</i>	<i>95%</i>	<i>100%</i>	<i>105%</i>
<i>1</i>	0,289	0,245	0,274	0,289	0,303
<i>2</i>	0,255	0,216	0,242	0,255	0,267
<i>3</i>	0,254	0,216	0,241	0,254	0,267
<i>4</i>	0,140	0,119	0,133	0,140	0,147
<i>5</i>	0,152	0,129	0,144	0,152	0,160
<i>Média</i>	<b>0,218</b>	<b>0,185</b>	<b>0,207</b>	<b>0,218</b>	<b>0,229</b>
<i>DP</i>	<b>0,060</b>	<b>0,051</b>	<b>0,057</b>	<b>0,060</b>	<b>0,063</b>

A partir das velocidades, determinadas pelas porcentagens, e por ter uma distancia fixa de 7,23m escaláveis. Era possível saber o tempo de cada assensão. Para cada voluntario para cada dia de teste. Devido as alterações das velocidades serem muito

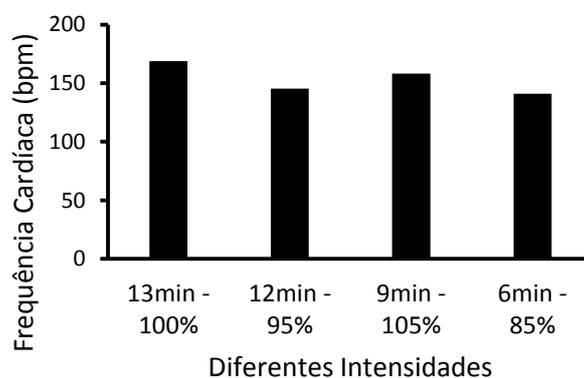
pequenas, o tempo de cada ascensão em cada intensidade também eram muito próximos (Tabela 11).

Nesta etapa os voluntários apresentaram dificuldades em realizar a tarefa de forma adequada, não sendo capazes de completar cada subida dentro do mesmo intervalo de tempo pré-estabelecido, desconfigurando a caracterização contínua do teste de MFEL. Além disso os mesmos não foram capazes de manter a atividade designada por 30min.

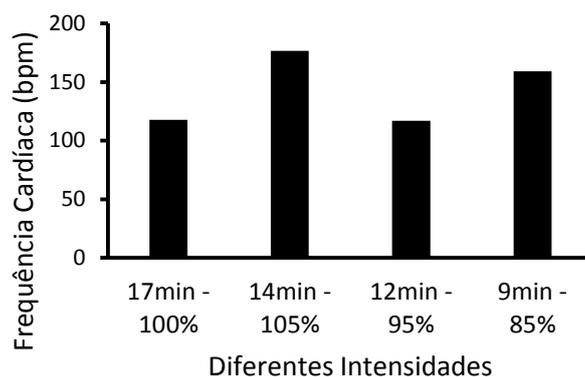
**Tabela 11.** Tempo de cada subida, das porcentagens relativas à VCrítica, em segundos, tempos previstos, mas não executados.

<i>Voluntario</i>	<i>85%</i>	<i>95%</i>	<i>100%</i>	<i>105%</i>
<i>1</i>	29	26	25	24
<i>2</i>	33	30	28	27
<i>3</i>	33	30	28	27
<i>4</i>	61	54	52	49
<i>5</i>	56	50	48	45
<i>Média</i>	<b>42,612</b>	<b>38,126</b>	<b>36,220</b>	<b>34,495</b>
<i>DP</i>	<b>13,013</b>	<b>11,643</b>	<b>11,061</b>	<b>10,534</b>

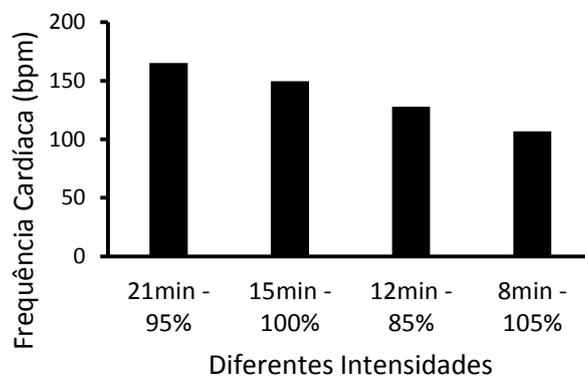
Dentro das tentativas de realização do protocolo de MFEL na parede de escalada, foi possível observar apenas o tempo de duração que cada voluntário realizou, em cada intensidade (85, 95, 100 e 100% da Vcrit) e as respectivas médias de Frequência Cardíaca (FC), também, de cada voluntário, como mostram as figuras de 11 à 15.



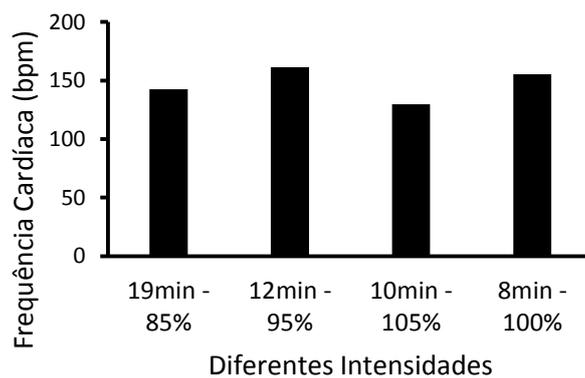
**Figura 11.** Valores, individuais do voluntário I, em média da frequência cardíaca (bpm) nas diferentes intensidades do teste de MFEL.



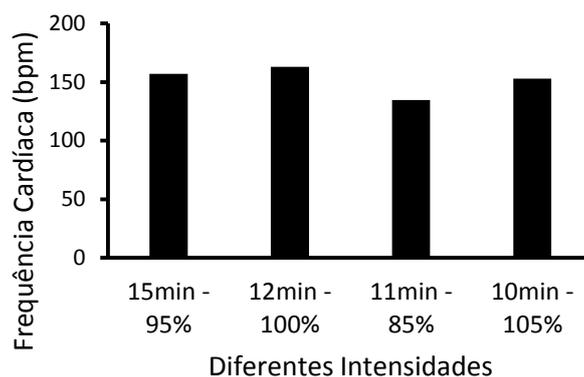
**Figura 12.** Valores, individuais do voluntário II, em média da frequência cardíaca (bpm) nas diferentes intensidades do teste de MFEL.



**Figura 13.** Valores, individuais do voluntário III, em média da frequência cardíaca (bpm) nas diferentes intensidades do teste de MFEL.



**Figura 14.** Valores, individuais do voluntário IV, em média da frequência cardíaca (bpm) nas diferentes intensidades do teste de MFEL.



**Figura 15.** Valores, individuais do voluntário V, em média da frequência cardíaca (bpm) nas diferentes intensidades do teste de MFEL.

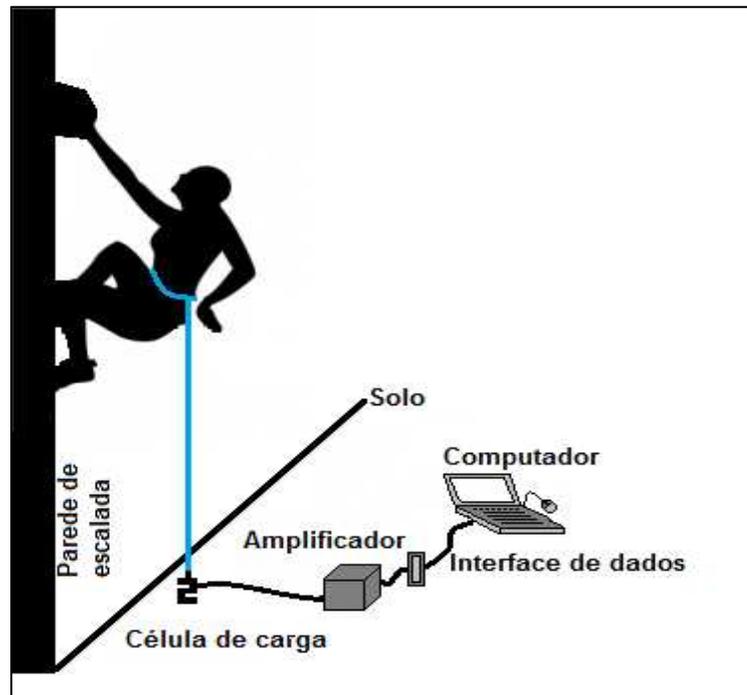
Dessa forma, não fomos capazes de realizar este protocolo de forma adequada até o presente momento.

#### **4ª Etapa: Ensaio para Determinação da Potência de Escalada Atada**

**Amostra:** Ídem ao primeiro ensaio - *Pré teste para determinar as Cargas Preditivas.*

**Metodologia:** A escalada atada consistia em tracionar o escalador em direção ao solo, enquanto este realiza movimentos para gerar sua ascensão na parede. Uma semana após os testes de MFEL, foi aplicado o protocolo de escalada atada, onde os escaladores iriam realizar dois esforços máximos, com duração de 30s, com intervalo de 10 minutos entre os esforços. Para tanto, os escaladores foram conectados ao aparato de medição por meio de uma corda elástica, na altura a cintura, juntamente com a cadeirinha de segurança. Tal aparato consiste em um dinamômetro contendo uma célula de carga, fixado ao solo próximo à parede de realização da via, como mostra a Figura 16.

Após um aquecimento padronizado em alongamento, aquecimento articular e três acessões na via do teste, o início do teste foi determinado por um estímulo sonoro. Da mesma forma deu-se o término do mesmo. Ainda sobre o aquecimento, é interessante ressaltar que a cada ascensão aumentava o número de elásticos ligado ao escalador. Sendo que na primeira acessão o voluntário era ligado a apenas um elástico, na segunda dois e por último, na terceira por tres elásticos, que era a configuração final do teste; três elásticos de 2m de comprimento.



**Figura 16.** Desenho esquemático do sistema para determinar potência de escalada atada.

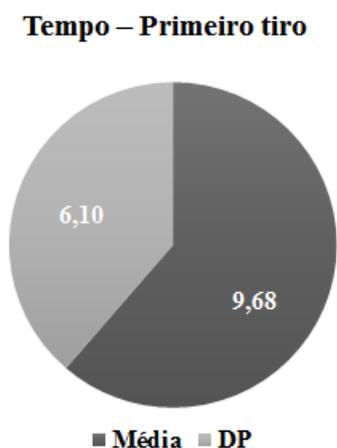
A tensão gerada no elástico pelo escalador em movimento de ascensão, gerou uma deformação na célula de carga, os valores gerados por essa deformação foram enviados à um computador, através de uma interface de dados, onde foram armazenados no programa LabView e estudados em análise posterior para obtenção da potência máxima e potência média de escalada atada. O sistema de aquisição de sinais foi composto por uma célula de carga MKPW- 2 (MK controle e Instrumentação), um amplificador de sinal MKTC5 (MK Controle e Instrumentação), módulo condicionador de sinais USB-6008 (National Instruments) e software LabView (National Instruments).

**Resultados:** Em cada dia de teste o sistema foi calibrado em relação à deformação do elástico e em relação à força peso. Através do sistema de aquisição de sinais e das calibrações, foi possível calcular, ponto a ponto, o deslocamento (m), a velocidade (m/s) e a força (N); por conseguinte também a potência (W).

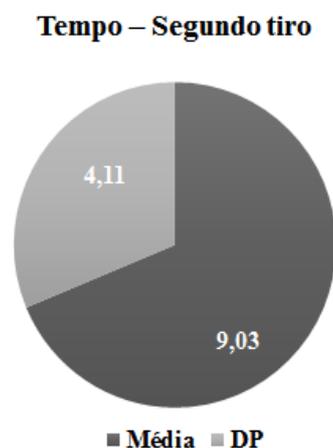
Inicialmente, o teste foi delimitado com 30s de duração, contudo, devido ao limite físico, do tamanho da parede, todos os voluntários chegaram ao final da mesma antes de 30s. O fato do elástico gerar uma forte tensão puxando o escalador para baixo, ao realizar a descida do mesmo o segurança era retirado do solo até o momento de

equilíbrio, impossibilitando assim a descida completa e constante do escalador. Com isso, não foi possível permitir que os voluntários escalassem até completar os 30s independente do número de subidas que isso resultaria. Assim, todos os voluntários subiram apenas uma vez e foi avaliado o tempo em que cada um demorou para atingir o topo da parede, em cada teste. As figuras 17 e 18 representam a média e desvio padrão do tempo (s) para completar a parede, em cada um dos tiros.

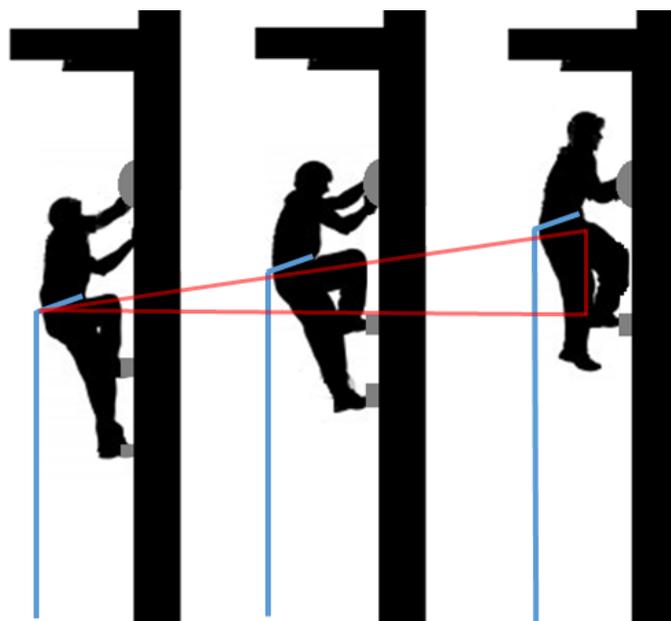
Apesar da via escalada ser a mesma, ou seja, o final da parede ser o mesmo para todos os voluntários, o posicionamento corporal na agarrar do topo da via era livre (Figura 19), o que gerava uma pequena diferença entre a extremidade do elástico para cada tiro e para cada voluntario, com uma diferença de até aproximadamente 40cm.



**Figura 17.** Média e DP do tempo (s) do primeiro tiro.



**Figura 18.** Média e DP do tempo (s) do segundo tiro.



**Figura 19.** Exemplo da diferença de posicionamento na agarra final da via.

Esta diferença de posicionamento levou a uma pequena variação, individual, na deformação do elástico, e consequentemente uma resposta diferente nos dados de força, como é possível observar na Tabela 12. Os dados de velocidade média (m/s), força pico relativa ao peso corporal (N) e potência (W) também estão representados em média e desvio padrão nesta mesma tabela.

**Tabela 12.** Média e desvio padrão dos dados relativos ao teste atado.

		<i>Velocidade</i> <i>(m/s)</i>	<i>Força (N)</i>	<i>Força relativa</i> <i>(N/kg)</i>	<i>Potência</i> <i>(W)</i>
<i>Tiro 1</i>	Média	0,86	190,96	3,05	159,79
	DP	0,51	10,02	0,47	98,19
<i>Tiro 2</i>	Média	0,78	196,15	3,14	154,04
	DP	0,26	12,98	0,51	54,75

Para correlacionar os valores do teste atadao, com o desempenho dos escaladores, foi aplicado o teste de Correlação de Pearson, onde não foram encontrados correlações positivas entre os marcadores de velocidade (m/s), força (N) e potência (W) com o desempenho em via, tão pouco em boulder. Neste teste também não foi encontrado

nenhuma correlação entre os valores de potência (W) com os valores de CTA (m) obtidos nos teste de V<sub>Crit</sub>.

### **5ª Etapa: Ensaio para Reprodutibilidade da Velocidade Crítica**

**Amostra:** Novamente toda a comunidade escaladora foi convidada a fazer parte do projeto, inclusive os escaladores que já haviam sido voluntários nas outras etapas do projeto, contudo, apenas dois destes se voluntariaram novamente. Assim, foram selecionados 13 novos voluntários, de ambos os sexos, dos quais 2 desistiram no início dos testes, finalizando com uma amostra de 11 voluntários, sendo eles 6 homens e 5 mulheres (idade  $28 \pm 5$  anos; peso  $66,7 \pm 12$  kg; altura  $168,9 \pm 12$  cm; tempo de escalada  $4,5 \pm 4,5$  anos). Todos os voluntários estavam engajados em atividade física regular, incluindo escalada, que não apresentaram nenhum tipo de lesão muscular ou articular que inviabilizasse as avaliações, ou doenças crônicas como hipertensão arterial, asma, obesidade e epilepsia. Os voluntários foram recrutados por meio do Grupo de Escalada Esportiva da Unicamp (GEEU) e já apresentavam ampla familiarização com escalada indoor em via, com experiência mínima de 1 ano na modalidade.

Nessa fase todos assinaram o Termo de Consentimento Livre, Esclarecido e preencheram o Questionário de Caracterização do Treinamento e foram instruídos a abster-se de atividade física vigorosa e a não ingerirem substâncias cafeinadas (café, chocolate, mate, pó de guaraná, coca-cola e guaraná) ou alcoólicas nas 48 horas precedentes as coletas, visando evitar possíveis interferências nos resultados.

Os voluntários apresentaram grau de escalada variando entre 5sup e 9b, na Escala Brasileira de Dificuldade, caracterizando assim, novamente, uma amostra heterogenia em nível de escalada (Tabela 13). Vale lembrar que os dados de graduação desta amostra também foram convertidos pela graduação numérica continua de Draper et al (2016) apresentada anteriormente, pela Tabela 1.

**Tabela 13.** Dados individuais referentes à Capacidade de Escalada na Escala Brasileira de Dificuldade, em Via e Boulder.

<b>Voluntario</b>	<b>Experiência em Escalada (anos)</b>	<b>Maior Via</b>	<b>Maior Via 12 meses</b>	<b>Maior Boulder</b>	<b>Maior Boulder 12 meses</b>
<b>1</b>	2	7a	7a	V4	V4
<b>2</b>	3,5	7b	7b	V4	V4
<b>3</b>	2,1	7a	7a	V0	V0
<b>4</b>	9	9a	7b	V10	V5
<b>5</b>	1,5	6sup	6sup	V0	V0
<b>6</b>	1,5	6	6	V3	V3
<b>7</b>	1,5	6	6	V1	V1
<b>8</b>	1	6	6	V0	V0
<b>9</b>	4	7a	6sup	V3	V2
<b>10</b>	15,5	10b	9b	V12	V11
<b>11</b>	8	7c	5sup	V2	V2
<b>Média</b>	<b>4,51</b>	-	-	-	-
<b>DP</b>	<b>4,54</b>	-	-	-	-

Nessa etapa também foi observado o horário de treinamento (manhã, tarde ou noite) de cada voluntário, sendo que todos foram avaliados em seus horários rotineiros, em todas as visitas, visando também minimizar possíveis interferências circadianas, mantendo um padrão nos horários das sessões.

**Metodologia:** Novamente, não era conhecido o nível de aptidão fisiológica de cada voluntário; dessa forma afim de identificar um parâmetro para determinação das cargas preditivas, foi adotado o pré teste de 2 e 10min de duração, onde os voluntários escalavam o máximo possível durante os referidos tempos, de forma contínua. A partir de então foram estipuladas 4 cargas/distâncias, para cada voluntário, a serem escaladas durante o protocolo de Velocidade Crítica, sendo que as cargas adotadas foram selecionadas com o objetivo de levar o escalador à exaustão em um período compreendido entre 2 e 10 minutos.

A realização das coletas para reprodutibilidade da Velocidade Crítica foi feita por meio de 8 visitas, com 4 cargas preditivas distintas. Após a realização das 4 cargas preditivas, foi dado um intervalo compreendido entre 120 e 168 horas e as mesmas foram repetidas, ou seja, cada voluntário realizou duas vezes cada carga preditiva. A acessão em cada uma das distâncias escolhidas era realizada em via de graduação fixa 5° grau, na Escala Brasileira de Dificuldade, sendo que a ordem de realização do protocolo (distância

A, B, C e D) foi randomizada, estabelecida por meio de sorteio para cada participante e para cada dia.

Devido a questões de segurança nesse ensaio também foi utilizado o sistema TOP ROPE e sistema baldinho com as mesma especificações que no Ensaio 2 - “Ensaio para determinação da Velocidade Crítica”. Além disso o aquecimento, o intervalo adotado entre as visitas, bem como o modelo matemático para calculo da  $V_{crit}$ , também foram os mesmo que os sugeridos na etapa anterior, sendo eles 10 minutos, 48 horas, modelo linear Distância versus Tempo limite (Tlim).

Em cada carga preditiva, foram coletadas 25 $\mu$ L de amostra de sangue, do lóbulo da orelha, para obtenção da concentração de Lactato [Lac], nos momentos pré teste, logo após, 3min, 5min e 10min pós teste, misturadas à 50 $\mu$ L de solução de Fluoreto de Sódio (NaCl) de concentração 1%. As amostras foram armazenadas e refrigeradas logo após a coleta e posteriormente analisadas em lactímetro eletroquímico YSI 1500 Sport (*Yellow Springs Instruments*, Yellow Springs, Ohio, EUA).

Para a aquisição da frequência cardíaca instantânea também foi utilizado o monitor cardiofrequencímetro durante toda a realização da via, modelo S810i (Polar®, Finlândia).

**Resultados:** Em cada dia de teste foi cronometrado o tempo que cada voluntário gastou para realizar a distância pré-determinada, assim foi possível calcular os valores de  $R^2$ ,  $V_{Crít}$  e CTA a partir do modelo linear “Distância x Tempo Limite”, (Tabela 14) e modelo linear “Velocidade x 1/Tempo Limite” (Tabela 15).

**Tabela 14.** Dados individuais de VCrít, CTA e R<sup>2</sup> nos teste e reteste no modelo “Distância x Tempo”

Voluntários	Modelo Linear Vcrítica DxT			Modelo Linear Vcrítica DxT		
	R <sup>2</sup>	Vcrit (m/s)	CTA (m)	R <sup>2</sup>	Vcrit (m/s)	CTA (m)
1	0,9899	0,3064	7,5755	0,9951	0,3076	13,166
2	0,9809	0,1762	13,231	0,9902	0,1929	13,843
3	0,9983	0,2079	13,95	0,9977	0,2375	15,649
4	0,9863	0,2029	19,883	0,9846	0,2172	19,531
5	0,9962	0,1447	12,972	0,9802	0,1498	16,565
6	0,9902	0,1777	9,6716	0,9976	0,1989	12,406
7	0,9952	0,1683	5,0459	0,9828	0,1594	11,977
8	0,9851	0,133	8,7787	0,9765	0,1289	12,462
9	0,9869	0,1534	15,613	0,9934	0,1646	17,96
10	0,9989	0,2724	16,562	0,9997	0,2947	17,231
11	0,9926	0,1573	10,06	0,9955	0,161	11,093
<b>Média</b>	<b>0,99</b>	<b>0,19</b>	<b>12,12</b>	<b>0,99</b>	<b>0,20</b>	<b>14,72</b>
<b>DP</b>	<b>0,01</b>	<b>0,05</b>	<b>4,35</b>	<b>0,01</b>	<b>0,06</b>	<b>2,80</b>

**Tabela 15.** Dados individuais de Vcrit, CTA e R<sup>2</sup> nos teste e reteste no modelo “Velocidade x 1/Tempo”.

Voluntários	Modelo Linear Vcrítica Vx1/T			Modelo Linear Vcrítica Vx1/T		
	R <sup>2</sup>	Vcrit (m/s)	CTA (m)	R <sup>2</sup>	Vcrit (m/s)	CTA (m)
1	0,6659	0,2892	11,499	0,7501	0,3252	9,4171
2	0,9808	0,1619	15,328	0,9627	0,2007	11,81
3	0,8239	0,22	13,596	0,9863	0,2445	14,643
4	0,8477	0,2269	13,959	0,9344	0,2386	14,422
5	0,9808	0,1473	12,315	0,9258	0,1681	12,227
6	0,5871	0,1975	7,0423	0,8329	0,2267	8,9149
7	0,5201	0,1719	4,101	0,6629	0,1788	7,422
8	0,5087	0,1451	5,8665	0,6805	0,1472	8,394
9	0,8538	0,1706	11,267	0,9938	0,1838	15,365
10	0,9888	0,2772	15,298	0,9921	0,2924	17,74
11	0,9509	0,1618	8,7604	0,9547	0,1656	9,6547
<b>Média</b>	<b>0,79</b>	<b>0,20</b>	<b>10,82</b>	<b>0,88</b>	<b>0,22</b>	<b>11,82</b>
<b>DP</b>	<b>0,19</b>	<b>0,05</b>	<b>3,86</b>	<b>0,13</b>	<b>0,06</b>	<b>3,35</b>

Para correlacionar os valores de Vcrit e CTA dos dois modelos lineares, com o desempenho em escalada dos voluntários, foi aplicado teste de Correlação de Pearson, onde foram encontrados valores significantes entre Maior Via Métrica nos ultimos 12 meses e os valores de Velocidade Crítica no Modelo Lineare DxT no teste e reteste (p=0,036 e p=0,018 respectivamente) (Tabela 16). Também foram encontrados valores

significantes entre Maior Via Métrica nos últimos 12 meses e os valores de CTA no Modelo Linear DxT no teste e reteste ( $p=0,013$  e  $p=0,013$  respectivamente) (Tabela 16).

**Tabela 16.** Correlação ( $r$ ) entre os valores de  $R^2$ ,  $V_{crit}$  e CTA do modelos linear DxT, e parâmetros de desempenho na escalada, no teste e reteste.

	Modelo Distância x Tempo (TESTE)			Modelo Distância x Tempo (RETESTE)		
	$R^2$	$V_{crit}$ (m/s)	CTA	$R^2$	$V_{crit}$ (m/s)	CTA
<b>anos de escalada</b>	,2401 $p=,477$	,4008 $p=,222$	,5991 $p=,051$	,3973 $p=,226$	,4413 $p=,174$	,4326 $p=,184$
<b>maior via metrica ultimos 12 meses</b>	,1120 $p=,743$	,6340 $p=,036^*$	,7146 $p=,013^*$	,2549 $p=,449$	,6925 $p=,018^*$	,7149 $p=,013^*$
<b>maior boulder metrico ultimos 12 meses</b>	,0562 $p=,870$	,6489 $p=,031^*$	,4012 $p=,221$	,5144 $p=,105$	,6661 $p=,025^*$	,2703 $p=,421$

\* correlação significativa  $p<0,05$

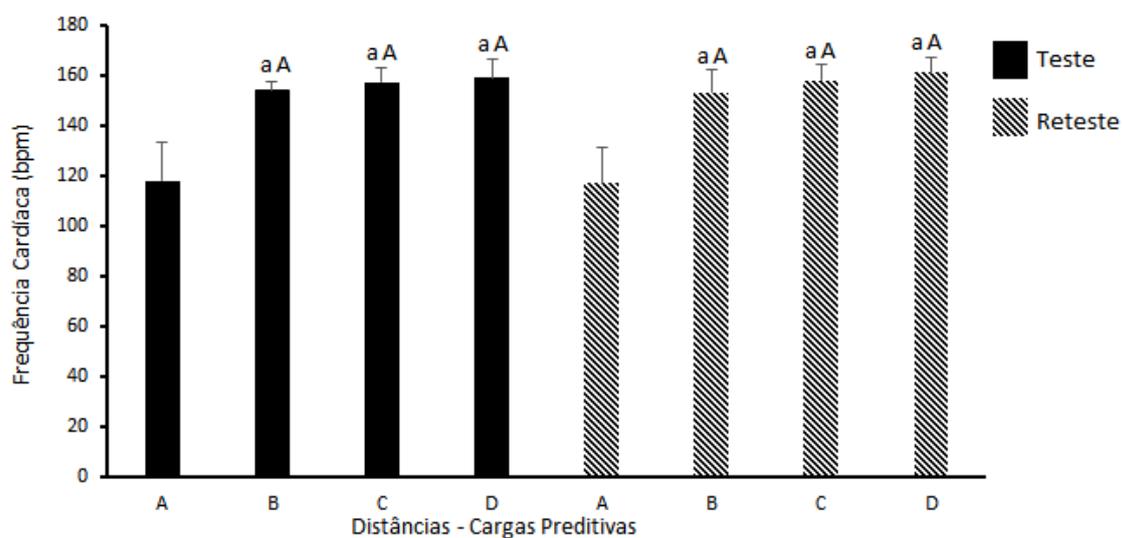
Já para o modelo Linear Velocidade x 1/ Tempo Limite, também foram encontrados valores significantes entre Maior Via Métrica nos últimos 12 meses e os valores de Velocidade Crítica no teste e reteste  $p=0,022$  e  $p=0,028$  respectivamente (Tabela 17) e valores significantes entre Maior Via Métrica nos últimos 12 meses e os valores de CTA no teste e reteste  $p=0,005$  e  $p=0,006$  respectivamente.

Para a variável Frequência Cardíaca, apresentada em média na Figura 20, foi aplicado teste ANOVA ONE WAY, e após encontrado diferença entre as distâncias  $p=0,001$  foi aplicado teste de POST HOC – BONFERRONI, onde foi possível observar a interação entre cada distância, do teste de  $V_{crit}$  e do reteste. Sendo que a Distância A do primeiro teste não é distinta da Distância A do reteste, mas é diferente das distâncias B, C e D do primeiro teste e também do reteste ( $p<0,001$ ). Já as outras distâncias, B, C e D não apresentaram diferenças significantes entre si, sendo assim B não é diferente de C nem de D, assim como C não é diferente de D, em teste e reteste.

**Tabela 17.** Correlação entre os valores de  $R^2$ ,  $V_{crit}$  e CTA do modelos linear  $Vx1/T$ , e parâmetros de desempenho na escalada, no teste e reteste.

	Modelo Velocidade x 1/Tempo (TESTE)			Modelo Velocidade x 1/Tempo (RETESTE)		
	$R^2$	$V_{crit}$ (m/s)	CTA	$R^2$	$V_{crit}$ (m/s)	CTA
<b>anos de escalada</b>	,5665 p=,069	,4644 p=,150	,4990 p=,118	,5260 p=,097	,3615 p=,275	,6529 p=,029*
<b>maior via metrica</b>	,4582 p=,156	,6757 p=,022*	,7795 p=,005*	,4396 p=,176	,6586 p=,028*	,7697 p=,006*
<b>ultimos 12 meses</b>						
<b>maior boulder metrico</b>	,4055 p=,216	,6557 p=,028*	,4912 p=,125	,3399 p=,306	,6183 p=,043*	,4774 p=,138
<b>ultimos 12 meses</b>						

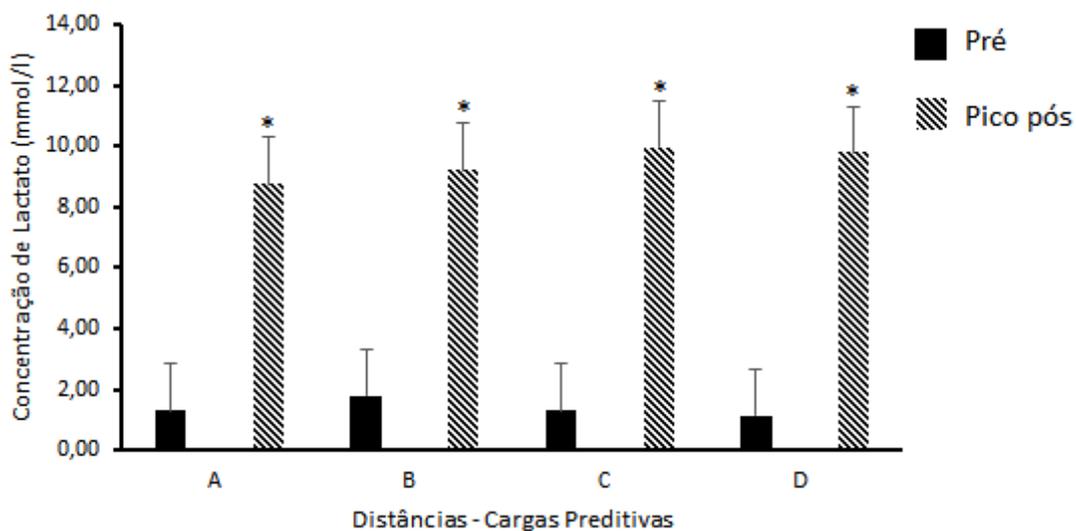
\* correlação significante  $p < 0,05$



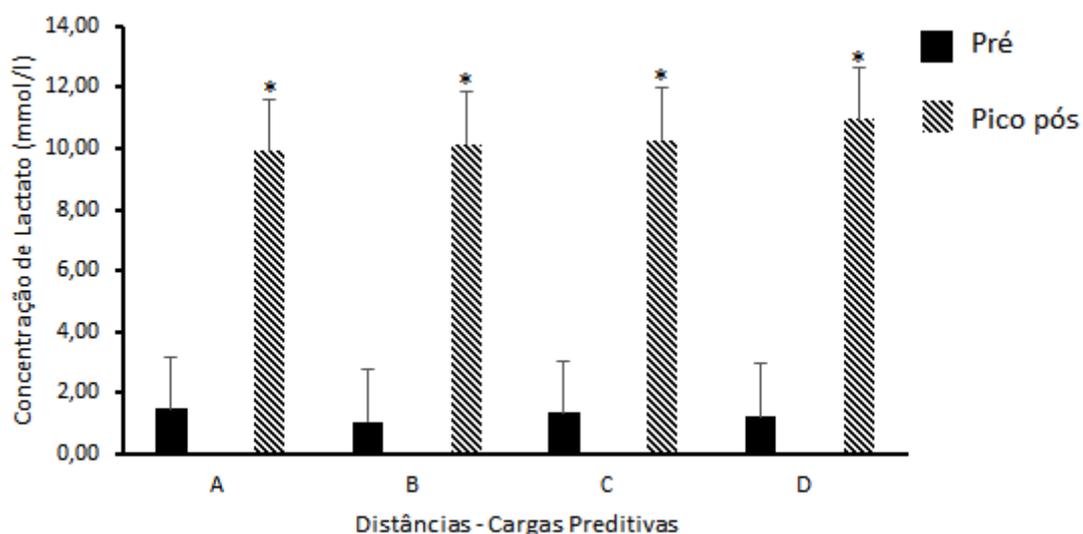
**Figura 20.** Valores em média e DP da frequência cardíaca (bpm) nas diferentes distâncias do teste de velocidade crítica. <sup>a</sup> diferença significante ( $p < 0,05$ ) entre a distância A do teste. <sup>A</sup> diferença significante ( $p < 0,05$ ) entre a distância A do reteste.

Já para os dados de concentração de Lactato, apresentados em média e DP nas Figuras 21 e 21, foi realizado ANOVA TWO WAY para correlação entre distâncias e momentos de coleta pré e pico pós, onde foram encontrados no teste  $p = 0,602$  e no reteste  $p = 0,483$  para interação entre as distâncias,  $p < 0,001$  na interação entre os momentos pré e pico pós tanto no teste quanto no reteste, e  $p = 0,160$  na interação entre

distâncias e momentos do teste e  $p = 0,257$  na interação entre distâncias e momentos do reteste. Dessa forma encontramos apenas diferença na concentração de Lactato entre os momentos pré e pico pós, independente da distância realizada, tanto no teste quanto no reteste.



**Figura 21.** Valores em média e DP da concentração de lactato (mmol/l) dos momentos pré e pico pós das cargas de velocidade crítica, distâncias A, B, C e D. \* diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os momentos pré e pico pós.



**Figura 22.** Valores em média e DP da concentração de lactato (mmol/l) dos momentos pré e pico pós das cargas de velocidade crítica, distâncias do reteste A, B, C e D. \* diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os momentos pré e pico pós.

Para testar a reprodutibilidade dos dados, foi aplicado teste T-pareado para comparação das médias de V<sub>Crit</sub>, CTA e R<sup>2</sup> do teste e reteste e Índice de Confiabilidade Intraclassa (ICC). Paralelo à isso foi realizado teste de Correlação de Pearson entre as variáveis V<sub>Crit</sub>, CTA e R<sup>2</sup> do teste com o desempenho. O teste T-pareado mostrou que os valores do teste e reteste são significativamente diferentes entre si para as variáveis analisadas, V<sub>Crit</sub>, CTA e R<sup>2</sup>. Foi encontrado um ICC forte para V<sub>Crit</sub> (0,98) e mediano para CTA (0,85).

Quando realizado teste de Correlação de Pearson, foi encontrado uma correlação positiva entre V<sub>Crit</sub> no teste (p=0,036) e no reteste (p=0,018) com o desempenho em via. Também foi encontrado uma correlação positiva entre CTA no teste (p=0,013) e no reteste (p=0,013) com o desempenho em via. Apresentando que quanto maior o desempenho do voluntário em via, no último ano, maiores eram os valores de V<sub>Crit</sub> e CTA do mesmo, tanto no teste quanto no reteste.

## 7. DISCUSSÕES

O tema central deste estudo contemplava aplicar o modelo de Velocidade Crítica à Escalada Esportiva, como um método não invasivo e de fácil aplicabilidade para determinar o Limiar Anaeróbio do escaladores e comparar, afim de validar estes resultados, com a intensidade correspondente à Máxima Fase estável de Lactato (MFEL), considerada padrão ouro para a determinação da Capacidade Aerobia. (BILLAT *et al.*, 2003), e também com os resultados obtidos através do teste de Escalada Atada.

As variáveis de FC e [Lac] foram analisadas para verificar se os testes de V<sub>Crit</sub> foram máximos. Embora os valores de FC não terem sido elevados 117 bpm ± 19 distância A, 158 bpm ± 12 distância B, 156 bpm ± 14 distância C, 158 bpm ± 8 distância D, os valores das [Lac] indicam que os testes foram máximos 8,51 mmol/L ± 1,18 distância A; 8,48mmol/L ± 1,32 distância B; 10,13 mmol/L ± 3,33 distância C; chegando à valores de 10,3mmol/L ± 2,75 no teste mais longo, distância D. Os valores de FC não muito altos podem ser explicados devido ao fato desta variável não ter um comportamento linear na escalada, como apresentados por Mermier *et al.* (1997) e Sheel *et al.* (2003), fato esse que se deve à grande realização de contrações isométricas e por ser uma modalidade muito dependente de pequenos grupos musculares, como o antebraço.

Quando analisamos a variável de  $SO_2$  podemos observar uma queda significativa nos valores de saturação pós com relação à saturação pré em todas as distâncias preditivas de  $VCrit$ , com um valor de 96% pós das distâncias curtas, A e B, e um valor ainda menor de 93% nas distâncias mais longas, C e D, indicando um fenômeno local nos momentos pós, em especial nas maiores distâncias. Curiosamente à esse dado foi encontrado uma correlação positiva entre os valores de saturação pós na distância C e o desempenho em via dos escaladores ( $p = 0,049$ ), onde quanto maiores os valores de saturação pós maiores eram os desempenhos. Essa distância em específico foi caracterizada com uma duração de  $\cong 7$  minutos, valor equivalente ao apresentado por Watts *et al.*(2004), como sendo a duração média de uma via, podendo indicar uma adaptação à prática da escalada esportiva em via., onde possivelmente o voluntário mais treinado nessa modalidade tem uma capacidade de uso e transporte de  $O_2$  maior que os voluntarios menos treinados (FRYER *et al.*, 2015; PHILIPPE *et al.*, 2012).

Com o tempo limite das 4 distâncias estabelecidas para cada voluntário, foi possível calcular, pelo modelo linear  $DxTlim$ , a  $VCrit$  ( $0,23m/s \pm 0,06$ ), a CTA ( $9,70m \pm 8,30$ ) e observar um coeficiente de regressão linear ( $R^2$ ) forte ( $\cong 0,98$ ). A partir desses dados foi possível relacioná-los com o desempenho dos escaladores obtidos através do questionário. Bertuzzi *et al.* (2007) sugerem que a escalada é uma modalidade com predomínio do sistema aeróbio e com participação do sistema anaeróbio láctico em situações competitivas (GASPARI *et al.*, 2015). Além disso também é caracterizada como uma modalidade acíclica (SHEEL *et al.*, 2003) com grande participação de contrações isométricas (SEBOLD, 2009), o que pode também, ao menos em parte, justificar a relação entre desempenho e saturação de  $O_2$  é que a medida em que o é atleta mais experiente, este pode encontrar estratégias para alternar recrutamento de grupos musculares envolvidos na tarefa, contribuindo para uma maior distribuição de fluxo sanguíneo.

Somado a isso, temos que o parâmetro aeróbio obtido pelo modelo de Potência Crítica proposto por Monod e Sherer (1965), apresenta elevadas correlações com o limiar anaeróbio (Hill, 1993; Nakamura *et al.*, 2008; Wakayoshi *et al.*, 1993 e com a Máxima Fase Estável de Lactato (Pringle e Jones, 2002; Takahashi *et al.*, 2009). Dessa forma, somando as características da modalidade e seus fatores determinantes, tais como economia de movimento e tempo de exaustão, com a elevada correlação de  $Vcrit$  com a capacidade aeróbia, é possível acreditar que um limiar anaeróbio mais alto, ou seja uma

Vcrit mais elevada, também possa ser um determinante nesta modalidade. Em nosso estudo foi possível observar a partir dados dos teste de Velocidade Crítica, uma boa correlação com o desempenho ( $p = 0,049$ ), indicando que quanto maior o grau da Via encadenada, no último ano, maiores eram os valores de Vcrit dos voluntários.

Além dessa adaptação do Modelo de Vcrit, método não invasivo, para a determinação da Capacidade Aeróbia, em escaladores esportivos, também era interesse deste estudo encontrar relação positiva entre os testes de Vcrit e MFEL, para validação do parâmetro aeróbio. Contudo não foi possível a padronização e aplicação deste último, até o presente momento. Acreditamos que a não realização do protocolo de MFEL de forma adequada, deve-se ao fato do conflito entre as características do teste frente à modalidade estudada, que é caracterizada como uma modalidade acíclica (SHEEL *et al.*, 2003) com grande participação de contração isométricas (SEBOLD, 2009), com tempo médio de duração de uma via variando entre 2 e 7 minutos, sendo que deste tempo total, 38% são gastos em contrações isométricas, ou seja, posições estáticas (WATTS *et al.*, 2004). Em comparação e dessincronismo com o protocolo de MFEL, esse é caracterizado por uma duração de 30 minutos, equivalente à  $\cong 430\%$  do tempo médio estimado para a realização de uma via esportiva, de forma contínua em uma intensidade pré-estabelecida.

A partir da determinação da Vcrit foi calculado as % relativas para a realização do teste de MFEL, onde em média os voluntários deveriam escalar à 85% numa velocidade de 0,18m/s, à 95% numa velocidade de 0,20m/s, à 100% numa velocidade de 0,22m/s e por fim à 105% numa velocidade de 0,23m/s. A partir dessas velocidades, com o comprimento fixo da via de 7,23m foi calculado o tempo de cada assensão para se manter o ritmo contínuo durante a realização do teste de MFEL, onde o tempo gasto em média, em cada % relativa seria de 42s à 85%, 38s à 95%, 36s à 100% e por fim 34s à 105%. Nessa etapa foi possível observar que os voluntários não conseguiram completar a tarefa de forma adequada, não realizando o protocolo em questão Durante as tentativas, foram analisadas as FC de cada voluntário em cada intensidade, podendo ser observado que a média das FC em cada intensidade não foram distintas entre si, tão pouco também não foram diferentes de nenhuma das distâncias das cargas preditivas de Vcritica.

A quarta etapa do projeto consistiu na aplicação do protocolo de Escalada Atada, afim de encontrar uma validação do parâmetro anaeróbio, CTA, obtido no teste de Vcrit. O protocolo atado foi caracterizado como dois tiros com duração máxima de 30s

cada um, onde os voluntários deveriam escalar a via o mais rápido possível, ligados ao elástico. Devido ao limite físico do comprimento da parede, a força observada entre os tiros e entre os voluntários, seria aproximadamente a mesma, com pequenas variações de acordo com o posicionamento corporal adotado no final da última agarra. Assim, nesta etapa, era esperado encontrar uma relação positiva entre o tempo do tiro com o desempenho em Boulder, por ser caracterizado como uma modalidade mais intensa e com menor tempo de duração  $\cong 30s$  (WHITE *et al.*, 2010). No entanto, essa relação não foi observada. Quaine *et al.* (1997) apresentaram que escaladores altamente treinados realizavam uma movimentação do centro de massa diferente da movimentação realizada pelos escaladores iniciantes, indicando que o posicionamento e a técnica podem ser relevantes para um melhor desempenho na escalada. Acreditando que a escalada atada, interfere no posicionamento do centro de massa e conseqüentemente na técnica empregada durante a ascensão da via, o uso do elástico, contra movimento de ascensão, pode influenciar de forma direta o desempenho dos escaladores, mascarando assim as correlações entre força, potência e desempenho.

Para relacionar os dados de CTA com a Potência Atada foi aplicado teste de Correlação de Pearson, onde não foi encontrado valor de p significativo, não havendo interação entre os dados. Acredita-se que este resultado seja, devido ao fato de no teste de VCrit a CTA foi calculada por meio de escalada livre, sem prejuízo da técnica. Já os resultados de potência foram calculados por meio do teste atado que pode ter influenciado na mecânica do gesto durante a ascensão da via. Entretanto, buscar relação entre a CTA e a Potência na escalada cumpriu procedimento de validação constructa, haja vista que a CTA é parâmetro de capacidade anaeróbia, não de potência. Dessa forma, fica ainda em aberto a validação para esse último parâmetro (CTA), sem prejuízo aos interessantes resultados de potência obtidos, que apesar das limitações apresentadas, revelaram inovação para a modalidade e isso deverá ser explorado em futuras investigações do laboratório.

Afim de averiguar a reprodutibilidade dos dados de VCrit foram realizados novos testes, em que a abordagem estatística convencional, teste T-pareado, demonstrou que o modelo não apresenta reprodutibilidade absoluta, uma vez que houve diferença significativa entre o teste e o reteste, tanto para a VCrit como para CTA. Apesar de não ser totalmente reprodutível é interessante observar que a correlação Desempenho Via x

Vcrit foi mantida em todos os teste. No segundo ensaio deste projeto foi encontrado uma correlação positiva entre Desempenho e VCrit ( $p = 0,040$ ) que se repetiu no teste do quinto ensaio ( $p = 0,036$ ) e também no reteste ( $p = 0,018$ ). Outro dado interessante a se observar é que no quinto ensaio foi encontrado uma correlação positiva também com o desempenho em boulder no teste ( $p = 0,031$ ) e no reteste ( $p = 0,025$ ). Além disso, se aumentarmos o N, juntando o grupo do segundo ensaio com o grupo do quinto ensaio, essa correlação positiva entre Desempenho em Via versus VCrit, bem como Desempenho em boulder versus VCrit se mantém em ambos os casos apresentando um  $p = 0,012$  e  $p = 0,011$  respectivamente.

É possível acreditar que a não reprodutibilidade dos testes de VCrit se tenha dado pelo quisto aprendizagem, onde foi possível observar que 82% dos voluntários tiveram uma melhora de  $\cong 5\%$  entre o teste e o reteste. Essa aprendizagem pode ser dividida em aprendizagem da via (ESPAÑA-ROMERO *et al.*, 2011) e familiarização com o protocolo, tendo em vista que os voluntários nunca tinham realizado este tipo de avaliação física até o presente momento.

Cabe destacar que dois indivíduos se voluntariaram tanto no ensaio 2 quanto no ensaio 5. Assim esses voluntários tiveram uma maior chance de se adaptar tanto à via, quanto ao protocolo, apresentando uma melhora de apenas 0,35% entre o teste e reteste. Quando realizamos o teste T-pareado com os dados apenas destes voluntários, não encontramos diferenças significantes entre o teste e o reteste, no quinto ensaio, com valores de  $p = 0,24$  para VCrit e  $p = 0,31$  para CTA, indicando que nesses dois casos, os valores de VCrit e CTA seriam equivalentes.

Além disso, devemos destacar algumas limitações do nosso estudo que podem ter interferido de forma direta nos resultados, tais como: não ter controlado variáveis como motivação e influências ambientais como temperatura, devido ao fato dos nossos testes serem realizado em uma parede artificial outdoor. Além disso o achado relativo à aprendizagem do teste, pode indicar uma necessidade de maior familiarização com o protocolo.

## 8. CONCLUSÃO

De acordo com nossos resultados podemos concluir que apesar do teste de Velocidade Crítica não ter sido reprodutível na escalada, este apresentou uma forte correlação com o desempenho em via. Os dados encontrados relativos ao teste de Escalada Atada, trazem informações interessantes frente à inovação apresentada para esta modalidade. Apesar de não ter sido observado a reprodutibilidade do teste, pela análise do Teste T-pareado, nosso último ensaio veio reforçar o achado da relação positiva entre  $V_{crit}$  versus Desempenho, trazendo pontos importantes para a modalidade estudada.

## 9. BIBLIOGRAFIA

BILLAT VERONIC et al. Energy Specificity Of Rock Climbing And Aerobic Capacity In Competitive Sport Rock Climbers. *The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*. v.35, n.1 p. 20-4. 1995

BILLAT VERONIC. et al. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Medicine*. v.33, n.6, p.407-26. 2003

BENEKE R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. V.27, n.6, p.863-7. 1995

BENEKE R, VON DUVILLARD SP. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events - *Medicine & Science in Sports & Exercise*. v.28, n.2, p. 241-6. 1996.

BENEKE R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. *European Journal of Applied Physiology*. v.8, n.4-5, p.361-9. 2003.

BERTUZZI R.; FRANCHINI E.; KISS M. A. P. D. M. Ajustes agudos da frequência cardíaca e da preensão manual na prática da escalada esportiva indoor. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*. v.3, n.3, p. 99-106, 2004 .

BERTUZZI, R.C.M. et al. Anthropometric characteristics and motor performance of Brazilian indoor rock climbers at the advanced and intermediate levels. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. v.9 n.1, p.07-12, 2001.

BERTUZZI et al - Energy System Contributions In Indoor Rock Climbing. *European Journal of Applied Physiology* – v.101, p 293-300. 2007

BERTUZZI R. C. M. *et al.* Fatores determinantes do desempenho na escalada esportiva: Uma das contribuições da professora Maria Augusta Kiss para o desenvolvimento das ciências do esporte no Brasil. *Revista Brasileira Medicina Esporte* – v.17, n.2, 2011.

CÉSAR P. E. et al. - Características antropométricas e fisiológicas de escaladores recreacionais *indoor*. *Revista Eletronica da Escola de Educação Física e Desporto – URFJ*. v.3, n.2, 2007

DAFLON, F.; DAFLON, C. *Escale melhor e com mais segurança*. Editora Companhia da Escalada, 336p. 2016

DRAPER et al. Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International Rock Climbing Research Association position statement. v.8, p. 88-94. 2016

DRAPER et al. Effect of an on-sight lead on the physiological and psychological responses to rock climbing *Journal of Sports Science and Medicine*. v.7, p.492-498. 2008.

ESPAÑA-ROMERO et al. - Aspectos fisiológicos de la escalada deportiva. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. v.9,n35,p. 264-298 2009

ESPAÑA-ROMERO V. et al. Climbing time to exhaustion is a determinant of climbing performance in high-level sport climbers. *European Journal of Applied Physiology*. v.107, n.5, p.517-25. 2009.

FANCHINI, M, et al. Differences in climbing-specific strength between boulder and lead rock climbers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. v.27, n.2, p.310–314, 2013.

FERRARI HG, et al. Aerobic Evaluation in Elite Slalom Kayakers Using Thethered Caone System: A new proposal. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. v.5, p.1-25. 2016

FRYER, S. et al. Forearm oxygenation and blood flow kinetics during a sustained contraction in multiple ability groups of rock climbers. *Journal of Sports Sciences*. v.33, n.5, p.518–526. 2015.

GAESSER GA, POOLE D. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. v.24, p.35-70. 1996

GAJEWSKI J. et al. Changes in handgrip force and blood lactate as response to simulated climbing competition. *Biology of Sport*, v.26, n.1, p.13-21. 2009.

GILES LUISA V, EDWARD C RHODES AND JACK E. TAUNTON. The Physiology of Rock Climbing. *Sports Medicine*, v. 36 (6): 529-545, 2006.

GRANT S. et al. A comparison of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of female elite and recreational climbers and non-climbers, *Journal of Sports Sciences*, v.19, n.7, p.499-505, 2001.

HECK H. et al. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*. v.6, n.3, p117-30. 1985

HILL DW, SMITH JC. Determination of critical power by pulmonary gas exchange. Canadian Journal of Applied Physiology. v.24, p.74-86. 1999.

HILL, D. - The critical power concept: A review. Sports Medicine. v.16, n.4, p. 237-254. 1993

HILL, DW; FERGUSON, CS. A physiological description of critical power. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. v.79, p.290-3. 1999.

INTERNATIONAL CLIMBING AND MOUNTAINEERING FEDERATION <<http://theuiaa.org/>> acesso em 17 de julho de 2017.

INTERNATIONAL FEDERATION OF SPORT *CLIMBING* <<http://www.ifsc-climbing.org/>> acesso em: 18 de julho de 2017.

JONES AM, CARTER H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. Sports Medicine. v.29, n.6, p.373-86. 2000.

KARSTEN et al. The Effects of a 6-Week Strength Training on Critical Velocity, Anaerobic Running Distance, 30-M Sprint and Yo-Yo Intermittent Running Test Performances in Male Soccer Players. Plos One. v.11, n.3, p. e0151448. 2016

KARSTEN et al . The Effects of Sport-Specific Maximal Strength and Conditioning Training on Critical Velocity, Anaerobic Running Distance, and 5-km Race Performance. International Journal of Sports Physiology and Performance, v.11, p. 80 -85. 2016

KOKUBUN E. Velocidade Crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. Revista Paulista de Educação Física. v.10, p.5-20. 1996.

MERMIER CHRISTINE M. et al. Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. British Journal of Sports Medicine. v.31:224-228, 1997.

MERMIER C. M. et al. Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British Journal of Sports Medicine*, v. 34, p. 359-366, 2000.

MESSIAS LHD, et al. Critical Velocity and Anaerobic Paddling Capacity Determined by Different Mathematical Models and Number of Predictive Trials in Canoe Slalom. *Journal of Sports Science and Medicine* .v.14, n.1, p. 188–193. 2015

MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics*. 1965.

MUSEU DE IMAGENS < <http://www.museudeimagens.com.br/mumias-de-llullaillaco/>> acesso em: 18 de julho de 2017.

PHILIPPE M. et al. Climbing-specific finger flexor performance and forearm muscle oxygenation in elite male and female sport climbers *European Journal of Applied Physiology*. v.112, p2839–2847. 2012

PHILLIPS K. C. et al. Optimizing Rock Climbing Performance Through Sport-Specific Strength and Conditioning. *Strength and Conditioning Journal*, v.34 n.3 p. jun. 2012.

QUAINE F, L VIGOUROUX, L MARTIN. Finger flexor fatigue in trained rock climbers and untrained sedentary subjects. *Sports Medicine*. v.24, p.424 – 427, 2003.

QUAINE, F, MARTIN, L, AND BLANCHI, JP. The effect of body position and number of supports on wall reaction forces in rock climbing. *Journal of Applied Biomechanics*. v.13, p.14–23. 1997.

RIVERA EML. Efectos de diferentes métodos de entrenamiento de fuerza y resistencia de agarre en escaladores deportivos de distintos niveles. 2014

SALTIN, B. Hemodynamic adaptations to exercise. *American Journal of Cardiology*. v.55, n.10, p.42D-47D, 1985.

SANTHIAGO V. et al. Responses of hematological parameters and aerobic performance of elite men and women swimmers during a 14-week training program. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. . v.23, n.4, p.1097-105. 2009

SEBOLD SILVIANA - Analise Eletromiografica Dos Flexores E Extensores Do Punho E Dedos Em Diferentes Tipos De Pegadas Na Escalada Indoor. 2009

SHEEL A.W. et al. Physiological responses to indoor rock-climbing and their relationship to maximal cycle ergometry. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 35, n. 7, p. 1225-1231, 2003.

SMITH DJ, NORRIS SR, HOGG JM. Performance Evaluation of Swimmers: Scientific Tools. *Sports Medicine* v.32, p.539-554. 2002.

TOUBEKIS AG et al. Physiological responses during interval training at relative to critical velocity intensity in young swimmers. *Journal of Science and Medicine in Sport*. v.14, n.4, p.:363-8. 2011

TOUBEKIS AG, TOKMAKIDIS SP. Metabolic responses at various intensities relative to critical swimming velocity. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. v.27, n.6, p.1731-41. 2013

ÚBEDA PALOMARES, A.B. - Valoración de la fuerza de agarre en escaladores. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. v4, n.14, p122-143. 2004.

URHAUSEN A, COEN B, WEILER B, KINDERMANN W. Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. *International Journal of Sports Medicine*. v.14, n.3, p.134-9. 1993

VAN SCHUYLENBERGH R, VANDEN EYNDE B, HESPEL P. Correlations between lactate and ventilatory thresholds and the maximal lactate steady state in elite cyclists. *International Journal of Sports Medicine*. v.25, n.6, p.403-8. 2004

WAKAYOSHI, K et al - Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer: *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. v64, p.153-157. 1992.

WAKAYOSHI K, et al. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *European Journal of Applied Physiology*. v.66, p.90-95. 1993

WATTS PHILLIP B. Physiology of difficult rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*. v.91, p.361–372, 2004.

WATTS PB; DROBISH KM. Physiological responses to simulated rock climbing at different angles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*.v.30, n.7, p. 1118-22 1998.

WHITE D.J; OLSEN, PD. A time motion analysis of bouldering style competitive rock climbing. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. v.24, p.1356-1360, 2010.

## **ANEXO 1**

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado a participar como voluntário de um estudo. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador. Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se você não quiser participar ou retirar sua autorização, a qualquer momento, não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo

**PROJETO DE PESQUISA:** UTILIZAÇÃO DO MODELO DE VELOCIDADE CRÍTICA EM ESCALADA ESPORTIVA

**RESPONSÁVEL PELO PROJETO:** Patricia dos Santos Guimarães

**LOCAL DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO:** UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP

#### **JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS**

É de meu conhecimento que este projeto será desenvolvido em caráter de pesquisa científica. O objetivo é verificar se a Velocidade Crítica pode ser utilizada como um critério de prescrição do treinamento em Escalada Esportiva Indoor.

#### **PROCEDIMENTOS**

O projeto prevê a realização de duas fases, sendo a 1º Fase constituída por um questionário de caracterização do treinamento, que visa identificar tempo de experiência, horas de treinamento por semana, bem como nível de escalada. Sendo posteriormente dividido em Grupo de Escaladores Intermediários (EI) ou Grupo de Escaladores Experientes (EE) de acordo com a graduação já realizada. Já a 2º Fase será constituída pela realização dos protocolos de Velocidade Crítica, Máxima Fase Estável de Lactato e Potência Máxima de Escalada Atada. Sendo necessária 9 visitas às dependências do Grupo de Escalada Esportiva e Montanhismo da Unicamp – GEEU.

As avaliações realizadas serão:

##### *a) Carga Preditiva para determinação da Velocidade Crítica (VCrit):*

A realização das coletas será feita por meio de quatro cargas preditivas distintas. A acessão em cada uma das distâncias escolhidas será realizada em via de graduação fixa 4º grau, na Escala Brasileira de Dificuldade, sendo que a ordem de realização do protocolo (distância 1, 2, 3 e 4) será estabelecida por meio de sorteio para cada participante e para cada dia. Após o aquecimento o voluntário será instruído a realizar a distância pré-determinada no menor tempo possível. Os testes das cargas preditivas, terão um intervalo de 24 horas. As amostras de sangue, para obtenção da concentração de Lactato [Lac], serão coletadas do lóbulo da orelha nos momentos pré, pós, 3min, 5min e 10min pós teste, em cada carga preditiva. Já para a análise da Creatina Quinase (CK) o sangue será coletado da veia da fossa antecubital, aproximadamente 5 mL, nos

momentos pré e pós de cada carga preditiva. A saturação de oxigênio será medida através de oximetria. Para a aquisição frequência cardíaca instantânea será utilizado o monitor cardiofrequencímetro durante toda a realização da via. Além disso, será coletado questionário de BORG para uma análise subjetiva do esforço em cada carga preditiva.

*b) Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL):*

A partir do valor da V<sub>Crit</sub> encontrada na primeira fase, dos testes de cargas preditivas, serão determinadas as intensidades de 80, 85, 90 e 95% da V<sub>Crit</sub>, para aplicação do teste de MFEL. A ordem de realização do protocolo (80, 85, 90 e 95%) será randomizada, com um intervalo de 24 horas entre os testes. Para a determinação da [Lac] serão coletadas amostras de sangue do lóbulo da orelha a cada 5min, em cada dia de teste e será considerada estável a variação igual ou inferior à 1mmol/L da [Lac].

*c) Potência Máxima de Escalada Atada:*

A escalada atada consistirá em tracionar o escalador em direção ao solo, enquanto este realiza movimentos para gerar sua ascensão na parede. Uma semana após a realização dos testes de MFEL será aplicado o protocolo de escalada atada, onde os escaladores irão realizar dois esforços máximos, com duração de 30s. Para tanto, os escaladores estarão conectados ao aparato de medição por meio de uma corda elástica, na altura a cintura, juntamente com a cadeirinha de segurança. Tal aparato consiste em um dinamômetro contendo uma célula de carga, fixado ao solo próximo à parede de realização da via de escalada. Após um aquecimento, pela realização de uma travessia moderada, o início do teste será determinado por um estímulo sonoro. Da mesma forma dar-se-a o término do mesmo. Assim como no teste das cargas preditivas, as amostras de sangue, para obtenção da [Lac], serão coletadas do lóbulo da orelha nos momentos pré, pós, 3min, 5min e 10min pós teste.

## **DESCONFORTOS E RISCOS**

Os testes deste estudo são seguros e bem tolerados e o risco envolvido na participação dos mesmos é baixo. Porém, alguns desconfortos podem ocorrer como: sentir algum certo cansaço e dor muscular passageira após os testes de velocidade crítica e máxima fase estável de lactato. Além disso, para a coleta de sangue, a punção da veia pode trazer um pequeno desconforto no braço devido ao aperto pelo garrote e pela picada da agulha.

Caso ocorra algum acidente, tais como queda, fratura, luxação, entre outros, será acionada a ambulância da Faculdade de Educação Física, que permanece em plantão na própria unidade, para os devidos atendimentos imediatos.

## **BENEFÍCIOS**

Não haverá compensação financeira pela participação do voluntário neste estudo. Contudo, a contribuição do participante ajudará a melhor compreensão da utilização do modelo de Velocidade Crítica como um critério para prescrição de treinamento para os praticantes de escalada esportiva. Além disso, o participante receberá um relatório

contendo informações sobre seu condicionamento físico, composição corporal e desempenho nos testes.

### **ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA**

Durante todo o desenvolvimento do projeto os participantes serão acompanhados de profissionais de Educação Física aptos para a assistência necessária, onde todas as dúvidas que surjam no decorrer do projeto possam ser prontamente sanadas

### **SIGILO E PRIVACIDADE**

Todas as informações obtidas durante as avaliações e aplicações dos testes serão mantidas em sigilo e não poderão ser consultadas por pessoas leigas. As informações assim obtidas somente serão utilizadas para fins de pesquisa científica, tendo sua privacidade sempre resguardada.

### **RESSARCIMENTO**

Todos os custos com o deslocamento até o local de realização das avaliações, como outros gastos adicionais não relacionados ao desenvolvimento do projeto, não serão de responsabilidade dos pesquisadores.

### **ARMAZENAMENTO DE MATERIAL**

Neste projeto ocorrerá armazenamento de material biológico (resolução 441/2011 CNS/MS) em forma de soro ou plasma obtido de amostras sanguíneas coletadas. Estas amostras serão devidamente acondicionadas em freezer biológico, identificadas e rigorosamente preservadas para posterior análise (Lactato e Creatina Quinase). Além disso serão armazenadas amostras de saliva para posterior análise (Testosterona e Cortisol). Caso haja necessidade de novas investigações com o material biológico armazenado, esta solicitação será submetida para aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e, quando for o caso, da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP).

Desta forma, como voluntário deste projeto:

( ) concordo em participar do presente estudo e AUTORIZO o armazenamento do meu material biológico, dispensando meu consentimento a cada nova pesquisa, que deverá ser aprovada pelo CEP institucional e, se for o caso, pela CONEP.

( ) concordo em participar do presente estudo e AUTORIZO o armazenamento do meu material biológico, sendo necessário meu consentimento a cada nova pesquisa, que deverá ser aprovada pelo CEP institucional e, se for o caso, pela CONEP.

( ) concordo em participar do presente estudo, porém NÃO AUTORIZO o armazenamento do meu material biológico, devendo o mesmo ser descartado ao final desta pesquisa.

O descarte do material armazenado será realizado após o encerramento das análises do referido projeto, conforme procedimentos descritos no Regulamento de Biorrepositório da FCA/UNICAMP, submetido ao CEP (2015).

### **CONTATO**

Em caso de dúvida sobre o estudo, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável, Patricia dos Santos Guimarães, pelo telefone (19) 99658-1231 ou pelo e-mail [pdsguimaraes@hotmail.com](mailto:pdsguimaraes@hotmail.com)

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você pode entrar em contato com a secretaria do comitê de ética em

pesquisa (CEP da UNICAMP: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126; CEP 13083-887, Campinas – SP; Tel: 3521-8936; FAX (19) 3521-7187: [email-cep@fcm.unicamp.br](mailto:email-cep@fcm.unicamp.br)

### **CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Após ter sido esclarecido sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e os possíveis incômodos que esta possa acarretar, aceito participar:

Nome do(a) participante: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### **RESPONSABILIDADE DO PESQUISADOR**

Asseguo ter cumprido as exigências de resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguo, também, ter explicado e fornecido uma cópia deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme consentimento dado pelo participante.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador

Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Rubrica do pesquisador

\_\_\_\_\_  
Rubrica do Participante

## **ANEXO 2**

### **Questionário Caracterização de Treinamento**

Nome \_\_\_\_\_ completo:

Idade (anos): \_\_\_\_\_ Peso (kg): \_\_\_\_\_ Altura (cm):  
\_\_\_\_\_

1. Tempo \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ escalada:

2. Via \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ maior \_\_\_\_\_ graduação \_\_\_\_\_ já \_\_\_\_\_ “encadenada”:

3. Via \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ maior \_\_\_\_\_ graduação “encadenada” nos últimos 12 meses:

4. *Boulder* \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ maior \_\_\_\_\_ graduação \_\_\_\_\_ já \_\_\_\_\_ “encadenado”:

5. *Boulder* \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ maior \_\_\_\_\_ graduação “encadenado” nos últimos 12 meses:

6. Horas totais de treino por semana (treino específico de escalada):  
\_\_\_\_\_

Treinos complementares (Ex. corrida, ciclismo, musculação, pilates, funcional, etc):  
\_\_\_\_\_

7. Distribuição semanal das horas de treino específico de escalada\*:

Segunda: \_\_\_\_\_ Quinta: \_\_\_\_\_ Domingo: \_\_\_\_\_

Terçar: \_\_\_\_\_ Sexta: \_\_\_\_\_

Quarta: \_\_\_\_\_ Sábado: \_\_\_\_\_

8. Qual o número médio de movimentos realizados no seu treino de escalada?  
\_\_\_\_\_

9. O local onde você realiza seu treinamento com maior frequência é:

( ) natural/rocha ( ) artificial/ginásio

10. Seu treino de escalada é feito com maior frequência em:

( ) Boulder ( ) Via

11. Você faz uso de equipamentos para realização do treino de escalada?

( ) Fingerboard ( ) Hangboard ( ) Powerball ( ) GripMaster

( ) Turntillburn ( ) Campusboard ( ) Sistenwall ( ) Lastro

( ) Outros:  
\_\_\_\_\_

12. Quais são os outros tipos de treinamento que você realiza?

- ( ) musculação      ( ) corrida      ( ) yoga  
( ) outros - Quais?

---

13. Seu treino possui algum tipo de planejamento de médio e/ou longo prazo (uso de planilhas ou qualquer tipo de organização com distribuição dos diferentes tipos de treinamento ao longo do tempo):

---

14. Como é feito o monitoramento da sua forma física (testes de condicionamento)?

---

15. Você faz acompanhamento com nutricionista?

- ( ) Sim ( ) Não

Com que frequência?

\* Como é feita a divisão do treino das suas capacidades físicas (Ex: força, resistência, flexibilidade, etc.)? Descreva o mais detalhadamente possível cada uma de suas sessões de treino na semana:

**Segunda-feira**

- ( ) força      ( ) flexibilidade      ( ) resistência      ( ) técnica      ( ) outros:

Descreva sua sessão:

---



---

**Terça-feira**

- ( ) força      ( ) flexibilidade      ( ) resistência      ( ) técnica      ( ) outros:

Descreva sua sessão:

---



---

**Quarta-feira**

- ( ) força      ( ) flexibilidade      ( ) resistência      ( ) técnica      ( ) outros:

Descreva sua sessão:

---



---

**Quinta-feira**

força       flexibilidade       resistência       técnica       outros:

Descreva sua sessão:

---

---

**Sexta-feira**

força       flexibilidade       resistência       técnica       outros:

Descreva sua sessão:

---

---

**Sábado**

força       flexibilidade       resistência       técnica       outros:

Descreva sua sessão:

---

---

**Domingo**

força       flexibilidade       resistência       técnica       outros:

Descreva sua sessão:

---

---

***Obrigado pela participação!***