

**O EFEITO DA DURAÇÃO DE PAUSA NO EXERCÍCIO
INTERMITENTE: UM ESTUDO PELO MODELO DA
POTÊNCIA CRÍTICA**

THAÍS GUIMARÃES ELENÓ

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do
Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista,
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ciências da Motricidade – Área de
Biodinâmica da Motricidade Humana.

RIO CLARO, SP
MARÇO DE 2003

O EFEITO DA DURAÇÃO DE PAUSA NO EXERCÍCIO INTERMITENTE: UM
ESTUDO PELO MODELO DA POTÊNCIA CRÍTICA

THAÍS GUIMARÃES ELENO

ORIENTADOR: Prof. Dr. EDUARDO KOKUBUN

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do
Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista,
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ciências da Motricidade – Área de
Biodinâmica da Motricidade Humana.

RIO CLARO, SP
MARÇO DE 2003

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e irmão, pelo amor, paciência, apoio e confiança.

Ao Eduardo Kokubun, por ter me orientado durante o curso, à Clarice, pela ajuda no laboratório, aos professores, aos companheiros de turma, às bibliotecárias e aos demais funcionários da UNESP, que de alguma forma contribuíram para a realização deste estudo.

Agradeço também aos meus amigos Fabiana e Gustavo pela força e companhia, além da ajuda com as coletas.

E não poderia deixar de agradecer aos meus sujeitos, pelo empenho na realização de tantos testes exaustivos.

LISTA DE ABREVIACÕES

CP – creatina fosfato

CTA – capacidade de trabalho anaeróbio

CTA_{reposta} - capacidade de trabalho anaeróbio reposta

CTA_{rem} - capacidade de trabalho anaeróbio remanescente

CTA_{ut} - capacidade de trabalho anaeróbio utilizada

FC – frequência cardíaca

[lac] – concentração de lactato

P – potência

PC – potência crítica

T_{lim} – tempo limite de esforço

T - trabalho

VO₂ – consumo de oxigênio

VO_{2max.} – consumo máximo de oxigênio

LISTA DE TABELAS

Tabela A1: Características dos sujeitos.

Tabela A2: Dados obtidos em testes contínuos e intermitentes.

Tabela A3: Média e desvio padrão de PC e CTA.

Tabela A4: Tempo de esforço; trabalho e potencia em esforços contínuos.

Tabela A5: Tempo de esforço; trabalho e potência em esforços intermitentes.

Tabela A6: Trabalho excedente nas diferentes condições de pausa em esforços
intermitentes.

Tabela A7: CTA utilizada, repostada e remanescente em testes intermitentes.

Tabela A8: Médias e desvios padrão de trabalho total, das porções da CTA, % e taxa de
recuperação da CTA, nas quatro condições de pausa.

Tabela A9: FC pré e pós-esforços contínuos.

Tabela A10: FC pré e pós-esforços intermitentes.

Tabela A11: Lactato pré e pós-esforços contínuos.

Tabela A12: Lactato pré e pós-esforços intermitentes.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Utilização da CTA em 5 (n-1) esforços de 350 w, seguido de um outro (n) até a exaustão.....	20
Figura 2: Relação entre Trabalho previsto (contínuo) e Trabalho realizado (intermitente) para diferentes tempos de pausa.....	24
Figura 3: Comportamento da FC em testes contínuos.....	25
Figura 4: Comportamento da FC em testes intermitentes com diferentes tempos de pausa.....	26
Figura 5: Relação entre FC dos penúltimos e últimos tiros de testes intermitentes com diferentes tempos de pausa.....	27
Figura 6: Concentração de lactato sanguínea pré e pós testes contínuos.....	28
Figura 7: Concentração de lactato sanguínea pré e pós testes intermitentes.....	28
Figura 8: Comportamento da CTA utilizada e repostada ao longo dos períodos de esforço e pausa em exercício intermitente.....	
Figura 9: CTA utilizada, disponível e repostada durante as repetições em testes intermitentes com diferentes tempos de pausa.....	
Figura 10: Taxa de reposição da CTA em %/s para diferentes tempos de pausa....	

RESUMO

Conhecimentos sobre a participação dos metabolismos aeróbio e anaeróbio em exercício são importantes para compreender e prever os efeitos dos diferentes tipos de treinamentos. Muitos modelos têm sido propostos para a predição da participação dessas duas vias energéticas no exercício. Um deles, proposto em 1965, sugere a existência de uma intensidade de esforço, denominada potência crítica (PC), abaixo da qual o suprimento energético é dependente exclusivamente do metabolismo aeróbio. Até a intensidade da PC, o exercício pode ser realizado por longo tempo, sem exaustão. Acima dessa intensidade, as reservas anaeróbias de energia de dimensão finita denominada capacidade de trabalho anaeróbio (CTA), são requeridas e sua total depleção está associada com a exaustão. A aplicabilidade deste modelo vem sendo estudada e comprovada em exercícios contínuos, constituindo uma forma simples e não invasiva de se determinar as capacidades aeróbia e anaeróbia. O propósito deste estudo foi explorar o exercício intermitente através do modelo da potência crítica, principalmente quanto aos efeitos da duração da pausa na reposição da CTA. Indivíduos ativos foram submetidos a exercícios contínuos e intermitentes realizados em cicloergômetro, até a exaustão. Para os testes intermitentes, os regimes de esforço-pausa foram 15 s de exercício por 15 s, 30 s, 45 s e 60 s de pausa passiva. A PC e CTA foram determinadas a partir dos testes contínuos, através de regressão linear simples, segundo a equação $P = CTA \times 1/t_{lim} + PC$. A comparação entre as variáveis foi realizada através da análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, com nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os principais resultados indicam que: da quantidade total de trabalho intermitente realizado, aproximadamente 58%, 85%, 88% e 90% correspondeu ao trabalho extra em relação ao contínuo, para os tempos correspondentes aos testes de 15 s, 30 s, 45 s e 60 s de pausa, respectivamente; houve uma recuperação de aproximadamente 63%, 89%, 93% e 97% da CTA utilizada para as mesmas condições de pausa e a taxa de reposição da CTA foi de 0,6% por segundo para pausa de 15s e de apenas 0,06% para pausa de 60s. Concluiu-se que o modelo da potência crítica pode descrever muito bem o exercício intermitente, permitindo a quantificação do gasto e da recuperação da CTA neste tipo de esforço.

PALAVRAS CHAVE: Capacidade de trabalho anaeróbio; duração da pausa; exercício intermitente, recuperação da reserva anaeróbia.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1. Potência Crítica (PC).....	03
2.2. Determinação da Potência Crítica.....	04
2.3. PC X outros métodos de determinação da capacidade aeróbia.....	06
2.4. Capacidade de Trabalho Anaeróbio (CTA).....	08
2.5. Efeitos do treinamento na PC e CTA.....	10
2.6. Exercício intermitente X PC e CTA.....	11
3. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS.....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.1. Sujeitos.....	17
4.2. Procedimentos metodológicos.....	17
4.3. Sessões experimentais.....	17
4.4. Sessão de adaptação.....	18
4.5. Sessões de esforço contínuo.....	18
4.6. Sessões de esforço intermitente.....	18
4.7. Registro dos tempos de esforço.....	19
4.8. Monitoramento da frequência cardíaca (FC).....	19
4.9. Análise da amostra sanguínea.....	19
4.10. Cálculo da PC e CTA.....	19
4.11. Cinética da recuperação da CTA.....	19
4.12. Análise dos resultados.....	20
5. RESULTADOS.....	21
5.1. Características dos sujeitos.....	21
5.2. Variáveis de performance.....	21
- Tempo de esforço.....	21
- Trabalho realizado.....	22
- Potência	22
- Trabalho excedente e frações da CTA.....	23
5.3. Variáveis fisiológicas.....	24
- Frequência cardíaca (FC).....	24
- Concentração de lactato [lac].....	27
6. DISCUSSÃO	29
7. CONCLUSÃO.....	38
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	
ABSTRACT.....	
ANEXO.....	

1. INTRODUÇÃO

Do ponto de vista energético, o tipo, a duração e a intensidade do exercício, são importantes fatores para determinar a predominância do metabolismo aeróbio, anaeróbio láctico ou alático. Admite-se que durante os momentos iniciais do exercício, assim como em exercícios muito intensos, o consumo de oxigênio não atinge o estado estável e a demanda do exercício, de modo que o metabolismo aeróbio não consegue suprir as necessidades de oxigênio da atividade. Assim, o metabolismo anaeróbio auxilia na produção energética, a fim de proporcionar condições para a continuidade do esforço. Nessa situação de *déficit* de oxigênio, ocorre a depleção de creatina fosfato (CP) e um contínuo aumento da frequência cardíaca (FC), produção e acúmulo de lactato ([lac]), intensificando a acidose e conduzindo à fadiga e exaustão.

Muitos estudos sobre trabalho contínuo e intervalado, limiar de lactato, consumo de oxigênio (VO_2), estado estável de FC, [lac] e VO_2 , já foram realizados com o propósito de compreender melhor os mecanismos fisiológicos que levam à fadiga e exaustão durante o exercício.

Dentre esses estudos, merece destaque um modelo proposto em 1965 por Monod & Scherrer, conhecido como modelo da potência crítica. O modelo sugere a existência de uma intensidade de exercício, denominada potência crítica (PC), acima da qual ocorre a depleção progressiva de reservas anaeróbias, resultando em exaustão. Assim, a PC determina a capacidade aeróbia de realização de trabalho, enquanto as reservas anaeróbias representam a capacidade de trabalho anaeróbio (CTA), cuja dimensão é limitada e seu esgotamento ocorre em função da intensidade e duração do exercício.

Segundo essa teoria, a intensidade da potência crítica corresponde à máxima intensidade de esforço onde são observados valores estáveis de FC, [lac] e VO_2

(GAESSER & POOLE, 1996). Esses exercícios que constituem o domínio intenso, ou seja, onde as respostas fisiológicas apresentam um comportamento transitório, mas que atingem o estado estável após determinado tempo, são realizados sem utilização da CTA e podem ser prolongados, em teoria, indefinidamente sem exaustão. Acima desta intensidade, aquelas variáveis fisiológicas não mais se estabilizam, aumentando até os seus valores máximos. Nos exercícios deste domínio denominado severo, a CTA é progressivamente depletada e a exaustão ocorre quando ela é totalmente esgotada. A CTA se comporta desta forma também para exercícios classificados em domínio acima do severo, onde a intensidade do esforço é tão elevada e a exaustão ocorre tão rapidamente, que as respostas fisiológicas nem chegam a atingir seus valores máximos. A CTA se esgota quase que instantaneamente, proporcionando um tempo de esforço insuficiente para que se alcance tais valores.

Há grande número de evidências experimentais que suportam o pressuposto de que a PC seja um indicador válido de determinação da capacidade aeróbia no exercício contínuo. Contudo, poucos experimentos foram desenvolvidos com exercícios intermitentes, na forma dinâmica de trabalho. Assim, o presente estudo foi elaborado com o propósito de investigar a influência da duração da pausa no desempenho deste tipo de exercício a partir do modelo da potência crítica, assim como analisar a recuperação da CTA nos diferentes regimes de pausa.

2. REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA

2.1. POTÊNCIA CRÍTICA (PC)

O conceito de potência crítica foi descrito, primeiramente, por Monod & Scherrer (1965), e foi definido como a mais alta intensidade de trabalho tolerada, sem exaustão, durante um longo período de exercício contínuo. Segundo os autores, a execução de esforços em intensidade inferior ou igual à da PC, pode ser bastante prolongada, uma vez que o processo de instalação da fadiga não acontece e, portanto o quadro de exaustão não é observado.

Gullett et al. (1988) verificaram a partir da correlação positiva ($r = 0,74$ com $p < 0,05$) obtida entre os valores de capacidade anaeróbia determinada pelo testes de *Wingate* e a CTA obtida pelos testes da potência crítica, que este último era válido e aplicável também para a determinação das capacidades anaeróbias. Além disso, confirmaram sua reprodutibilidade através de teste e reteste, onde obtiveram correlações positivas de $r = 0,94$ para PC e $r = 0,87$ para CTA.

Walsh (2000) se referiu à PC como um conceito fundamental para a descrição da fadiga e da exaustão, onde o principal determinante fisiológico corresponde à habilidade de utilização do oxigênio. O autor estendeu o conceito da PC para todos os sistemas do organismo, sugerindo que cada um deles possui sua própria PC, sendo que os sistemas cardíaco e respiratório são os que, teoricamente, apresentam as intensidades de PC mais elevadas. Isto faz muito sentido, já que são sistemas responsáveis pela manutenção da homeostase do organismo, com o objetivo de proteger a integridade orgânica. Sendo assim, estes e os demais sistemas protetores devem apresentar uma melhor captação e utilização de oxigênio, demonstrando claramente, a ligação existente entre PC e um bom funcionamento aeróbio dos sistemas.

Jenkins, Kretek & Bishop (1998) questionam a suposição de que a PC é a maior intensidade de esforço obtida sem a contribuição contínua e progressiva do sistema anaeróbio e, portanto, sem o surgimento de fadiga. Segundo os autores, essa definição de PC não é apropriada, pois na prática, a fadiga se instala após um certo período de esforço, mesmo na intensidade de PC. Neste estudo, os indivíduos eram encorajados a pedalar na intensidade da PC por 60 minutos. No entanto, os resultados mostraram que a fadiga se instala dentro de aproximadamente 40 minutos, nesta intensidade.

Apesar de toda controvérsia a respeito do modelo da PC, Bishop, Jenkins & Horward (1998) tentaram facilitar seu entendimento. Segundo o modelo ilustrativo apresentado por eles, o corpo deve ser considerado como um único compartimento, onde o estoque de energia e a taxa de suprimento energético sejam fixos. Para que um exercício seja realizado, é necessário que a taxa de fornecimento energético acompanhe o ritmo da utilização dessa energia. Desta forma, se a velocidade de utilização das reservas energéticas for maior que a de reposição, aquele estoque limitado de energia irá se esgotar e o exercício será interrompido.

No modelo da PC, o estoque de energia corresponde à CTA e a reposição à síntese aeróbia de ATP. Assim, quando o exercício é muito intenso, ou seja, acima da potência crítica, a utilização das reservas anaeróbias torna-se superior à produção de energia aeróbia e conseqüentemente, dentro de um determinado período de tempo, ocorrerá a exaustão. Por outro lado, se a intensidade do exercício for baixa, correspondente à PC ou inferior, haverá um equilíbrio entre a produção e a utilização de ATP, as reservas anaeróbias permanecerão estáveis e o tempo de realização do exercício até a exaustão será maior.

2.2. DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA CRÍTICA

Monod & Scherrer (1965) apresentaram uma função hiperbólica retangular, que determina a capacidade de trabalho total considerando-se a relação entre a potência gerada pela musculatura durante exercício e o tempo de exercício até atingir a exaustão (t_{lim}). Esta função baseia-se no fato de que a duração pela qual um exercício de alta intensidade pode ser mantido até o ponto de fadiga, é inversamente proporcional

à potência (P) que se pode imprimir durante o esforço. Assim, quanto maior a potência empregada, menor a duração do exercício.

A função matemática que se relaciona com essa situação apresenta-se da seguinte forma: $CTA = (P - PC) \times t_{lim}$.

Transformando o modelo da hipérbole retangular em expressão linear, obtém-se a relação entre trabalho realizado (T) e tempo de exaustão; ou seja: $T = CTA + PC \times t_{lim}$. Neste modelo, a inclinação da reta representa a Potência Crítica (PC) e o intercepto-y, corresponde à capacidade de trabalho anaeróbio (CTA).

Existe ainda um terceiro modelo matemático que relaciona a potência com o inverso do tempo de exaustão ($1/t_{lim}$). Neste caso, o gráfico é uma reta cuja inclinação corresponde à CTA e o intercepto-y, à PC. A expressão matemática para essa relação é: $P = CTA \times (1 / t_{lim}) + PC$.

Esses três métodos de determinação de CTA e PC são matematicamente equivalentes e são bastante empregados nos diferentes estudos, tais como o de Gaesser et al. (1995), Bishop, Jenkins & Howard (1998) e Walsh (2000). Assim, os três modelos apresentam, teoricamente o mesmo grau de confiabilidade. Entretanto, a determinação experimental de PC e CTA requer cuidados metodológicos para garantir a confiabilidade.

Housh, Housh & Bauge (1990), por exemplo, acreditam que apesar de os dados de apenas duas cargas serem aparentemente suficientes para a determinação da PC e da CTA, um erro em qualquer um deles, pode resultar em grandes diferenças na determinação da PC e CTA. Portanto, esses autores sugerem a aplicação de uma terceira carga, para se determinar melhor a curva, ou então, que as duas cargas sejam cuidadosamente escolhidas, resultando em uma diferença de tempo de exaustão de aproximadamente cinco minutos entre elas. Recomendam ainda que todas as cargas devam variar entre 1 a 10 min de esforço até exaustão e que seja necessário um período de recuperação de pelo menos 3 h entre elas. Além disso, não aprovam a realização de mais de dois testes no mesmo dia.

Outra precaução, como Hill & Smith (1994) sugerem, envolve a análise do erro padrão de estimativa (SEE). Neste estudo, foram analisados o CTA, SEE e o *déficit* de oxigênio. A correlação entre *déficit* de O₂ e CTA com elevado valor de SEE ($r = 0,81$ com $p = 0,10$) e CTA com baixo valor de SEE ($r \geq 0,92$ com $p = 0,10$),

demonstraram que este erro pode comprometer a validade da CTA como um indicador da capacidade anaeróbia. Consideram os autores que os valores de SEE são aceitáveis para a validação da CTA como uma medida da capacidade anaeróbia, se $SEE < 10\%$ da CTA quando os modelos utilizados são o não linear (potência-tempo) e o linear (trabalho-tempo); e $SEE < 5\%$ da CTA quando o modelo for o linear (potência-1/tempo).

Para Bishop, Jenkins & Howard (1998), existe ainda um outro ponto a se considerar. O modelo da PC não leva em consideração o *déficit* de O₂, ou seja, o período inicial do exercício, onde o metabolismo aeróbio encontra-se em atividade acelerada para conseguir adequar o fornecimento energético à demanda do exercício. Este processo leva cerca de três minutos e, normalmente, o procedimento para a determinação da PC envolve testes que resultam em exaustão num tempo inferior a este. Isto pode comprometer a predição da intensidade de PC, de forma que esta superestime a taxa de síntese de ATP, impedindo o prolongamento do exercício nesta intensidade. Os autores sugerem que as cargas preditivas apresentem um tempo de exaustão superior a três minutos, embora acreditem que sejam necessários estudos adicionais sobre esta questão.

2.3. PC X OUTROS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE AERÓBIA

As respostas de limiar ventilatório e limiar de lactato têm sido muito utilizadas como indicadores válidos da condição física e também como uma forma confiável de predição da performance aeróbia. Como esses métodos requerem coletas de amostras de sangue e gases, vários estudos têm procurado verificar se um método mais simples, como o da potência crítica, reproduziria os mesmos resultados.

Moritani et al. (1981) pretenderam investigar se a PC pode fornecer alguma informação sobre limiar anaeróbio e VO₂máx. Para isso, oito indivíduos de cada sexo se submeteram a testes para determinar o VO₂máx. e o limiar anaeróbio. Realizaram também testes para determinação de PC em normóxia e hipóxia. Verificaram que a PC é dependente do suprimento de O₂, pois um decréscimo da concentração de oxigênio do ar inspirado, resultou em baixo valor de PC (a 20,93% de O₂, a PC correspondia a 197W e a 9% de O₂, a PC era apenas 110W). Além disso,

verificaram que PC e limiar anaeróbio consistem em variáveis fisiológicas semelhantes, uma vez que foi possível verificar uma correlação significativa ($r = 0.927$, $p < 0,01$) entre o consumo de O₂ referente à intensidade do limiar anaeróbio e àquele referente à intensidade da PC.

Housh et al. (1991) também encontraram uma correlação significativa ($r = 0,616$) entre a PC e o limiar anaeróbio (OBLA *onset of blood lactate accumulation*), que corresponde à concentração de 4mmol /L de lactato sanguíneo. Considerando que o OBLA está associado com o trabalho cardíaco e também com as características metabólicas da musculatura ativa, os autores sugeriram que a PC pode ser determinada pela influência tanto de fatores centrais como periféricos. Clingeleffer, McNaughton & Davoren (1994) também investigaram a utilização da PC como um indicador do limiar anaeróbio (OBLA) em atletas de caiaque de nível nacional e verificaram, a partir de testes de determinação da PC e do OBLA, que a intensidade da PC superestimou significativamente ($t = 3,886$, $p < 0,05$) a intensidade do OBLA. Estes resultados sugerem que se tratam de diferentes parâmetros fisiológicos e que, portanto, a PC não representa uma intensidade sustentável de esforço para períodos muito prolongados.

McLellan & Cheung (1992) analisaram as respostas metabólicas e cardiorrespiratórias nas cargas correspondentes à PC e ao limiar anaeróbio individual (IAT), onde quatorze indivíduos foram submetidos a testes de determinação de VO₂máx, IAT, PC, além dos 30 minutos em intensidade de PC e IAT. Os resultados mostraram que o método usado para determinar a PC superestima a potência associada ao máximo estado estável de lactato, assim como ao IAT, já que a intensidade do IAT se mostrou cerca de 30 W abaixo da intensidade da PC. Além disso, os autores ainda encontraram uma diferença de aproximadamente 10% no consumo máximo de oxigênio entre as intensidades de PC e limiar anaeróbio individual.

Jenkins & Quigley (1990), por sua vez, verificaram a correlação entre a PC e o máximo estado estável de lactato de indivíduos altamente treinados em ciclismo. Neste estudo, os participantes conseguiram manter o esforço na intensidade da PC por um período de 30 min, porém a média de concentração de lactato foi bem maior do que 4mmol/L, chegando a 8,9mmol/L. A baixa correlação ($r = 0,34$) encontrada entre [lac] e PC, assim como a correlação significativa ($r = 0,78$) obtida entre [lac] e intercepto-y da função da PC, mostraram que o intercepto-y está relacionado à capacidade anaeróbia e

que embora a PC seja considerada como a intensidade que possibilita um longo período de esforço, ela não ocorre sem fadiga e parece corresponder a uma intensidade maior que a do limiar anaeróbio e do estado estável de lactato.

Por outro lado, Kolbe et al. (1995), mencionaram trabalhos onde a PC apresenta boa correlação com VO₂máx e limiar anaeróbio. Jenkins & Quigley (1992), submeteram indivíduos a oito semanas de treinamento em cicloergômetro, com sessões de 30, 35 e 40 minutos contínuos em intensidade de PC ou próxima a ela, ou seja, um treinamento aeróbio. Ao final do treinamento, puderam verificar um aumento de aproximadamente 30% na inclinação da curva da PC, cujo valor médio passou de 196W para 255W, confirmando a relação entre PC e capacidade aeróbia e sugerindo que o modelo da PC consiste em um método simples e não invasivo de se determinar a capacidade aeróbia.

2.4.CAPACIDADE DE TRABALHO ANAERÓBIO (CTA)

A capacidade anaeróbia representa a máxima quantidade de energia disponível para esforços anaeróbios e está relacionada aos estoques de fosfagênio, capacidade glicogenolítica e das mioglobinas. Entretanto, o envolvimento proporcional de creatina fosfato, glicólise e glicogenólise, para a ressíntese de ATP durante exercício intenso, é muito difícil de ser mensurado (JENKINS & QUIGLEY, 1991).

Uma grande capacidade anaeróbia é muito importante para o sucesso em esportes que envolvam períodos curtos de esforço intenso e Medbo & Burgers (1990) relataram que ela varia significativamente entre os indivíduos, dependendo do tipo de treinamento.

Sugere-se que a CTA esteja relacionada ao teste de *Wingate* devido à presença de um significativo componente anaeróbio neste teste. Entretanto, Vanderwalle et al. (1987) verificaram que o trabalho total realizado durante os 30s de esforço máximo era menor do que a CTA, de modo que esse período parece ser muito curto para exaurir o suprimento anaeróbio de energia representado pela quebra de creatina fosfato e glicogenólise.

Por outro lado, um exercício com duração superior a 60 s, poderia aumentar muito a contribuição do metabolismo aeróbio em suprir a energia necessária para a atividade (JENKINS & QUIGLEY, 1991). Este estudo envolveu nove

voluntários do sexo masculino, moderadamente treinados e procurou verificar a relação entre o intercepto-y e os dados obtidos a partir de 5 repetições de 60 s de exercício intenso em cicloergômetro (0,075 N/Kg), com intervalo entre repetições de 5 min em repouso, sentado na bicicleta. Os resultados sugeriram que os indivíduos que apresentaram maiores valores de intercepto-y eram capazes de realizar maior quantidade de trabalho no período ativo ($r = 0,74$, $p < 0,05$). Além disso, não se verificou correlação significativa entre pico de lactato e total de trabalho ($r = 0,16$), não havendo, portanto, uma queda tão acentuada no pH sanguíneo destes indivíduos. Essas relações podem ser explicadas por um sistema de tamponamento mais eficiente ou por uma maior contribuição do metabolismo aeróbio para a demanda energética dos participantes de maior intercepto-y. Isto demonstra que existe uma relação entre o pH sanguíneo após exercício, o total de trabalho realizado em regime intervalado e o intercepto-y e que a habilidade de desempenho para o trabalho intermitente de alta intensidade depende da contribuição energética tanto do metabolismo anaeróbio quanto do aeróbio.

Bulbulian, Jeong & Murphy (1996) avaliaram a relação entre o teste de *Wingate* e o intercepto-y do teste da PC, sobre a capacidade anaeróbia e a reserva anaeróbia, respectivamente. Os resultados mostraram que a capacidade anaeróbia calculada a partir do teste de *Wingate* e a reserva anaeróbia obtida pelo teste da PC não se correlacionaram muito bem ($r = 0,07$). A reserva anaeróbia apresentou-se aproximadamente 23% mais baixa que a capacidade anaeróbia, o que parece demonstrar a participação do metabolismo aeróbio durante o teste de *Wingate*. Portanto, os autores sugerem a comparação entre capacidade anaeróbia e reserva anaeróbia seja problemática devido às diferenças metodológicas e teóricas existentes entre os testes de *Wingate* e da PC.

Desde o início do século 20, muitos pesquisadores vêm tentando quantificar a produção de energia anaeróbia durante exercícios e a medição do *déficit* de oxigênio é, atualmente, um dos melhores métodos para quantificar a produção de energia anaeróbia durante o exercício intenso.

Em função disso, Hill & Smith (1994) determinaram a CTA utilizando os três diferentes modelos matemáticos da potência crítica, além do *déficit* máximo de oxigênio. Verificaram que as médias de CTA e de *déficit* máximo de O₂ estavam

altamente correlacionadas ($r \geq 0,85$, $p < 0,05$), apresentando valores semelhantes, mostrando que a CTA pode ser um indicador válido e indireto da capacidade anaeróbia.

2.5. EFEITOS DE TREINAMENTO NA PC E CTA

A PC aumenta após treinamento de resistência e a CTA após treinamento de alta intensidade, o que indica a especificidade desses parâmetros para as capacidades aeróbia e anaeróbia, respectivamente. Entretanto, Hill (1993) salienta que pequenos aumentos da potência aeróbia após treinamento anaeróbio e pequenos aumentos da capacidade anaeróbia após treinamento de resistência não devem ser inesperados. O treinamento anaeróbio apresenta um considerável componente aeróbio e o treinamento de resistência, especificamente o de alta intensidade e intermitente, apresenta um componente anaeróbio.

Se a capacidade anaeróbia pode ser aumentada com o treinamento, espera-se que indivíduos regularmente submetidos a diferentes tipos de treinamento anaeróbio, apresentem uma capacidade anaeróbia maior que a de indivíduos destreinados. Medbo & Burgers (1990) determinaram a capacidade anaeróbia de indivíduos destreinados, treinados em resistência e treinados em velocidade. De fato, os resultados mostraram que os últimos apresentam uma capacidade anaeróbia, expressa pelo *déficit* máximo de O₂ acumulado, 30% ($p < 0,01$) maior quando comparado àqueles destreinados. Os treinados em resistência, por outro lado, apresentaram uma capacidade anaeróbia semelhante à dos destreinados.

Por outro lado, Bishop & Jenkins (1996) observaram a influência de um programa de seis semanas de treinamento de resistência na função da potência crítica, no tempo de exaustão na intensidade da PC e no pico de VO₂ e encontraram um aumento de aproximadamente 35% ($p < 0,05$) da CTA, ou seja, do intercepto-y que pode indicar uma melhora da habilidade do músculo em repor ATP anaerobiamente. Além disso, foi observado ainda, um aumento no trabalho realizado no teste de 30s. Em contraposição, nenhuma alteração significativa foi observada em relação à PC, o que pode significar uma limitação da sensibilidade do modelo da PC a curtos períodos de treinamento de resistência.

Levando em consideração que os índices de capacidades aeróbia e anaeróbia costumam sofrer modificações em função do tipo e da duração do

treinamento, e que os valores de PC e CTA têm se mostrado correlacionados a esses índices, espera-se que PC e CTA também sofram modificações induzidas pelas características dos treinamentos.

2.6. EXERCÍCIO INTERMITENTE X PC E CTA

O exercício intermitente apresenta períodos de esforço intenso separados por outros de pausa ativa ou passiva e tem sido muito estudado e utilizado como uma forma de aumentar a sobrecarga dos atletas, por permitir uma certa recuperação durante os períodos de pausa, tornando possível a realização de um maior volume de exercícios, a uma intensidade mais elevada. Além disso, como os períodos de esforço são relativamente curtos apesar de intensos, as reservas musculares de energia não chegam a se esgotar.

Nos momentos iniciais de qualquer exercício, principalmente nos mais intensos, a energia fornecida é proveniente das reservas musculares anaeróbias, já que o metabolismo aeróbio ajusta-se lentamente à demanda do exercício. Assim, acumula-se um *déficit* do oxigênio e as reservas de fosfocreatina tendem à depleção enquanto o metabolismo anaeróbio láctico se intensifica, promovendo a ocorrência do acúmulo de lactato muscular e sanguíneo e favorecendo o aparecimento do quadro de exaustão.

No exercício intermitente, porém, é possível prolongar o exercício até a exaustão, uma vez que os curtos períodos de esforço intenso não são suficientes para depletar completamente as reservas de ATP-CP e conseqüentemente o acúmulo de lactato e o *déficit* de O₂ não são tão elevados ao fim de cada período de exercício intenso. Além disso, durante a recuperação, as reservas de ATP-CP são restauradas e o pequeno acúmulo de lactato pode ser removido parcial ou totalmente, dependendo do tipo e da duração da pausa. Desta forma, para o período de esforço seguinte, haverá energia suficiente disponível e um maior número de esforços intensos será possível até a exaustão.

No início, o treinamento anaeróbio intervalado era estudado a partir de uma frequência pré-determinada de trabalho com intensidade normalmente supramáxima (130-160% VO₂máx) e intercalavam-se períodos de esforço de 10-15s com os de pausa de 15-40s. Mais recentemente passou-se a aplicar repetições máximas e pausas mais longas, de 30s a 45min (BILLAT et al., 2001).

Essas duas abordagens podem mostrar o envolvimento dos diferentes tipos de metabolismo, anaeróbio láctico e alático, respectivamente e também a influência da curta duração da pausa (ressíntese de creatina fosfato) no decréscimo do tempo limite de esforço e do total de trabalho realizado.

Alguns estudos verificaram que 30s de pausa representa um período suficientemente longo que permite a ressíntese de fofagênios e que consequentemente, associa-se com o estado estável de lactato sangüíneo. A CP pode regenerar ATP em alta velocidade, porém sua concentração no músculo, é limitada e a fadiga resultante de um exercício curto de alta intensidade, pode estar relacionada com a baixa disponibilidade de CP. Simultaneamente, ocorre também a queda do pH, sendo difícil separar suas contribuições individuais para o processo da fadiga (BOGDANIS et al., 1995).

Durante um exercício curto, como um *sprint* máximo, por exemplo, a energia torna-se disponível através da rápida degradação da CP, porém é muito difícil haver a participação apenas do metabolismo anaeróbio alático. Existe também a contribuição da glicólise anaeróbia e da glicogenólise para a demanda energética total. No exercício intermitente, entretanto, a contribuição dessas últimas deve ser consideravelmente menor do que para um exercício realizado com intensidade semelhante, de forma contínua (BILLAT et al., 2001).

Gaitanos et al. (1993) verificaram que durante um *sprint* de 6s num cicloergômetro, a contribuição da CP para a produção anaeróbia total de ATP, foi de aproximadamente 50%. Se o exercício se prolongar a 30s, a CP estará muito reduzida já aos 10s e a produção de ATP durante os 20s restantes dependerá da glicólise e do metabolismo aeróbio (BOGDANIS et al., 1995). Assim, treinamentos intervalados que apresentem períodos ativos mais curtos (menores que 30s) e pausa passiva têm sido bastante utilizados para remadores (GULLSTRAND, 1996) e atualmente, vêm sendo aplicados também a corredores de meia distância (BILLAT et al., 2001).

Durante o início do período de pausa, a CP e a potência do exercício são recuperadas rapidamente, porém, 6 min de repouso após 30 s de *sprint* foram inadequados para a completa recuperação da potência e do metabolismo muscular (BOGDANIS et al., 1995). Este e outros trabalhos revelam que a recuperação da potência do esforço pode estar relacionada com a duração e intensidade do exercício

anterior, ou seja, uma curta duração e baixa intensidade estão associadas à rápida recuperação da função muscular.

Nesse estudo de Bogdanis et al.(1995), nem a creatina fosfato nem o desempenho durante *sprints* foram recuperados totalmente após 6 min de repouso. Segundo os autores, o decréscimo da recuperação da potência realizada durante *sprint* máximo parece estar relacionado à inabilidade de regeneração de ATP em velocidade elevada, a partir da creatina fosfato e da glicólise.

O treinamento intermitente estimula a velocidade de remoção do lactato, que é diretamente dependente da sua concentração, ou seja, quanto maior a concentração de lactato, mais rápida sua remoção (BROOKS et al., 1996). Portanto, tem-se sugerido que esforços que aumentam os níveis de lactato sanguíneo melhoram também sua remoção. Neste caso, a pausa ativa, no trabalho intermitente, teria o objetivo de estimular a remoção e conseqüentemente, evitar o acúmulo de lactato (BILLAT et al., 2001).

O modelo da potência crítica pode ser relacionado, teoricamente com a utilização do metabolismo aeróbio e anaeróbio no exercício intermitente. Nos esforços intensos realizados a uma intensidade mais elevada que a da potência crítica (PC), parte da energia utilizada deve ser proveniente da capacidade de trabalho anaeróbio (CTA), enquanto que no período de recuperação passiva, o esperado é que a CTA seja parcial ou totalmente restaurada. Admite-se, então, que quanto maior o tempo de recuperação, maior deva ser a reposição da CTA, embora a frequência de reposição possa não se manter a mesma durante todo o período de recuperação. Pode haver uma relação ideal entre a % de CTA depletada e o tempo de reposição, a partir do qual a velocidade de restauração da CTA torne-se mais vagarosa.

Desta forma, espera-se que seja possível a existência de uma relação de esforço-pausa que proporcione a total reposição da CTA utilizada durante o período de esforço. Assim como existe a intensidade onde teoricamente não há o esgotamento da CTA, ou seja, a intensidade da PC, a relação ideal entre esforço e pausa constituiria mais uma situação que possibilitaria a execução indeterminada do trabalho.

3. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

Estudos qualitativos têm demonstrado que o trabalho total realizado no exercício intermitente é maior do que aquele realizado de forma contínua. Entretanto, a relação qualitativa entre a pausa e a capacidade de realização de trabalho no exercício intermitente é pouco conhecida, apesar de sua enorme relevância para a prática. Este estudo foi elaborado com o propósito de aplicar o modelo da potência crítica no exercício intermitente a fim de quantificar a energia utilizada neste tipo de exercício.

O modelo da potência crítica pressupõe a existência de uma intensidade de exercício acima da qual as reservas anaeróbias são depletadas. Pode-se supor que no exercício intermitente, os períodos de pausa possibilitam a reposição parcial ou total das reservas depletadas durante os períodos ativos, de forma que durante cada um dos períodos de esforço realizado a uma intensidade supra-potência crítica haveria a utilização de uma parcela da reserva anaeróbia, que aqui foi denominada capacidade de trabalho anaeróbio utilizada (CTAut). Nos períodos de pausa passiva, porém, haveria reposição dessa reserva anaeróbia, denominada capacidade de trabalho anaeróbio reposta (CTAreposta).

A hipótese era de que ao final de uma série de esforços intermitentes, a reserva anaeróbia total de energia, ou seja, a somatória das reservas anaeróbias correspondentes a todas as repetições (SCTAut), se apresentasse aumentada em relação a um exercício contínuo, o que proporcionaria uma maior quantidade esforço intenso até que se instalasse a exaustão.

Para garantir a depleção total da CTA, propôs-se neste estudo, submeter os participantes a um esforço exaustivo ao final das séries de exercícios intermitentes, o

que possibilitaria a estimativa da CTA que não foi utilizada nos esforços anteriores (CTA remanescente, CTA rem).

Assim, os objetivos do presente estudo foram:

- aplicar o Modelo da Potência Crítica no exercício intermitente;
- estimar a utilização e reposição das reservas anaeróbias em exercícios realizados com diferentes durações de pausa.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Indivíduos:

Participaram do presente estudo, oito indivíduos jovens, aparentemente saudáveis, ativos, sendo um do sexo masculino e sete do sexo feminino. Durante o período de realização dos testes, os participantes do presente estudo apresentavam idade de $21,9 \pm 1,8$ anos e massa corporal de $57,3 \pm 4,79$ Kg. As características individuais estão apresentadas na tabela A1 em anexo.

Os voluntários foram informados sobre os procedimentos e possíveis riscos relacionados ao estudo e assinaram um termo de consentimento para participarem dos mesmos. Os procedimentos do presente estudo foram aprovados pela comissão local de ética.

4.2. Procedimentos metodológicos:

Todos os testes foram realizados em cicloergômetro com frenagem mecânica da marca Monark até a exaustão voluntária. Foi realizada apenas uma sessão de teste por dia, preferencialmente no mesmo horário e em dias consecutivos.

4.3. Sessões experimentais:

Os indivíduos foram submetidos a oito sessões experimentais:

- uma sessão de adaptação,
- três sessões de esforço contínuo,
- quatro sessões de esforço intermitente.

Em todos os testes, a velocidade da pedalagem foi fixada em 80 rpm, que equivale a uma velocidade de 8 m/s, e controlada através de um metrônomo, a fim de

facilitar a sua manutenção. Antecedendo cada teste, foi realizado um aquecimento de 5 minutos contínuos na velocidade de 8m/s, onde os 3 primeiros minutos foram realizados sem nenhuma carga, e os dois minutos finais, com uma carga de 1 Kp para homens e 0,75 Kp para mulheres. Após o aquecimento, foram permitidos 5 minutos de repouso passivo para que as condições metabólicas de repouso pudessem se restabelecer.

Os procedimentos das sessões experimentais estão descritos a seguir:

4.4. Sessão de adaptação :

A sessão de adaptação consistiu de um exercício intermitente de 15 s de esforço por 15 s de pausa passiva, a uma velocidade de 8 m/s e carga de 0,075 kp para cada Kg de massa corporal para todos os participantes, até a exaustão.

4.5. Sessões de esforço contínuo:

As sessões de exercício contínuo foram realizadas para a determinação da Potência Crítica (PC) e da Capacidade de Trabalho Anaeróbio (CTA) de cada indivíduo, e apresentaram cargas de 0,04, 0,045 e 0,05 kp para cada Kg de massa corporal, que permitiram um tempo de esforço até exaustão, entre 1 e 10 minutos, conforme recomendado por Housh, Housh & Bauge (1990). As cargas foram aplicadas em ordem aleatória à mesma velocidade de 8 m/s até a exaustão, caracterizada pela incapacidade do sujeito em manter a velocidade pré-estabelecida durante 30 segundos, ou pela interrupção voluntária do esforço.

4.6. Sessões de esforço intermitente:

As sessões intermitentes foram constituídas de exercícios com períodos de 15 s de esforço, a 8m/s de velocidade e pausas passivas de 15 s, 30 s, 45 s ou 60 s até que se atingisse a exaustão. A carga das sessões intermitentes foi aquela correspondente a um tempo de exaustão de 50 a 60 s durante o exercício contínuo, garantindo que o exercício se encontrasse no domínio severo, ou acima dele. Os indivíduos foram instruídos a realizarem 30 repetições em cada teste e ao final delas, realizaram esforço contínuo até que atingissem a exaustão, garantindo a total depleção da reserva anaeróbia.

4.7. Registro dos tempos de esforço:

Houve o registro dos tempos totais dos esforços contínuos, assim como, o número de repetições realizadas nos testes intermitentes.

4.8. Monitoramento da frequência cardíaca (FC):

A FC foi mensurada por freqüencímetro da marca POLAR, modelo SPORT TESTER. Foram registrados os batimentos cardíacos de repouso e após exercício, nos testes contínuos e imediatamente antes e depois de cada período de esforço, nos testes intermitentes.

4.9. Análise da amostra sangüínea:

Em todos os testes, foram coletadas duas amostras de sangue para determinação da concentração de lactato. Uma amostra foi obtida anteriormente ao aquecimento e a outra imediatamente após o término do teste.

O sangue foi coletado do lóbulo da orelha, utilizando-se tubos capilares heparinizados e calibrados para 25µl, e foi imediatamente diluído em 50µl de solução de fluoreto do sódio (1%). As amostras permaneceram congeladas até posterior análise.

As concentrações sangüíneas de lactato foram determinadas através do analisador eletroquímico de lactato YSL 1500 da YELLOW SPRING CO.EUA.

4.10. Cálculo da PC e CTA:

A determinação da PC e da CTA foi realizada através de regressão linear simples, em função dos resultados dos testes contínuos, segundo a equação: $P = CTA \times 1/t_{lim} + PC$.

Onde: P = potência total realizada até a exaustão em W.

CTA = capacidade de trabalho anaeróbio em J

PC = potência crítica em W

1/t_{lim} = inverso do tempo até a exaustão em s.

4.11. Cinética da recuperação da CTA:

Os resultados dos testes contínuos foram utilizados para estimar a quantidade de reserva anaeróbia utilizada (CTAut):

$$CTAut = (P - PC) \times te$$

onde te representa o tempo de esforço.

A reserva anaeróbia disponível após a realização da penúltima repetição foi calculada da seguinte forma (CTArem):

$$CTArem = (P - PC) \times teult$$

onde teult representa o tempo de esforço até a exaustão no último período (figura 1).

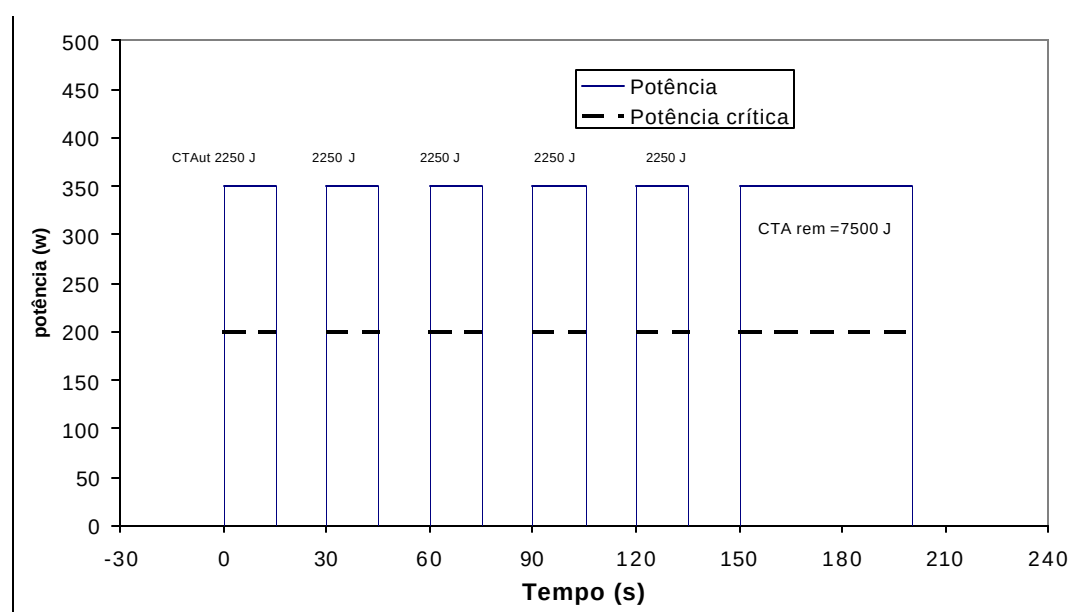


Figura 1. Utilização da CTA em 5 (n-1) esforços de 350 w, seguido de um outro (n) até a exaustão. Em cada um dos 5 primeiros esforços, foram depletados 2250 J da CTA [(350 w - 200 w) . 15 s], totalizando 11250 J. O último esforço foi realizado durante 50 s, quando ocorreu a exaustão, tendo sido utilizados 7500 J da CTA [(350W-200W). 50s].

Finalmente, a reposição da reserva anaeróbia (CTArepоста) nos períodos de pausa pode ser estimada resolvendo-se a igualdade:

$$CTA - CTArem = SCTAut - CTArepоста$$

4. 12. Análise dos resultados:

A comparação entre as médias e desvios-padrão das variáveis mencionadas anteriormente, foi realizada através de análises de variância (ANOVA) para medidas repetidas, com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

A localização da diferença entre as médias foi realizada através do teste de Post Hoc de Scheffé.

5. RESULTADOS

5.1. Características dos indivíduos

Os dados individuais referentes aos testes contínuos, a partir dos quais foram calculadas a PC e a CTA dos indivíduos estão apresentados em anexo, na tabela A2. Nela, encontram-se também, dados individuais obtidos durante testes intermitentes. Os valores médios de PC e CTA encontrados foram respectivamente, $129,2 \pm 8,9$ W e 11.275 ± 2.671 J. A tabela A3, em anexo, mostra os valores individuais dessas variáveis.

5.2. Variáveis de performance

- Tempo de esforço

Nos testes contínuos, os tempos de esforço intenso realizado pelos indivíduos para as diferentes cargas (C1 = 2,26 Kp, C2 = 2,56 Kp e C3 = 2,83 Kp) foram $219,4 \pm 77$ s, $128,6 \pm 38,7$ s e $107,2 \pm 22$ s, respectivamente. Houve uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre eles, de forma que a duração do esforço foi inversamente proporcional à carga aplicada.

Nos testes intermitentes os tempos médios de esforço foram de $128,6 \pm 39,6$ s, $367,8 \pm 124,8$ s, $448,8 \pm 91$ s e $489,6 \pm 13,2$ s para as condições de 15s, 30s, 45s e 60s de pausa passiva, respectivamente. Os tempos de esforço nestes testes foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) exceto entre as pausas de 30s e 45s e de 45s e 60s.

- Trabalho realizado

O trabalho médio correspondente às mesmas cargas contínuas foi de 41.380 ± 16.709 J para C1, 28.292 ± 9.198 J para C2 e 25.656 ± 6.177 J para C3. Esta quantidade de trabalho apresentou relação inversa à carga aplicada, porém a diferença de trabalho realizado entre as cargas C2 e C3, não foi estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

Durante os testes intermitentes, o trabalho total realizado foi em média, 42.325 ± 11.677 J, 123.534 ± 41.588 J, 155.678 ± 38.438 J e 171.978 ± 21.675 J para 15s, 30s, 45s e 60s de pausa, respectivamente. A análise estatística apontou um comportamento semelhante entre a quantidade total de trabalho e os tempos totais de esforço realizados nos diferentes regimes de pausa. Para o trabalho total, as diferenças estatísticas também não foram verificadas entre as condições de 30s e 45s, e de 45s e 60s de pausa.

- Potência

Em relação à potência, os valores médios obtidos nos testes contínuos foram $189,3 \pm 24,0$ W, $220,4 \pm 21,7$ W e $238,5 \pm 22,1$ W para as cargas C1, C2 e C3, respectivamente, tendo sido observada diferença significativa ($p < 0,05$) entre elas.

Os resultados de potência para as condições intermitentes com pausa de 15s, 30s, 45s e 60s, foram respectivamente $335,5 \pm 44,0$ W, $342,4 \pm 42,9$ W, $346,7 \pm 46,4$ W e $352,1 \pm 49,1$ W e a análise estatística apontou diferença significativa ($p < 0,05$) entre todas as condições.

Nos testes intermitentes, o tempo de esforço, o trabalho total realizado e a potência imprimida tiveram relação direta com a duração da pausa, ou seja, estes resultados foram maiores para as condições de maior tempo de pausa entre as repetições. Os dados individuais de tempo de esforço, trabalho e potência realizados em testes contínuos e intermitentes apresentam-se, respectivamente, nas tabelas A4 e A5, em anexo.

- Trabalho excedente e frações da CTA

O principal objetivo deste estudo foi aplicar o modelo da PC no exercício intermitente, de forma a verificar o efeito da duração da pausa sobre o tempo de esforço

e sobre a quantidade de trabalho realizada. De acordo com os resultados obtidos, foi possível observar a existência de uma quantidade excedente de trabalho em relação a quantidade de trabalho que poderia ser realizada de forma contínua, devido aos períodos de pausa. A aplicação do modelo da PC permitiu a previsão da quantidade de trabalho que seria realizada continuamente, assim como a quantificação do trabalho excedente, cujos valores foram em média, 24.787 ± 12.822 J quando as pausas foram de 15s; 106.181 ± 40.787 J para as pausas de 30s; 138.514 ± 35.870 J para 45s de pausa entre os esforços e 154.857 ± 19.744 J para as pausas de 60s. Os valores individuais podem ser verificados na tabela A6, em anexo.

A análise estatística apontou diferença significativa ($p < 0,05$) entre as quantidades de trabalho prevista e realizada para todas as condições de pausa, exceto para o teste cujas pausas foram de 15s (figura 2).

As quantidades previstas de trabalho foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) entre elas, de forma que a quantidade de trabalho realizada foi diretamente proporcional à duração da pausa. Esta situação sugere que a duração da pausa entre as repetições interfere na quantidade de trabalho que pode ser realizada.

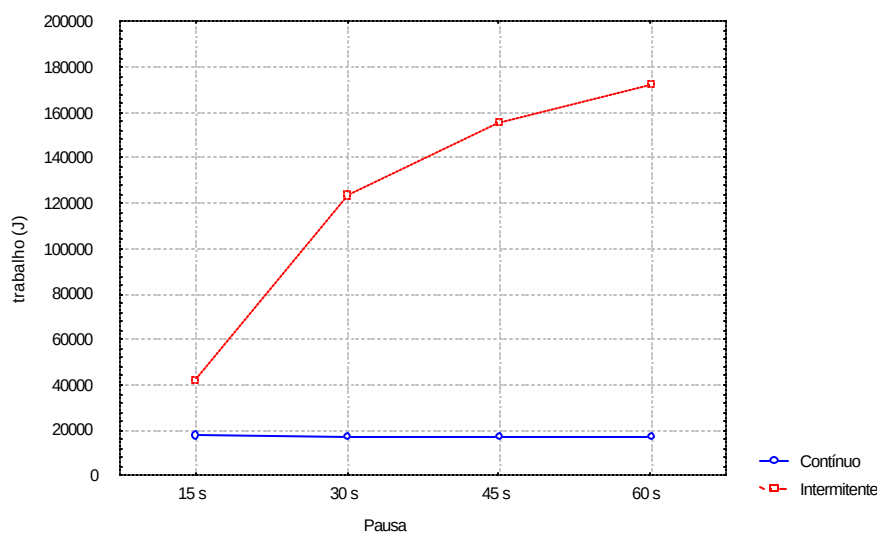


Figura 2: Relação entre Trabalho previsto (contínuo) e Trabalho realizado (intermitente), para diferentes tempos de pausa.

Na tabela A7 estão relacionados os dados obtidos em testes intermitentes, necessários para os cálculos das diferentes porções da reserva anaeróbia (CTAut, CTAdisp, CTAre e CTAre) e na tabela A8, localizam-se os valores médios

destas variáveis, assim como da porcentagem de recuperação e da taxa de reposição da CTA.

5.3. Variáveis fisiológicas

- Frequência Cardíaca (FC)

As variáveis fisiológicas analisadas neste estudo, foram a frequência cardíaca e a concentração de lactato, em condições de pré e pós esforços contínuos e intermitentes.

A análise estatística do comportamento da FC durante os três testes contínuos não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre a condição de repouso ($FC_{\text{pré}} = 101$ bpm). Da mesma forma, não houve diferença na exaustão ($FC_{\text{pós}} = 181$ bpm). Entretanto, entre as condições pré e pós de cada carga, as diferenças foram significativas ($p < 0,05$), conforme pode ser observado na figura 3. A tabela A9, em anexo, apresenta os dados individuais de FC em testes contínuos.

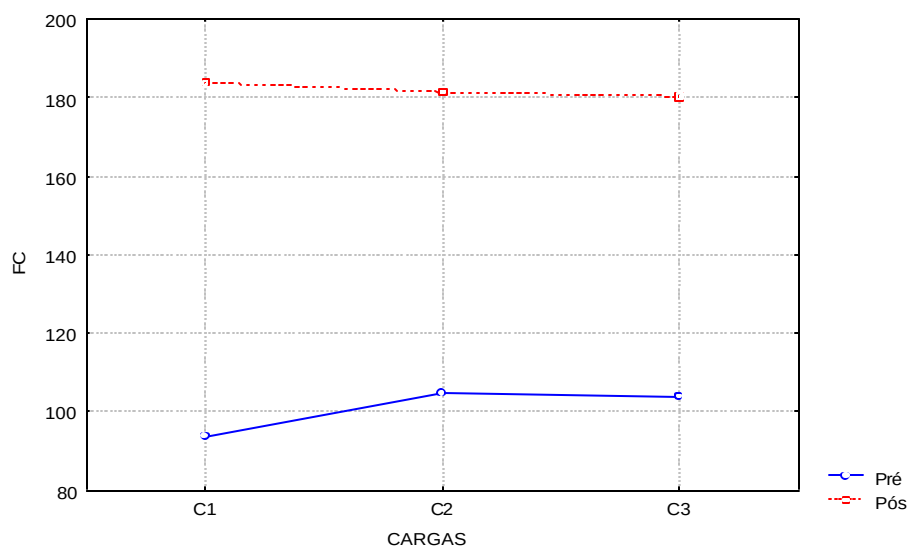


Figura 3: Comportamento da FC em testes contínuos.

O comportamento da FC durante os testes intermitentes foi avaliado nas condições de repouso (pré) e após os esforços 1, 2, 3, penúltimo e último de cada

regime de pausa. Os resultados individuais obtidos estão apresentados na tabela A10, em anexo.

As condições iniciais de esforço para todas as durações de pausa não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os quatro regimes de pausa (FC pré = 92 bpm).

Da mesma forma, os resultados de FC pós último esforço (FC pós = 180 bpm), também não foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$); indicando mesmas condições finais de esforço para todas as pausas.

No decorrer dos quatro testes intermitentes, entretanto, variações de FC ocorreram entre as condições pré e pós das várias repetições (figura 4).

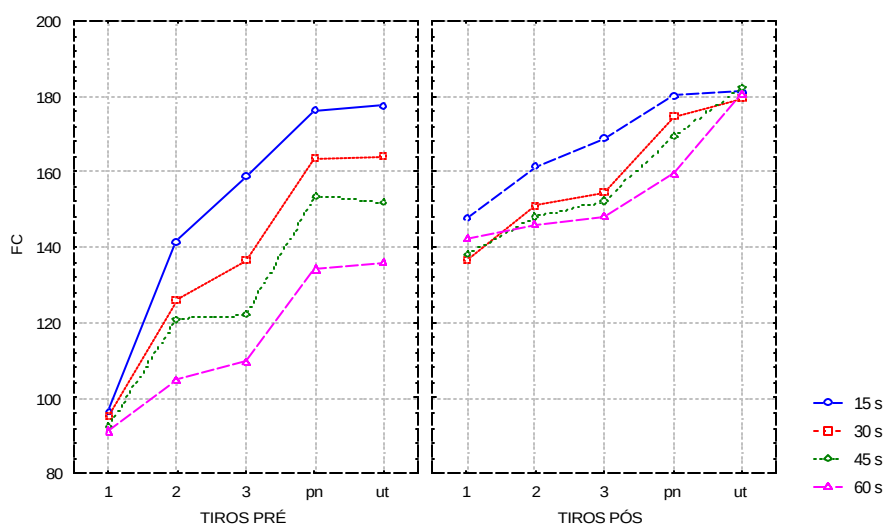


Figura 4: Comportamento da FC em testes intermitentes com diferentes tempos de pausa.

Quando o regime de pausa foi de 60s entre as repetições, a FC na condição pré esforço foi significativamente diferente ($p < 0,05$) da FC pós esforço, para todos os tiros (1, 2, 3, penúltimo e último), conforme pode ser observado na tabela A10, em anexo.

Para a pausa de 45s, esta situação se repetiu, exceto pelo resultado do penúltimo tiro, que não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre as FC nas condições pré e pós esforço (FC₄₅ pré_{pn} = 154 bpm e FC₄₅ pós_{pn} = 169 bpm).

Com 30s de pausa, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as condições pré e pós, somente para os tiros 1 e 2 (FCp30 pré1 = 95 bpm e FCp30 pós1 = 136 bpm; FCp30 pré2 = 126 bpm e FCp30 pós2 = 151 bpm).. E para pausas de 15s, a diferença significativa ($p < 0,05$) entre as condições pré e pós, foi observada apenas para o primeiro tiro (FCp15 pré1 = 96 bpm e FCp15 pós1 = 148 bpm).

A FC não se recuperou em testes cujas pausas foram mais curtas, principalmente no regime de 30s e 15s de pausa, onde a partir da terceira e segunda repetições, respectivamente, a FC pré esforço apresentou valores similares ao máximo (figura 4).

Além disso, a comparação estatística entre as penúltima e última repetições de cada regime de pausa, revelou uma diferença significativa ($p < 0,05$) apenas nos testes em cujas pausas foram mais longas (45s e 60s) (figura 5).

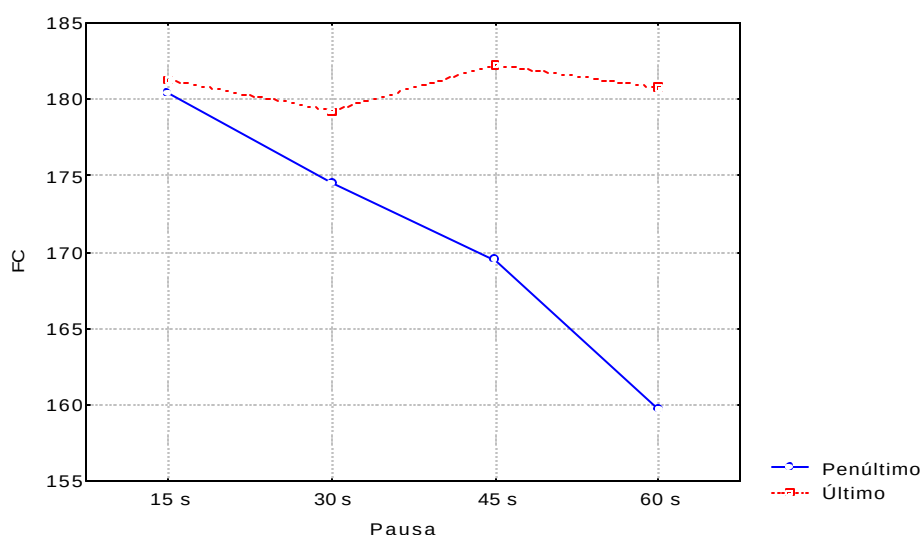


Figura 5: Relação entre FC dos penúltimos e últimos tiros de testes intermitentes com diferentes tempos de pausa.

- Concentração de lactato ([lac])

O comportamento da concentração de lactato sanguíneo, em testes contínuos, foi semelhante ao da FC para o mesmo tipo de esforço, sugerindo mesmas condições inicial e final de esforços para os três testes. Não foi detectada diferença significativa ($p < 0,05$) entre as condições pré C1 (0,59 mmol.l⁻¹), pré C2 (0,69 mmol.l⁻¹) e pré C3 (0,62 mmol.l⁻¹) e houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as condições pré e pós para todas as cargas, conforme mostra a tabela A11, em anexo. Contudo, a

comparação entre as condições finais de teste, indicou uma pequena diferença na concentração de lactato entre as condições pós C1 e pós C2 (pós C1 = 5,78 mmol.l⁻¹ e pós C2 = 4,41 mmol.l⁻¹). Nas demais situações pós esforço, não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$)(figura 6).

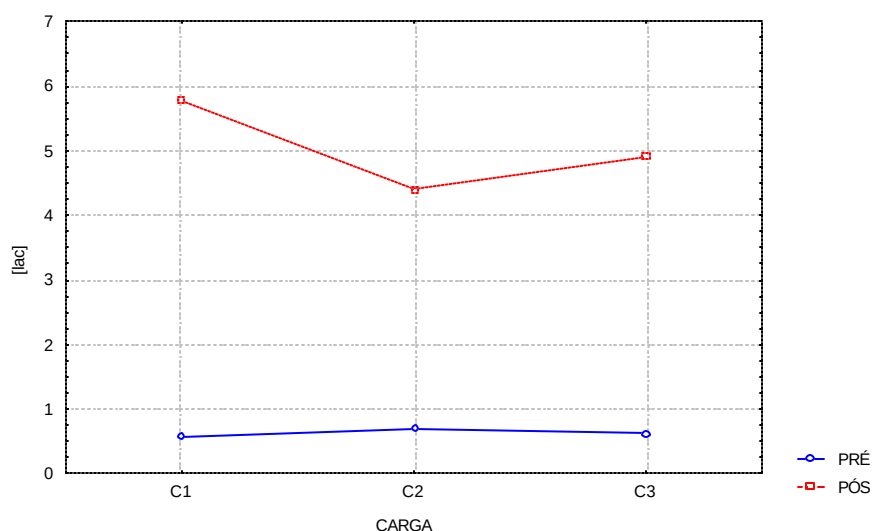


Figura 6: Concentração de lactato sanguíneo pré e pós testes contínuos.

Nos testes intermitentes, a concentração de lactato sanguíneo na condição pré esforço, não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os 4 regimes de pausa (15s, 30s, 45s, 60s). Para a condição pós, também não se pode observar nenhuma diferença significativa ($p < 0,05$) entre as diferentes durações de pausa. A concentração média de lactato ao início dos testes foi de 0,86 mmol.l⁻¹ e ao final deles, foi de 5,64 mmol.l⁻¹. Entretanto, para toda as condições de pausa (15s, 30s, 45s, 60s), verificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre as situações pré e pós esforço (figura 7). Os valores individuais de concentração de lactato obtidas em testes contínuos e intermitentes apresentam-se, respectivamente nas tabelas A11 e A12, em anexo.

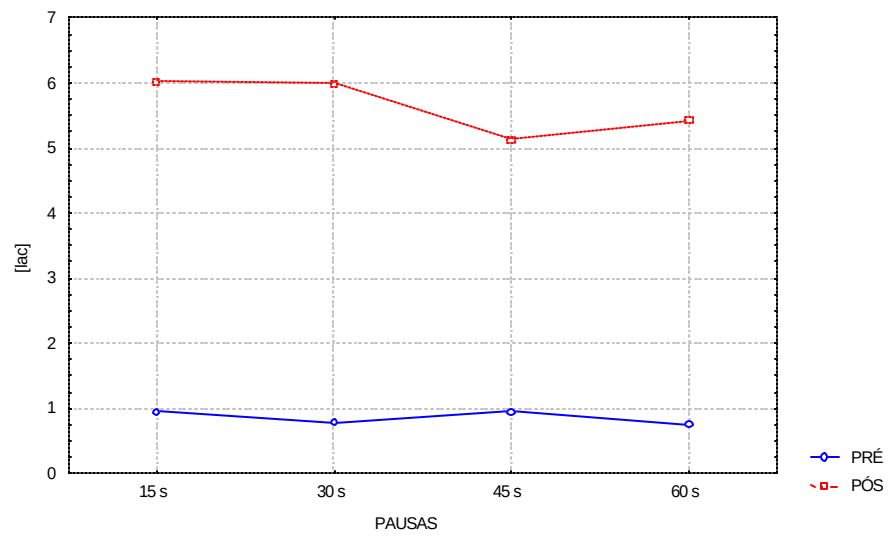


Figura 7: Concentração de lactato sanguíneo pré e pós testes intermitentes com diferentes tempos de pausa.

6. DISCUSSÃO

O principal objetivo deste estudo foi o de propor um método de quantificar a utilização das reservas anaeróbias no exercício intermitente, a partir do modelo da PC.

Admite-se que durante um exercício intermitente intenso, exista a alternância entre gasto e reposição da capacidade anaeróbia de produção de energia, de forma que maior quantidade de trabalho, tempo de esforço e potência, seja realizada durante os períodos ativos (PLISK, 1991).

Durante exercícios contínuos intensos, as reservas de substratos anaeróbios (ATP e CP) diminuem até se esgotarem e causarem a interrupção de esforço ou exaustão. No exercício intermitente, no entanto, a contração muscular é interrompida a cada repetição antes do esgotamento dessas reservas. Além disso, nos períodos de pausa elas são parcial ou totalmente repostas, prolongando o esforço e postergando a exaustão (BANGSBO, 1994). Assim, o exercício físico intermitente possibilita ao indivíduo maior volume, duração e intensidade de esforço do que um exercício contínuo, com uma percepção subjetiva de esforço, normalmente, reduzida em função dos períodos de recuperação que se intercalam com os outros intensos (GULLSTRAND, 1996).

A capacidade anaeróbia de produção de energia durante esforços intensos, contínuos e intermitentes, vem sendo determinada através da mensuração do *déficit* de oxigênio (*déficit* de O₂), considerado um dos melhores indicadores diretos da liberação de energia anaeróbia em exercícios intensos. Nos esforços intermitentes, principalmente, a capacidade anaeróbia corresponde ao *déficit* de oxigênio acumulado

durante todas as repetições, ou seja, ao máximo *déficit* de oxigênio (MAOD) (MEDBO et al, 1988).

Hill & Smith (1994), estudaram a relação existente entre o *déficit* de O₂ e a CTA do modelo da PC. Os autores determinaram os valores da CTA dos participantes através dos três modelos da PC, os compararam aos valores máximos de *déficit* de O₂ e puderam concluir que tais variáveis se equivalem, validando a CTA como uma medida indireta da capacidade anaeróbia.

O método de quantificação do exercício intermitente proposto neste trabalho admite que, assim como no exercício contínuo, a exaustão ocorre quando a reserva anaeróbia, medida através do *déficit* de O₂ ou CTA, for totalmente depletada. Além disso, admitimos que durante os períodos de recuperação, parte da reserva depletada é repostada. Portanto, o presente estudo pretendeu estimar a quantidade da CTA utilizada durante os períodos ativos com intensidade supra potência crítica (CTA_{Aut}) e aquela repostada nos períodos passivos (CTA_{reposta}).

INSERIR FIGURA 8

Esta abordagem é semelhante àquela proposta por Tabata et al. (1997) utilizando o *déficit* de O₂. Naquele estudo, os autores aplicaram dois protocolos diferentes de exercício intermitente em cicloergômetro, com o propósito de avaliarem as capacidades aeróbia e anaeróbia de produção de energia. Foram utilizadas medidas diretas de consumo de oxigênio durante (VO₂) e após o exercício, além do *déficit* de O₂ contraído a cada repetição e daquele acumulado em todo o teste (AOD).

Os autores admitiram que o consumo extra de oxigênio após o exercício (EPOC) seria integralmente utilizada para a reposição do *déficit* de O₂ contraído nos períodos ativos. Em uma das condições experimentais relatadas, o saldo líquido do *déficit* de O₂, ou seja, a diferença entre o *déficit* de O₂ contraído e a sua porção repostada, foi similar ao MAOD.

O modelo da PC não havia sido aplicado a exercícios intermitentes e dinâmicos até o presente estudo, e considerando-se a equivalência existente entre CTA e MAOD, como verificado por Hill & Smith (1994), foi possível relacionar nossos resultados aos do estudo de Tabata et al. (1997).

No presente estudo, procuramos verificar e quantificar a fração da CTA que, teoricamente, poderia ser repostada durante o protocolo de exercício intermitente

utilizado. Para isso, os valores de PC e CTA dos indivíduos foram determinados e a quantidade de trabalho total, assim como as diferentes frações da CTA, foram calculadas.

Os resultados obtidos revelaram valores de PC e CTA ($129,2 \pm 26,9$ W e 11.275 ± 2.671 J respectivamente) semelhantes aos obtidos nos estudos de Bishop & Jenkins (1995) e Gullet et al. (1998), que utilizaram a mesma metodologia de determinação, ou seja, a partir de três testes contínuos realizados em cicloergômetros, com indivíduos ativos que apresentavam a mesma média de idade (~ 21 anos).

Os estudos de Housh et al. (1990) e Jenkins & Quigley (1990), por outro lado, apresentaram valores mais elevados ($199,1 \pm 37,2$ W; 17.166 ± 4.825 J e $314,3 \pm 27,9$ W; 18.000 ± 7.200 J) respectivamente. Em ambos os casos, a diferença pode ter sido em função da metodologia utilizada, que determinou os valores de PC e CTA a partir de quatro testes, ou pela condição física dos participantes, no caso do segundo estudo citado, já que estes eram ciclistas altamente treinados em resistência. O nível e o tipo de treinamento podem interferir nos valores de PC e CTA, conforme observado no estudo de Bishop & Jenkins (1996), onde apenas seis semanas de treinamento resistido foram suficientes para causar um aumento significativo do valor da CTA dos participantes.

No presente estudo, o tempo total de esforço (~ 128 s) referente ao teste intermitente mais intenso (15s-15s), correspondeu ao tempo de esforço contínuo (~ 128 s) realizado pelos mesmos indivíduos, com a carga intermediária ($C2 = 2,56$ Kp). Portanto, os indivíduos conseguiram suportar um trabalho mais intenso durante o mesmo período de tempo.

Por outro lado, o tempo total de esforço realizado no presente estudo, na condição intermitente com 15 s de pausa ($t \sim 128$ s), foi semelhante aquele obtido no estudo de Tabata et al. (1997) ($t \sim 126$ s). Entretanto, o trabalho realizado no presente estudo (~ 42.000 J) durante este período, ficou bem abaixo do encontrado pelos autores nos dois protocolos utilizados (~ 73.500 J e 88.200 J, respectivamente).

Ao comparar as quantidades de trabalho realizadas no presente estudo, pode-se observar que a quantidade total de trabalho realizada na condição de intermitência mais intensa (15s-15s) (~ 42.000 J), aproximou-se daquela realizada com a carga mais leve ($C1 = 2,26$ Kp) em teste contínuo (~ 41.500 J). Neste caso, o exercício

intermitente possibilitou a realização de uma quantidade de esforço intenso correspondente à de um exercício contínuo de duração mais prolongada.

Em relação à potência, o protocolo intermitente aplicado neste estudo permitiu a realização de aproximadamente 344,1 W enquanto nos testes contínuos foram observados apenas 216,0 W de potência. Isto representa uma diferença de aproximadamente 38%, decorrente, provavelmente, dos períodos de recuperação que permitiram a restauração, pelo menos parcial, dos estoques de creatina fosfato (CP), impedindo que a potência diminuísse ao longo do esforço, como costuma ocorrer em exercícios contínuos (BOGDANIS et al., 1995).

Outros estudos apresentaram situações parecidas. Por exemplo, no trabalho de Gullstrand (1996), a potência média exercida em exercício intermitente (8 repetições de 15s-15s, correspondentes a 2 minutos de esforço) foi 11% maior do que a realizada em 6 minutos contínuos e a percepção de esforço tanto central quanto periférica foi menor para o exercício intermitente. Jenkins & Quigley (1991) obtiveram em 300s de esforço máximo (5x60s), uma quantidade de trabalho de aproximadamente 130.000 J; valores que correspondem ao total de tempo e trabalho realizados no regime intermitente de 15s-30s do presente estudo, embora os períodos de esforço tenham sido diferentes entre os estudos. Por outro lado, no estudo de Billat et al. (2001) o mesmo regime de esforço e pausa foi utilizado, porém o exercício era a corrida e a recuperação era ativa. O teste mais intenso apresentou um tempo de esforço semelhante ao teste de 15s-45s do presente estudo (~ 449 s), considerado pelos participantes como um dos mais fáceis de se realizar. Esta diferença pode ser em função da maior eficiência da pausa ativa sobre a passiva, ou pela maior capacidade de recuperação dos participantes do estudo da Billat et al. (2001), já que eram corredores que treinavam há pelo menos 10 anos e que, segundo Plisk (1991), a velocidade de recuperação às custas do metabolismo aeróbio pode ser melhorada através do treinamento.

Essas variáveis de performance do exercício intermitente apresentaram esse comportamento devido aos períodos de pausa que, provavelmente, permitiram a restauração, ainda que parcial, dos estoques de CP. A solicitação da CP como substrato energético, em exercícios intermitentes e intensos, aumenta à medida em que as repetições se sucedem, na tentativa de evitar o esgotamento das reservas intramusculares de ATP (GAITANOS et al., 1993). A concentração de ATP passa a

diminuir consideravelmente, apenas quando a de CP não for suficiente para acompanhar a demanda energética do exercício. Assim, no presente estudo, o protocolo intermitente utilizado possibilitou um prolongamento do esforço antes da exaustão, porém ela foi alcançada e houve a interrupção do exercício em todos os testes, contínuos e intermitentes, devido ao esgotamento da reserva anaeróbia.

Como a atividade metabólica durante o exercício intermitente é influenciada pela intensidade e duração dos períodos de esforço e pausa, um exercício intenso com curto período de pausa requer a uma grande produção de ATP, que dificilmente pode ser suprida por uma única via metabólica (BANGSBO, 1994). A degradação do glicogênio muscular pela glicólise anaeróbia é ativada em cerca de 3s-5s a partir do início do exercício e vai se intensificando e produzindo lactato em função da taxa de hidrólise de creatina fosfato e da concentração de ADP intramuscular, auxiliando na produção de energia. Desta forma, exercícios como o do presente estudo, onde os períodos ativos são bastante intensos apesar de curtos (15s), apresentariam uma diminuição na concentração de creatina fosfato, além de um aumento da concentração de lactato e acidose.

Os resultados das variáveis fisiológicas, obtidos nos testes contínuos e intermitentes do presente estudo, mostraram que os sujeitos iniciaram todos os testes com baixas concentrações de lactato sanguíneo ($\sim 0,7\text{mmol.l}^{-1}$) e os interromperam com valores próximos a $5,3\text{mmol.l}^{-1}$, comprovando as mesmas condições iniciais de teste e possível exaustão ao final de todos eles. Contudo, a concentração final de lactato observada nesses testes se apresentou reduzida, em comparação a outros estudos.

Os valores de frequência cardíaca (FC) nas condições iniciais e finais foram semelhantes em todos os testes, demonstrando novamente, que os sujeitos iniciaram todos os testes nas mesmas condições de repouso ($\sim 88\text{bpm}$) e os terminaram, provavelmente, de forma exaustiva, com os valores tendendo ao máximo ($\sim 180\text{bpm}$).

No estudo de Bangsbo (1994), jogadores de futebol realizaram testes intermitentes com períodos ativos de alta intensidade de 15s de duração e períodos de recuperação ativa de 10s, em baixa intensidade. Foram obtidos valores finais de FC semelhantes aos do presente estudo ($\sim 186\text{bpm}$), entretanto a concentração de lactato foi mais elevada, chegando a $7,8\text{mmol.l}^{-1}$. Para um regime de esforço e pausa passiva de

15s-15s, Billat et al. (2001) encontrou uma concentração de lactato de aproximadamente $11,3\text{mmol.l}^{-1}$ para corredores treinados.

Por outro lado, outros autores cujos estudos foram realizados com exercícios intermitentes também verificaram baixos valores de lactato final, como Gullstrand (1996) que encontrou cerca de 4mmol.l^{-1} após testes em regime de esforço-pausa de 15s-15s realizados com remadores. Segundo ele, pausas passivas, mesmo de curta duração como 15s, permitem uma elevada frequência de restauração de ATP e CP. Assim, com CP disponível para cada período ativo, o glicogênio é poupado e a participação da via anaeróbia láctica para produção de energia, no exercício intermitente torna-se menor, resultando em baixa concentração de lactato sanguíneo.

Como os testes mais intensos (15s-15s e C1) foram realizados a uma intensidade muita elevada, caracterizando um esforço pertencente ao domínio severo de exercício, os valores de FC e concentração de lactato podem não ter atingido valores máximos, devido à insuficiente duração do esforço. A intensidade pode ter sido tão elevada, que não permitiu tempo suficiente para que estas variáveis fisiológicas respondessem ao exercício.

Em nosso estudo, pode-se ainda determinar a contribuição dos metabolismos aeróbio e anaeróbio para a produção de energia nos diferentes regimes de pausa, considerando-se alguns conceitos abordados por Tabata et al. (1997) e utilizando-se o modelo da PC. Neste estudo, o trabalho total representa a demanda total de energia, enquanto que a CTAut, corresponde ao suprimento anaeróbio, podendo, portanto, ser comparada ao déficit de O_2 . Desta forma, a diferença entre a demanda energética do exercício e o suprimento anaeróbio dessa energia, corresponde a produção aeróbia. Foi possível observar que a contribuição do metabolismo aeróbio para o fornecimento de energia foi de aproximadamente 46%, 43%, 42% e 41%, para os exercícios com 15 s, 30 s, 45 s e 60 s de pausa, respectivamente.

Estes resultados indicaram que apesar dos períodos ativos terem sido bem curtos e intensos, caracterizando um exercício anaeróbio, os períodos passivos permitiram uma grande participação aeróbia, de forma que esta participação pode ter favorecido a reposição da reserva anaeróbia (CTArep).

Os resultados de trabalho excedente, somados a outros dados já apresentados, sustentam a hipótese de reposição da reserva anaeróbia. Foi verificada

uma quantidade de trabalho intermitente superior àquela prevista pelo modelo da PC, para a mesma duração de esforço, na forma contínua. Essa quantidade de trabalho extra permitida pelo exercício intermitente correspondeu a aproximadamente 58%, 85%, 88% e 90% do trabalho total, para os tempos correspondentes aos testes de 15 s, 30 s, 45 s e 60 s de pausa, respectivamente; evidenciando novamente, o aparecimento tardio do quadro de exaustão no esforço intermitente, devido a possível recuperação da CTA.

A reposição que ocorre a cada período de pausa no exercício intermitente corresponde ao consumo de O₂ pós-exercício (EPOC), quando a variável escolhida para a determinação da contribuição dos metabolismos aeróbio e anaeróbio, é o consumo de O₂ (VO₂), conforme utilizado por Tabata et al. (1997).

Pelo modelo da PC, foi possível determinar a CTA de cada indivíduo, assim como a CTArete (materiais e métodos, 4.11). A diferença entre elas corresponde a capacidade de trabalho anaeróbio disponível para as repetições (CTA_{dis}), ou seja, a fração líquida da CTA, com a qual se pode contar para a realização de trabalho anaeróbio. A CTA_{dis} equivaleria a diferença entre o *déficit* de O₂ e o EPOC, no caso de medida direta de consumo de O₂ (figura 8).

Pelos resultados do presente estudo, em média, os valores da CTA_{aut} foram aproximadamente 22.942 J, 70.248 J, 90.702 J e 101.065 J para exercícios com 15 s, 30 s, 45 s e 60 s de pausa, respectivamente, enquanto que os obtidos para CTA_{dis} foram bem inferiores (8.336 J, 7.104 J, 5.038 J e 3.237 J para 15 s, 30 s, 45 s e 60 s de pausa, respectivamente); constituindo mais uma evidência de que existe uma recuperação da CTA nos períodos de pausa, a CTA reposta (CTA_{rep}).

INSERIR FIGURA 9

A reposição em função do tempo total de pausa teve um comportamento esperado. Em valores absolutos, quanto maior o tempo total de pausa, maior a reposição. Houve uma recuperação de aproximadamente 63%, 89%, 93% e 97% da CTA utilizada para 15 s, 30 s, 45 s e 60 s de pausa, respectivamente. Valores que indicam uma recuperação acentuada da CTA utilizada, consistente com os resultados da contribuição do metabolismo aeróbio. Entretanto, esta recuperação não foi suficiente para repor completamente a quantidade de energia depletada nos períodos de esforço intenso, resultando em depleção gradativa da CTA, até que se atingisse o quadro de exaustão (figura 8).

A depleção gradativa da CTA foi resultante da diminuição da sua velocidade de recuperação, à medida que o tempo de pausa se prolongava. No teste onde as pausas eram de 15 s, cerca de 63% da CTA pode ser reposta, entretanto, com o dobro desta pausa (30 s), a porcentagem foi para 89%, quando o esperado seria aproximadamente 126%, se a velocidade de reposição se mantivesse a mesma durante toda a recuperação. Além disso, parece existir uma tendência dessa velocidade se reduzir cada vez mais, já que nos testes de 45 s e de 60 s de pausa, as porcentagens foram 93% e 97%, respectivamente. Pode-se verificar, portanto, que a recuperação da CTA apresenta um comportamento hiperbólico, e não linear.

Portanto, embora a porcentagem recuperada tenha sido maior para os testes de pausas mais longas, a taxa de recuperação, ou seja, a porcentagem de recuperação por segundo de pausa, não pareceu ser proporcional ao tempo de pausa. Nos primeiros instantes da recuperação, a reposição da reserva anaeróbia tendeu a ser mais acelerada, porém a velocidade de restauração foi se tornando reduzida com o prolongamento do período de pausa. Isto pode ser verificado pela taxa de reposição, que demonstrou uma recuperação de 0,6% por segundo para pausa de 15 s e de 0,06% para pausa de 60 s.

INSERIR FIGURA 10

O protocolo intermitente utilizado no presente estudo permitiu comprovar que a quantidade total de trabalho anaeróbio realizada neste tipo de esforço foi maior do que aquela possibilitada pelo exercício contínuo da mesma intensidade. O valor da CTA referente a todos os períodos ativos (CTAut) foi maior do que a CTA calculada a partir dos testes contínuos, e também maior do que a CTAdisp, em função da recuperação que ocorreu durante os períodos de pausa (CTArep).

A recuperação da CTA nos curtos períodos de pausa passiva utilizados no presente protocolo (15s, 30s, 45s, 60s), deve ter sido decorrente da reposição parcial da creatina fosfato a cada um desses períodos. Entretanto, ao longo do teste, essa reposição não acompanhou o ritmo da demanda energética do exercício, principalmente nos testes com pausas mais curtas. Como consequência, os estoques de fosfagênios se esgotaram e apesar da maior taxa de reposição para esses períodos de pausa, houve a interrupção do exercício.

Portanto, através do modelo da potência crítica pode-se verificar que a duração da pausa em exercícios intermitentes interfere no tempo e na quantidade de trabalho realizados até a exaustão, assim como analisar o comportamento da relação entre o gasto e a recuperação da CTA, a partir da quantificação dessas variáveis.

7. CONCLUSÃO

O presente estudo possibilitou:

- aplicar o Modelo da Potência Crítica em exercícios intermitentes;
- estimar a utilização e reposição da reserva anaeróbia durante os períodos de esforço e de recuperação, respectivamente.

O exercício intermitente proporcionou um trabalho extra de 58% com pausa de 15 s a 90 % com pausa de 60 s em relação ao trabalho previsto no exercício contínuo.

A reposição das reservas anaeróbias foi proporcionalmente maior quanto maior a duração da pausa, variando de 63 % a 97 %, respectivamente com pausa de 15 s e 60 s, da reserva utilizada nos períodos de esforço.

A velocidade de recuperação dessas reservas, entretanto, foi maior nas pausas mais curtas do que nas mais longas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BANGSBO, J. Oxygen deficit: a measure of the anaerobic energy production during intense exercise? **Can. J. Appl. Physiol.**, Champaign, v. 21, n. 5, p.350-63, 1996.

BANGSBO, J. Quantification of anaerobic energy production during intense exercise. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Indianapolis, v. 30, n. 1, p. 47-52, 1998.

BILLAT, V.L. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. **Sports Med.**, Auckland, v.31, n. 20, p. 75-90, 2001.

BILLAT, V.L.; BOCQUET, V.; CHASSAING, P.; et al; Very short (15s-15s) interval training around the critical velocity allows middle-aged runners to maintain VO₂max for 14 minutes. **Int. J. Sports Med.**, Stuttgart, v.22, p. 201-08, 2001.

BISHOP, D. ; JENKINS, D.G. The influence of recovery duration between periods of exercise on the critical power function. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.**, Berlin, v.72, p. 115-20, 1995.

BISHOP, D. ; JENKINS, D.G. The influence of resistance training on the critical power function and time to fatigue at critical power. **Aus. J. Sci. Med. Sport**, v. 28, n. 4, p. 101-05, 1996.

BISHOP, D.; JENKINS, D.G. ; HOWARD, A. The critical power function is dependent on the duration of predictive exercise tests chosen. **Int. J. Sports Med.**, Stuttgart, v.19, p. 125-29, 1998.

BOGDANIS, G.C.; NEVILL, M.E.; BOOBIS, L. H. et al; Recovery of power output and muscle metabolites following 30s of maximal sprint cycling in man. **J. Physiol.**, Cambridge, v. 482, n. 2, p. 467-80, 1995.

BROOKS, G. A.; FAHEY, T.D.; WHITE, T.P. **Exercise physiology**. Mayfield: Mountain view. 1996. 500 p.

BULBULIAN, R.; JEONG, J. W.; MURPHY, M. Comparison of anaerobic components of the Wingate and critical power tests in males and females. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Indianapolis, v. 28, n. 10, p. 1336-41, 1996.

CLINGELEFFER, A.; MCAUGHTON, L.R.; DAROVEN, B. The use of critical power

as a determinant for establishing the onset of blood lactate accumulation. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.**, Berlin, v.68, p. 183-7, 1994.

GAESSER, G.A.; CARNEVALE, T.J.; GARFINKEL, A.; et.al; Estimation of critical power with nonlinear and linear models. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Indianapolis, v. 27, n. 10, p. 1430-8, 1995.

GAESSER, G.A.; POOLE, D.C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exer. Sport Sci. Rev.**, San Diego, v. 24, p. 35-70, 1996.

GAITANOS, G.C.; WILLIAMS, C.; BOOBIS, L.H.; et al; Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. **J. Appl. Physiol.**, Bethesda, v.75, p.712-9, 1993.

GULLET, L.J.N.; HOUSH, T.J., JOHNSON, G.O.; et al; A comparison between methods of measuring anaerobic work capacity. **Ergonomics**, London, v. 31, n. 10, p. 1413-9, 1988.

GULLSTRAND, L. Physiological responses to short-duration high-intensity intermittent rowing. **Can. J. Appl. Physiol.**, Champaign, v. 21, p. 197-208, 1996.

HILL, D.W. The critical power concept: a review. **Sports Med.**, Auckland, v. 16, n. 4, p. 237-54, 1993.

HILL, D.W.; SMITH, J.C. A method to ensure the accuracy of estimates of anaerobic capacity derived using the critical power concept. **J. Sports Med. Phys. Fitness**, Turin, v. 34, p. 23-37, 1994.

HILL, D.W.; SMITH, J.C. Determination of critical power by pulmonary gas exchange. **Can. J. Appl. Physiol.**, Champaign, v. 24, n. 1, p. 74-86, 1999.

HOUSH, D.J.; HOUSH, T.J.; BAUGE, S.M. A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. **Res. Qua. Exerc. Sport**, Reston, v. 61, n. 4, p. 406-09, 1990.

HOUSH, T.J.; DEVRIES, H.A.; HOUSH, D.J.; et al; The relationship between critical power and onset of blood lactate accumulation. **J. Sports Med. Phys. Fitness**, Turin, v.31,p. 31-6, 1991.

JENKINS, D.G.; QUIGLEY, B.M. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 61, p. 278-83, 1990.

JENKINS, D.G.; QUIGLEY, B.M. The y-intercept of critical power function as a measure of anaerobic work capacity. **Ergonomics**, London, v. 34, n. 1, p. 13-22, 1991.

JENKINS, D.G.; QUIGLEY, B.M. Endurance training enhances critical power. **Med.**

Sci. Sports Exerc., Indianapolis, v. 24, n. 11, p. 1283-9, 1992.

JENKINS, D.G.; KRETEK, K.; BISHOP, D. The duration of predicting trials influences time to fatigue at critical power. **J. Sci. Med. Sport**, v. 1, n. 4, p. 213-8, 1998.

KACHOURI, M.; VANDEWALLE, H.; BILLAT, V.; et al; Critical velocity of continuous and intermittent running exercise: An example of the limits of the critical power concept. **Eur. J. Appl. Physiol. Occ. Physiol.**, Berlin, v. 73, p. 484-7, 1996.

KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. **Rev. Paul. Educ. Fís.**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 5-20, 1996.

KOLBE, T.; DENNIS, S.C.; SELLEY, E.; et al; The relationship between critical power and running performance. **J. Sports Sci.**, v. 13, p. 265-9, 1995.

MCLELLAN, T.M.; CHEUNG, K.S.Y. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Indianapolis, v. 24, n. 5, p. 543-50, 1992.

MEDBO, J.I.; BURGERS, S. Effect of training on the anaerobic capacity. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Indianapolis, v. 22, n. 4, p. 501-7, 1990.

MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, London, v. 8, p. 329-38, 1965.

MORITANI, T.; NAGATA, A.; DEVRIES, H.A.; et al; Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, London, v. 24, n. 5, p. 339-50, 1981.

PLISK, S. S. Anaerobic metabolic conditioning: a brief review of theory, strategy and practical application. **J. App. Sport Sci. Res.**, Bethesda, v. 5, n. 1, p. 22-34, 1991.

TABATA, I. et al. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Indianapolis, v. 29, n. 3, p. 390-5, 1997.

VANDERWALLE, H.; PERES, G.; MONOD, H. Standard anaerobic exercise tests. **Sports Med.**, Auckland, v. 4, p. 268-289, 1987.

WALSH, M. L. Whole body fatigue and critical power: A physiological interpretation. **Sports Med.**, Auckland, v. 29, n. 3, p. 153-66, 2000.

ABSTRACT

The knowledge of the contribution of aerobic and anaerobic metabolism during exercises plays a key role to anticipate the effects of different types of training. Many models have been proposed to predict the contribution of these two energetic pathways on the exercise work output. Among them, a model, proposed by Monod and Scherrer in 1965, suggests the existence of an exercise's intensity, named critical power (CP), below which the energetic supply is dependent, exclusively, on the aerobic metabolism. At the intensity corresponding to or below the critical power, the exercise can be done for a long time without exhaustion. Above this intensity, the finite anaerobic reserves of energy named anaerobic work capacity (AWC) are required and its total depletion is associated with exhaustion. The applicability of this model has been studied and confirmed in continuous exercises. It has been recognized as a simple and not invasive procedure to determine aerobic and anaerobic capacities. The purpose of this study was to explore the intermittent exercise through the critical power model, specifically the effects of the pause's duration on the replacement of the AWC. Active subjects were submitted to a continuous and intermittent cicloergometer exercises until exhaustion. For the intermittent tests, the exercise-rest regimes were 15 s of exercise and 15 s, 30 s, 45 s and 60 s of passive recovery. The CP and AWC were determined by the results of continuous tests through a simple linear equation: $P = AWC \times 1/t_{lim} + CP$. The comparison among the variables was done by the analysis of variance (ANOVA) for repeated measures with a significance level of 5% ($p < 0,05$). The main results indicated that: 1) from the total amount of intermittent work, approximately 58%, 85%, 88% and 90% was extra when compared to the continuous exercise for the same time of tests with 15 s, 30 s, 45 s and 60s of pause, respectively; 2) there was a recovery of 63%, 89%, 93% and 97% of the AWC utilized, for the same conditions and 3) the recovery rate of AWC was 0,6% for second for the 15 s of pause and only 0,06% for the 60 s of pause. It was concluded that the critical power model can well describe the intermittent exercise and allows the quantification of the AWC expended and replaced along this type of exercise.

KEY WORDS: Anaerobic work capacity, rest duration, intermittent exercise, anaerobic reserve recovery.

ANEXO

Tabela A1: Características dos sujeitos

Nome	Idade (anos)	Peso (Kg)
Suj 1	21	59
Suj 2	18	53
Suj 3	22	60
Suj 4	23	49
Suj 5	22	64
Suj 6	22	58
Suj 7	22	62
Suj 8	25	53
X	21,88	57,25
SD	1,83	4,79

Tabela A3: Média e desvpad de PC e CTA

Nome	PC	CTA
Suj 1	112,86	12642,34
Suj 2	118,54	11643,06
Suj 3	125,55	13442,87
Suj 4	131,43	8601,33
Suj 5	112,64	13982,29
Suj 6	101,66	13426,69
Suj 7	194,84	10753,37
Suj 8	136,21	5707,17
X	129,22	11274,89
SD	26,90	2671,27

Tabela A9: FC pré e pós esforços contínuos

Nome	préC1	pósC1	préC2	pósC2	préC3	pósC3
suj1	93	180	92	178	97	177
suj2	98	194	128	193	121	190
suj3	83	178	90	171	100	177
suj4	76	172	108	172	99	173
suj5	108	190	111	189	111	189
suj6	96	175	103	172	107	172
suj7	116	197	121	198	98	192
suj8	80	185	85	178	98	173
X	93,75	183,88	104,75	181,38	103,88	180,38
SD	12,95	8,54	14,26	9,85	7,98	7,94

Tabela A11: Lactato pré e pós esforços contínuos

Nome	préC1	pósC1	préC2	pósC2	préC3	pósC3
suj1	0,60	5,37	0,87	4,47	0,69	4,41
suj2	0,60	4,47	0,54	3,78	0,45	4,32
suj3	0,51	7,71	0,60	4,32	0,54	5,04
suj4	0,48	3,96	1,11	4,05	0,48	4,38
suj5	0,84	5,58	0,69	5,52	0,48	4,38
suj6	0,33	3,42	0,60	3,39	0,66	5,04
suj7	0,93	8,40	0,78	5,34	0,99	6,78
suj8	0,39	7,32	0,33	4,41	0,69	4,98
X	0,59	5,78	0,69	4,41	0,62	4,92
SD	0,20	1,72	0,22	0,68	0,17	0,77

Tabela A2:Dados obtidos em testes contínuos e intermitentes

PC CTA	Carga	Tempo de esforço	Regime de pausa	Número de pausas	Dist. até penúltimo	Tempo no último esforço	Distância do último	Tempo total de esforço	Trabalho total	Potência
								Te*n+Teult	C*10*(Dist+ Distult)	Trabtotal/Tte
	C	Te	Rp	n	Dist	Teult	Distult	Tte	Trabtotal	P
suj1 112,8599 12642,34	4,25	15	15	5	630	15	90	90	30600	340,00
	4,25	15	30	19	2370	15	110	300	105400	351,33
	4,25	15	45	13	1550	15	110	210	70550	335,95
	4,25	15	60	30	3900	28	230	478	175525	367,21
	2,11	0	0	0	0	175	1520	175	32072	183,27
	2,4	0	0	0	0	127	1140	127	27360	215,43
	2,7	0	0	0	0	93	870	93	23490	252,58
suj2 118,5393 11643,06	3,5	15	15	10	1240	15	120	165	47600	288,48
	3,5	15	30	30	3840	27	220	477	142100	297,90
	3,5	15	45	30	3930	36	320	486	148750	306,07
	3,5	15	60	30	3870	51	440	501	150850	301,10
	2,12	0	0	0	0	211	1730	211	36676	173,82
	2,39	0	0	0	0	87	820	87	19598	225,26
	2,65	0	0	0	0	113	970	113	25705	227,48
suj3 125,5485 13442,87	4,5	15	15	8	950	15	110	135	47700	353,33
	4,5	15	30	30	3700	21	170	471	174150	369,75
	4,5	15	45	30	3720	41	340	491	182700	372,10
	4,5	15	60	30	3840	45	380	495	189900	383,64
	2,25	0	0	0	0	266	2120	266	47700	179,32
	2,5	0	0	0	0	136	1160	136	29000	213,24
	2,75	0	0	0	0	131	1140	131	31350	239,31
suj4 131,4253 8601,325	4	15	15	6	710	12	80	102	31600	309,80
	4	15	30	24	2840	15	120	375	118400	315,73
	4	15	45	30	3920	19	170	469	163600	348,83
	4	15	60	30	3760	43	360	493	164800	334,28
	1,96	0	0	0	0	304	2500	304	49000	161,18
	2,2	0	0	0	0	173	1400	173	30800	178,03

	2,45	0	0	0	0	125	1030	125	25235	201,88
--	------	---	---	---	---	-----	------	-----	-------	--------

Tabela A2 (cont.):Dados obtidos em testes contínuos e intermitentes

PC CTA	Carga	Tempo de esforço	Regime de pausa	Número de pausas	Dist. até penúltimo	Tempo no último esforço	Distância do último	Tempo total de esforço	Trabalho total	Potência
								Te*n+Teult	C*10*(Dist+ Distult)	Trabtotal/Tte
	C	Te	Rp	n	Dist	Teult	Distult	Tte	Trabtotal	P
suj5 112,6359 13982,29	5,5	15	15	5	520	12	30	87	30250	347,70
	5,5	15	30	13	1320	15	80	210	77000	366,67
	5,5	15	45	30	3130	18	130	468	179300	383,12
	5,5	15	60	30	3260	15	100	465	184800	397,42
	2,56	0	0	0	0	118	1050	118	26880	227,80
	2,88	0	0	0	0	109	930	109	26784	245,72
	3,2	0	0	0	0	93	760	93	24320	261,51
suj6 101,6619 13426,69	4,75	15	15	5	630	15	110	90	35150	390,56
	4,75	15	30	9	1090	15	110	150	57000	380,00
	4,75	15	45	30	3520	23	180	473	175750	371,56
	4,75	15	60	30	3520	31	240	481	178600	371,31
	2,32	0	0	0	0	140	1190	140	27608	197,20
	2,6	0	0	0	0	103	940	103	24440	237,28
	2,9	0	0	0	0	101	800	101	23200	229,70
suj7 194,843 10753,37	5	15	15	10	1190	15	110	165	65000	393,94
	5	15	30	30	3560	22	170	472	186500	395,13
	5	15	45	30	3670	40	310	490	199000	406,12
	5	15	60	30	3690	45	350	495	202000	408,08
	2,75	0	0	0	0	355	2920	355	80300	226,20
	3	0	0	0	0	204	1670	204	50100	245,59
	3,25	0	0	0	0	136	1150	136	37375	274,82
suj8 136,2112 5707,17	3,25	15	15	12	1450	15	110	195	50700	260,00
	3,25	15	30	30	3640	37	290	487	127725	262,27
	3,25	15	45	30	3430	53	440	503	125775	250,05
	3,25	15	60	30	3510	59	470	509	129350	254,13
	2	0	0	0	0	186	1540	186	30800	165,59

	2,5	0	0	0	0	90	730	90	18250	202,78
	2,75	0	0	0	0	66	530	66	14575	220,83

Tabela A4: Tempo de esforço; trabalho e potência em esforços contínuos

Nome	Carga 1	Carga 2	Carga 3	Te- C1	Te- C2	Te- C3	Trab-C1	Trab-C2	Trab-C3	Pot-C1	Pot-C2	Pot-C3
Suj 1	2,11	2,4	2,7	175	127	93	32072	27360	23490	183,27	215,43	252,58
Suj 2	2,12	2,39	2,65	211	87	113	36676	19598	25705	173,82	225,26	227,48
Suj 3	2,25	2,5	2,75	266	136	131	47700	29000	31350	179,32	213,24	239,31
Suj 4	1,96	2,2	2,45	304	173	125	49000	30800	25235	161,18	178,03	201,88
Suj 5	2,56	2,88	3,2	118	109	93	26880	26784	24320	227,80	245,72	261,51
Suj 6	2,32	2,6	2,9	140	103	101	27608	24440	23200	197,20	237,28	229,70
Suj 7	2,75	3	3,25	355	204	136	80300	50100	37375	226,20	245,59	274,82
Suj 8	2	2,5	2,75	186	90	66	30800	18250	14575	165,59	202,78	220,83
X	2,26	2,56	2,83	219,38	128,63	107,25	41379,50	28291,50	25656,25	189,30	220,42	238,51
SD	0,26	0,25	0,26	77,02	38,69	22,04	16708,51	9197,75	6176,90	24,07	21,70	22,08

Tabela A12: Lactato pré e pós esforços intermitentes

NOMES	pré15	pós15	pré30	pós30	pré45	pós45	pré60	pós60
Suj 1	0,72	5,49	0,69	5,58	0,6	2,4	0,66	3,39
Suj 2	0,9	5,1	0,33	5,19	2,7	3,57	0,48	5,16
Suj 3	0,84	5,7	0,48	6,39	0,72	4,23	0,66	6,06
Suj 4	1,02	4,68	0,6	4,23	0,84	4,65	0,78	5,43
Suj 5	1,14	6,48	0,96	9,72	0,45	8,7	0,54	7,17
Suj 6	0,87	5,82	1,08	6,51	0,66	6,21	0,48	6,03
Suj 7	0,93	9,15	0,75	6,75	0,63	6,63	1,83	4,92
Suj 8	1,2	5,85	1,41	3,51	1,08	4,65	0,63	5,25
X	0,95	6,03	0,79	5,99	0,96	5,13	0,76	5,43
SD	0,15	1,28	0,33	1,77	0,68	1,85	0,42	1,02

Tabela A5: Tempo de esforço; trabalho e potência em esforços intermitentes

Nome	Carga	Te- 15	Te-30	Te-45	Te-60	Trab- 15	Trab-30	Trab-45	Trab-60	Pot- 15	Pot-30	Pot-45	Pot-60
Suj 1	4,25	90	300	210	478	30600	105400	70550	175525	340	351,33	335,95	367,21
Suj 2	3,5	165	477	486	501	47600	142100	148750	150850	288,48	297,90	306,07	301,10
Suj 3	4,5	135	471	491	495	47700	174150	182700	189900	353,33	369,75	372,10	383,64
Suj 4	4	102	375	469	493	31600	118400	163600	164800	309,80	315,73	348,83	334,28
Suj 5	5,5	87	210	468	465	30250	77000	179300	184800	347,70	366,67	383,12	397,42
Suj 6	4,75	90	150	473	481	35150	57000	175750	178600	390,56	380,00	371,56	371,31
Suj 7	5	165	472	490	495	65000	186500	199000	202000	393,94	395,13	406,12	408,08
Suj 8	3,25	195	487	503	509	50700	127725	125775	129350	260	262,27	250,05	254,13
X	4,34	128,63	367,75	448,75	489,63	42325,00	123534,38	155678,13	171978,13	335,48	342,35	346,73	352,14
SD	0,71	39,56	124,81	90,96	13,18	11676,90	41587,77	38437,59	21674,92	44,02	42,90	46,41	49,11

Tabela A8: Médias e desvios-padrão de trabalho total, das porções da CTA, % e taxa de recuperação da CTA, nas condições de pausa

Pausas	TrabTotal	SD	CTArem	SD	CTAut	SD	CTAdisp	SD	CTArep	SD
15s	42325	12483	2939	790	22942	4687	8336	2292	14606	5027
30s	123534	44459	4171	768	70248	23045	7104	2887	63145	23333
45s	155678	41092	6237	2232	90702	29885	5038	3359	85664	29309
60s	171181	21807	7740	2538	101066	23512	3237	3386	97828	20910

Tabela A8 (cont.):

Pausas	%rep	SD	Taxa rep	SD
15s	0,625	0,123	0,580	0,123
30s	0,886	0,074	0,148	0,064
45s	0,938	0,066	0,079	0,023
60s	0,973	0,030	0,055	0,002

Tabela A7: CTA utilizada, reposta e remanescente em testes intermitentes.

PC CTA	Carga	Regime de pausa	CTA remanescente	Tempo total pausa	CTAut. até penúltimo	CTA disponível para repetições	CTA reposta nas pausas	Porcentagem reposta	Porcentagem depletada
			(P-PC)*Teult	n * rp	(C*10*Dist) (PC*n*te)	(CTA-CTArem)	(CTAut - CTAdisp)	(CTArep / CTAut)	(1 - %rep)
	C	Rp	CTArem	Ttp	CTAut	CTAdisp	CTArep	%rep	%dep
suji1	4,25	15	3407,10	75	18315	9235,20	9079,80	0,50	0,50
112,8599	4,25	30	3577,10	570	68577	9065,20	59511,80	0,87	0,13
12642,34	4,25	45	3346,39	585	43879	9295,91	34583,09	0,79	0,21
	4,25	60	7121,72	1800	114990	5520,58	109469,42	0,95	0,05
suji2	3,5	15	2549,18	150	25625	9093,82	16531,18	0,65	0,35
118,5393	3,5	30	4842,84	900	81075	6800,16	74274,84	0,92	0,08
11643,06	3,5	45	6751,10	1350	84225	4891,90	79333,10	0,94	0,06
	3,5	60	9310,48	1800	82125	2332,52	79792,48	0,97	0,03
suji3	4,5	15	3416,77	120	27690	10026,23	17663,77	0,64	0,36
125,5485	4,5	30	5128,13	900	110025	8314,87	101710,13	0,92	0,08
13442,87	4,5	45	10108,52	1350	110925	3334,48	107590,52	0,97	0,03
	4,5	60	11613,95	1800	116325	1829,05	114495,95	0,98	0,02
suji4	4	15	2140,54	90	16574	6460,46	10113,54	0,61	0,39
131,4253	4	30	2764,62	720	66296	5836,38	60459,62	0,91	0,09
8601,325	4	45	4130,64	1350	97670	4470,36	93199,64	0,95	0,05
	4	60	3711,38	1680	105212	4889,62	100322,38	0,95	0,05

Tabela A7 (cont.): CTA utilizada, reposta e remanescente em testes intermitentes.

PC CTA	Carga	Regime de pausa	CTA remanescente	Tempo total pausa	CTAut. até penúltimo	CTA disponível para repetições	CTA reposta nas pausas	Porcentagem reposta	Porcentagem depletada
			(P-PC)*Teult	n * rp	(C*10*Dist) (PC*n*te)	(CTA-CTArem)	(CTAut - CTAdisp)	(CTArep / CTAut)	(1 - %rep)
	C	Rp	CTArem	Ttp	CTAut	CTAdisp	CTArep	%rep	%dep
su5	5,5	15	2820,78	75	20152	11161,22	8990,78	0,45	0,55
112,6359	5,5	30	3810,46	390	50635,2	10171,54	40463,66	0,80	0,20
13982,29	5,5	45	4868,71	1350	121462	9113,29	112348,71	0,92	0,08
	5,5	60	4271,75	1800	128612	9710,25	118901,75	0,92	0,08
su6	4,75	15	4333,40	75	22300,5	9093,30	13207,20	0,59	0,41
101,6619	4,75	30	4175,07	270	38050,9	9251,63	28799,27	0,76	0,24
13426,69	4,75	45	6207,76	1350	121453	7218,94	114234,06	0,94	0,06
	4,75	60	8359,08	1800	121453	5067,62	116385,38	0,96	0,04
su7	5	15	2986,45	150	30274	7766,95	22507,05	0,74	0,26
194,843	5	30	4406,25	900	90322	6347,15	83974,85	0,93	0,07
10753,37	5	45	8451,18	1350	95822	2302,22	93519,78	0,98	0,02
	5	60	9595,70	1800	96822	1157,70	95664,30	0,99	0,01
su8	3,25	15	1856,83	180	22607,2	3850,37	18756,83	0,83	0,17
136,2112	3,25	30	4664,14	900	57005,5	1043,06	55962,44	0,98	0,02
5707,17	3,25	45	6033,44	1350	50180,5	-326,24	50506,74	1,01	-0,01
	3,25	60	6956,96	1800	52780,5	-1249,76	54030,26	1,02	-0,02

Tabela A6: Trabalho excedente nas diferentes condições de pausa em esforços intermitentes

			Trab. Previsto para cada carga cont.				Trab. Realizado interm.			
Nome	PC	CTA	15s	30s	45s	60s	15s	30s	45s	60s
su1	112,86	12642,34	18923,98	12678,36	12680,08	12676,79	30600	105400	70550	175525
su2	118,54	11643,06	19787,49	19376,75	19005,46	19207,21	47600	142100	148750	150850
su3	125,55	13442,87	20863,05	20375,39	20291,00	19998,40	47700	174150	182700	189900
su4	131,43	8601,33	14967,28	14759,21	13820,92	14181,65	31600	118400	163600	164800
su5	112,64	13982,29	20702,21	20198,28	19807,43	19520,64	30250	77000	179300	184800
su6	101,66	13426,69	18160,66	18330,74	18494,61	18494,61	35150	57000	175750	178600
su7	194,84	10753,37	21326,90	21221,25	20675,93	20582,83	65000	186500	199000	202000
su8	136,21	5707,17	5571,48	11887,22	12538,95	12306,95	50700	127725	125775	129350
X	129,22	11274,89	17537,88	17353,40	17164,30	17121,13	42325,00	123534,38	155678,13	171978,13
SD	26,90	2671,27	4906,62	3458,69	3296,47	3237,03	11676,90	41587,77	38437,59	21674,92

Tabela A6 (cont.): Trabalho excedente nas diferentes condições de pausa em esforços intermitentes

			Trab. Excedente para cada carga			
Nome	PC	CTA	15s	30s	45s	60s
su1	112,86	12642,34	11676,02	92721,64	57869,92	162848,2
su2	118,54	11643,06	27812,51	122723,2	129744,5	131642,8
su3	125,55	13442,87	26836,95	153774,6	162409	169901,6
su4	131,43	8601,33	16632,72	103640,8	149779,1	150618,4
su5	112,64	13982,29	9547,791	56801,72	159492,6	165279,4
su6	101,66	13426,69	16989,34	38669,26	157255,4	160105,4
su7	194,84	10753,37	43673,1	165278,8	178324,1	181417,2
su8	136,21	5707,17	45128,52	115837,8	113236	117043
X	129,22	11274,89	24787,12	106181	138513,8	154857
SD	26,90	2671,27	12822,08	40786,56	35870,25	19743,9

Tabela A9: FC pre e pos esforcos continuos

Nome	preC1	posC1	preC2	posC2	preC3	posC3
suj1	93	180	92	178	97	177
suj2	98	194	128	193	121	190
suj3	83	178	90	171	100	177
suj4	76	172	108	172	99	173
suj5	108	190	111	189	111	189
suj6	96	175	103	172	107	172
suj7	116	197	121	198	98	192
suj8	80	185	85	178	98	173
X	93,75	183,88	104,75	181,38	103,88	180,38
SD	12,95	8,54	14,26	9,85	7,98	7,94

Tabela A10: FC pre e pos esforcos intermitentes

Nome	p15pre1	p15pos1	p15pre2	p15pos2	p15pre3	p15pos3	p15prepn	p15pospn	p15preult
suj 1	95	138	132	157	154	168	173	173	173
suj 2	119	153	150	167	166	176	192	195	194
suj 3	102	138	133	156	155	161	172	176	172
suj 4	79	143	139	150	149	158	162	168	162
suj 5	111	169	163	174	175	182	176	182	178
suj 6	84	135	126	152	146	161	161	169	167
suj 7	87	164	149	174	167	176	187	189	186
suj 8	94	141	140	160	158	169	187	191	189
X	96,38	147,63	141,5	161,25	158,75	168,88	176,25	180,38	177,63
SD	12,79	12,06	11,19	8,79	9,22	8,04	10,86	9,75	10,48

p15posult	p30pre1	p30pos1	p30pre2	p30pos2	p30pre3	p30pos3	p30prepn	p30pospn	p30preult
175	77	122	110	140	123	144	135	150	127
196	128	136	131	146	136	147	181	187	182
178	83	129	119	145	120	146	165	174	165
167	86	134	133	152	143	152	159	169	158
179	110	168	151	171	159	177	164	180	164
172	81	128	115	147	137	154	155	171	165
191	98	143	122	154	133	159	179	187	184
192	96	132	128	154	140	158	168	178	168
181,25	94,88	136,5	126,13	151,13	136,38	154,63	163,25	174,5	164,13
9,82	16,08	13,23	11,96	8,78	11,34	9,9	13,57	11,17	16,38

p30posult	p45pre1	p45pos1	p45pre2	p45pos2	p45pre3	p45pos3	p45prepn	p45pospn	p45preult
150	83	121	120	136	134	145	148	157	148
194	103	146	132	149	119	152	162	173	162
179	86	134	106	136	119	148	135	158	133
168	92	132	126	146	117	150	149	169	157
180	108	161	129	172	131	174	171	182	165
172	90	141	122	150	129	150	170	181	163
193	89	146	114	155	119	158	155	177	149
198	88	124	117	140	110	140	140	159	138
179,25	92,38	138,13	120,75	148	122,25	152,13	153,75	169,5	151,88
14,97	8,08	12,26	7,92	11,1	7,66	9,6	12,39	9,72	11,16

p45posult	p60pre1	p60pos1	p60pre2	p60pos2	p60pre3	p60pos3	p60prepn	p60pospn	p60preult
157	93	130	110	136	111	150	145	157	144
189	109	156	121	161	132	163	151	172	150
181	83	132	90	128	87	129	131	149	134
176	85	132	103	136	102	136	116	150	116
183	109	171	111	173	125	175	151	181	152
184	67	134	90	140	111	140	138	163	133
198	87	149	103	149	108	154	126	162	134
190	95	134	112	146	101	139	114	144	123
182,25	91	142,25	105	146,13	109,63	148,25	134	159,75	135,75
11,38	13,04	13,95	10,15	13,8	13,17	14,33	13,75	11,64	11,73