



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO MOVIMENTO HUMANO**

**Dissertação de Mestrado  
Linha de Pesquisa: Atividade Física e Performance**

**RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS, OXIDATIVAS E DE LESÃO MUSCULAR  
EM BAILARINAS APÓS AULAS E ENSAIOS DE *BALLET***

**Josianne da Costa Rodrigues Krause**

**Orientador: Dr. Alvaro Reischak de Oliveira**

**Porto Alegre, Dezembro de 2009**

*Se eu pudesse dizer tudo o que as coisas significam  
não teria a necessidade de dançá-las.*

***Isadora Duncan***

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo amor e dedicação ao longo de toda minha vida. Pelo exemplo de honestidade, pelos valores e pela confiança nas minhas decisões. Que eu possa educar meus filhos assim como vocês educaram a mim e aos meus irmãos, valorizando o estudo, o trabalho e o amor à família, acima de tudo. Obrigada de coração, amo muito vocês!

Ao amor da minha vida, meu marido, Mauricio! Ele que ilumina todos os meus dias com um olhar lindo, muito amor, carinho, companheirismo e bom humor. Ele que enfrenta e supera todos os desafios que a vida nos impõe com muita coragem e sinceridade, sempre do meu lado, o que engrandece ainda mais o nosso amor e nos torna uma família. Obrigada por tudo, pelo apoio intelectual, científico e, principalmente, pelo amor de todos os dias! Te amo sempre!

À minha irmã querida, minha amiga de verdade, Paula, pelo incentivo constante e coração aberto sempre, nas horas boas e ruins. Obrigada por todo apoio maninha!

Ao meu irmão Bernardo, pela amizade, cuidado, carinho e todos os momentos de alegria. Ao meu sobrinho Lucas, o brilho da nossa família, pela felicidade que trás à minha vida. À minha cunhada Camila, pela amizade e compreensão sempre presentes.

À minha `bá` querida, dona Gema, que cuida de mim desde meu nascimento com muito amor! Obrigada pela dedicação, zelo e carinho!

À família Krause, pelo acolhimento e carinho há 12 anos. Obrigada por me terem como uma filha, tenho orgulho de fazer parte dessa família!

Ao meu professor orientador, Alvaro, por todos os ensinamentos de fisiologia, por acreditar em mim e guiar minha formação desde a iniciação científica. Obrigada por todos os momentos contemporâneos que tivemos e ainda vamos ter juntos!

Ao nosso grupo de estudos, GEFEX, pelo coleguismo, troca de experiências e boas cervejinhas! Em especial aos colegas Giovani, Diana, Max e Jocelito pela parceria nas coletas, aprendizados e amizade! Aos queridos alunos da iniciação científica, Estela, Eurico, Randhall e João, muito obrigada pela disponibilidade e compromisso, vocês foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao Ballet Vera Bublitz, especialmente à professora Carlla Bublitz e à professora Rosane, que me acolheram com muito respeito, abrindo as portas da escola e me permitindo convidar suas bailarinas para participação neste projeto, assim como frequentar suas aulas e ensaios para as filmagens e demais etapas do estudo.

Às bailarinas voluntárias desta pesquisa, pela compreensão, responsabilidade e disposição para enfrentar protocolos cansativos e às vezes dolorosos. Obrigada Luíza, Kaanda, Fernanda, Letícia, Cláudia, Manoela, Paula, Luciane, Bruna,

Camylle, Ana Paula, Violeta, Lara, Geórgia e Juliana! Vocês foram uns amores, abdicando de momentos pessoais para participar do projeto, sendo pacientes e me ajudando sempre durante as coletas. Foi muito bom conhecê-las e tê-las também como amigas!

À UFRGS, pela estrutura e ensino de qualidade. Aos funcionários da ESEF, em especial ao PPGCMH, André; ao LAPEX, Dani, Luciano, Vanessa, Rafa e Luiz; e à secretaria, Paulo Afonso. Obrigada pela paciência, apoio e competência.

Aos professores avaliadores deste trabalho, por contribuírem para minha formação e qualidade desta dissertação, com seu conhecimento e experiência.

À professora Mônica Dantas, por me encorajar e aguçar meu espírito científico na área da fisiologia da dança. Ao professor Flávio Castro, pelo apoio e excelente coordenação do LAPEX.

À uma colega muito especial de PPGCMH, Cristine Alberton, pelos aprendizados estatísticos e de VO2000. Muito obrigada pela disponibilidade, paciência e apoio.

À minha amiga Paula Zaffari, por estar sempre presente nos meus estudos! Participou do meu TCC, dos incansáveis pilotos deste projeto e de todos os protocolos desta dissertação. Obrigada!

À Edite, coletadora de sangue, pela disposição em todos os momentos.

À Sogipa Cia de Dança, com que eu passo os momentos mais divertidos dos meus dias! Obrigada pelo carinho, pelas vivências e por dançarem a vida comigo, todos os dias! Obrigada Carla, Débora, Luíza, Letícia Moreira e Letícia Menezes por participarem comigo dessa trajetória desde o meu TCC.

À minha professora de dança, Eliane, por todos os ensinamentos, oportunidades profissionais e, principalmente, pela amizade!

À minha amiga do coração, Julia, pela amizade sincera, por torcer por mim, fazer meus lindos pôsteres e me aguentar sempre! Obrigada pelo carinho, mala da minha vida!

Àqueles amigos que a gente escolhe pra ser nossa família! Julia, Deco, João, Susi, Dani, Luíza, Georgina e Dieguinho! Obrigada por todas as risadas, noites, divertimentos e amizade! Vocês foram muito importantes nesta etapa!

Aos amigos Bianca, Bárbara e Ricardo Rocha, por estarem sempre de coração aberto pra mim!

LISTA DE TABELAS .....	8
LISTA DE QUADROS .....	9
LISTA DE FIGURAS .....	10
LISTA DE ABREVIATURAS.....	11
RESUMO.....	12
1 INTRODUÇÃO .....	14
1.1 Objetivos.....	16
1.1.1 Objetivo Geral .....	16
1.1.2 Objetivos Específicos .....	16
1.2 Hipóteses.....	17
1.3 Definição operacional de termos.....	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1 Fisiologia da Dança.....	21
2.1.1 O Contexto da Fisiologia da Dança .....	21
2.1.2 O <i>Ballet</i> Clássico .....	22
2.1.3 Potência Aeróbia na Dança.....	25
2.1.3.1 Avaliação Cardiorrespiratória e Dança .....	30
2.1.4. Aspectos da Lesão na Dança .....	32
2.2 Exercício e Lesão do Tecidual Muscular .....	37
2.2.1 Marcadores Periféricos de Lesão Muscular.....	40
2.2.1.1 Creatina Quinase e Exercício .....	40
2.3 Exercício, Radicais Livres e Estresse Oxidativo .....	43
2.3.1 Tipos de Exercício e Estresse Oxidativo.....	50
2.3.1.1 Exercício Aeróbios .....	50
2.3.1.2 Exercício Anaeróbios e Mistos.....	51
2.3.2 Relações entre exercício, estresse oxidativo e lesão do tecido muscular.....	55
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	64
3.1 Caracterização da Pesquisa .....	64
3.2 População e Amostra .....	64
3.2.1 População.....	64
3.2.2 Amostra .....	64
3.2.2.1 Critérios de Inclusão.....	66
3.2.2.2 Critérios de Exclusão .....	66
3.3 Variáveis.....	67
3.3.1 Variáveis Independentes.....	67
3.3.2 Variáveis Dependentes .....	67
3.3.3 Variáveis de Controle .....	69
3.3.4 Variáveis de Caracterização da Amostra.....	70
3.4 Instrumentos de Coleta de Dados.....	71
3.4.1 Balança e Estadiômetro .....	71

3.4.2 Adipômetro .....	71
3.4.3 Esteira ergométrica .....	71
3.4.4 Analisador de Gases Portátil .....	71
3.4.5 Freqüencímetro .....	72
3.4.6 Lactímetro.....	72
3.4.7 Centrífuga refrigerada .....	72
3.4.8 Espectofotômetros .....	72
3.4.9 Ultra-freezer .....	72
3.4.10 Breu .....	73
3.4.11 Sala de Rítmica .....	73
3.4.12 Filmadora e Computador .....	73
3.4.13 Ficha de Coleta de Dados.....	73
3.4.14 Material de Coleta de Sangue.....	73
3.5 Etapas do estudo e desenho experimental.....	74
3.5.1 Descrição.....	74
3.5.2 Aprovação pelo Comitê de Ética.....	76
3.5.3 Estudo piloto.....	77
3.6 Protocolos de Testes.....	77
3.6.1 Estatura e Massa corporal .....	77
3.6.2 Percentual de Gordura Corporal .....	78
3.6.3 Teste de Potência Aeróbia Máxima ( $VO_{2máx}$ ).....	79
3.6.3.1 Limiares Ventilatórios (LV) .....	79
3.6.4 Coletas de sangue .....	80
3.6.4.1 Avaliação do lactato sangüíneo .....	80
3.6.4.2 Avaliação dos parâmetros de lesão muscular e estresse oxidativo .....	80
3.6.5 Aula de <i>Ballet</i> .....	81
3.6.6 Ensaio de <i>Ballet</i> .....	82
3.7 Descrição das técnicas bioquímicas .....	84
3.7.1 Dosagem de Creatina Quinase muscular (CK-MB).....	84
3.7.2 Determinação do conteúdo intracelular de GSH e GSSG e relação [GSSG/GSH].....	84
3.7.3 Xilenol Laranja.....	84
3.8 Tratamento Estatístico .....	84
3.9 Limitações .....	85
4 RESULTADOS .....	87
4.1 Caracterização da Amostra.....	87
4.1.1 Composição Corporal.....	87
4.1.2 Teste de Consumo Máximo de Oxigênio ( $VO_{2máx}$ ).....	88
4.2 Variáveis Cardiorrespiratórias .....	89
4.2.1 Aula e Ensaio .....	89
4.2.1.1 Consumo de Oxigênio.....	89

4.2.1.2 Frequência Cardíaca.....	90
4.2.1.3 Lactato.....	92
4.2.2 Aula, Ensaio e Teste de $VO_{2máx}$ .....	93
4.2.2.1 Consumo de Oxigênio.....	93
4.2.2.2 Frequência Cardíaca.....	95
4.2.2.3 Lactato.....	97
4.3 Variáveis de Dano Celular.....	98
4.3.1 Aula e Ensaio.....	98
4.3.1.1 Creatina Quinase.....	98
4.3.1.2 Glutaciona.....	99
4.3.1.3 Lipoperóxidos.....	101
4.4 Correlações entre variáveis cardiorrespiratórias e de dano celular.....	102
5 DISCUSSÃO.....	103
6 CONCLUSÕES.....	128
7 PERSPECTIVAS.....	130
8 REFERÊNCIAS.....	131
ANEXOS.....	144
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	144
Ficha de Dados Gerais.....	145
Ficha de Anamnese.....	146
Ficha de Avaliação da Composição Corporal.....	147
Ficha das Sessões de Exercícios.....	148
Teste $VO_{2máx}$ .....	148
Aula / Ensaio de <i>Ballet</i> .....	149
Exercícios de <i>Ballet</i> Clássico - Definições.....	150
<i>Ballet Paqueta</i> .....	151
Fotos das Sessões de Coleta de Dados.....	152

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1	Dados gerais de caracterização da amostra	66
Tabela 2	Exercícios de barra e centro da aula de <i>ballet</i> , tempo de duração de cada seqüência, seus respectivos andamentos e compassos musicais.	82
Tabela 3	Composição Corporal das bailarinas: média e desvio padrão das variáveis idade, massa e estatura; das dobras cutâneas utilizadas para o cálculo do percentual de gordura corporal (%GC); e de alguns perímetros corporais.	87
Tabela 4	Dados referentes ao teste de consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ). As variáveis consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), frequência cardíaca (FC), ventilação (VE) e velocidade de corridas (VELOC) estão expressas em média e desvio padrão em relação ao esforço máximo (MÁX), ao primeiro e segundo limiares ventilatórios (LV1 e LV2).	88
Tabela 5	Concentrações sanguíneas de lactato pré e 1 minuto pós o teste de consumo máximo de oxigênio.	88
Tabela 6	Valores de consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$ ) e frequência cardíaca (FC) relativos ao teste de consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ), à aula e ao ensaio de <i>ballet</i> .	93

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1	Esquema do desenho experimental do estudo. A primeira linha refere-se às semanas de envolvimento das bailarinas no projeto; a segunda linha à identificação das sessões a serem realizadas ou dos intervalos; a terceira linha refere-se ao local em que as atividades serão realizadas; a quarta linha às atividades propriamente ditas e a quinta linha à duração estimada de cada sessão ou intervalo.	75
Quadro 2	Análise da dinâmica da coreografia Paqueta, por meio da duração das sequências coreográficas com ou sem movimentação das bailarinas e dos períodos de intervalo entre elas.	83

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação gráfica do $VO_2$ em cada exercício da aula de <i>ballet</i> .	68
Figura 2	Consumo de oxigênio ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ) durante a aula e o ensaio de <i>ballet</i> .	89
Figura 3	Consumo de oxigênio ( $\%VO_{2m\acute{a}x}$ ) durante a aula e o ensaio de <i>ballet</i> .	90
Figura 4	Frequência Cardíaca (bpm) durante a aula e o ensaio de <i>ballet</i> .	91
Figura 5	Frequência Cardíaca ( $\%FC_{m\acute{a}x}$ ) durante a aula e o ensaio de <i>ballet</i> .	91
Figura 6	Concentração de lactato sanguíneo ( $mmol.l^{-1}$ ) durante a aula e o ensaio de <i>ballet</i> .	92
Figura 7	Consumo de oxigênio ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ) comparando-se a aula, o ensaio e os limiares ventilatórios.	94
Figura 8	Consumo de oxigênio ( $\%VO_{2m\acute{a}x}$ ) comparando-se a aula, o ensaio e os limiares ventilatórios.	95
Figura 9	Frequência Cardíaca (bpm) comparando-se a aula, o ensaio e os limiares ventilatórios.	96
Figura 10	Frequência Cardíaca ( $\%FC_{m\acute{a}x}$ ) comparando-se a aula, o ensaio e os limiares ventilatórios.	96
Figura 11	Concentração de lactato sanguíneo ( $mmol.l^{-1}$ ) comparando-se a aula, o ensaio e o teste de $VO_{2m\acute{a}x}$ .	97
Figura 12	Concentrações sanguíneas de creatina quinase (U.L) relativas à aula e ao ensaio de <i>ballet</i> .	98
Figura 13	Glutaciona oxidada (nmols.mg) relativas à aula e ao ensaio de <i>ballet</i> .	100
Figura 14	Glutaciona reduzida (nmols.mg) relativas à aula e ao ensaio de <i>ballet</i> .	100
Figura 15	Relação glutaciona oxidada / glutaciona reduzida (u.a) relativas à aula e ao ensaio de <i>ballet</i> .	101
Figura 16	Medidas de lipoperoxidação relativas à aula e ao ensaio de <i>ballet</i> .	102

## LISTA DE ABREVIATURAS

CAT	Catalase
CK	Creatina quinase
$D_{a-v}O_2$	Diferença artério-venosa de oxigênio
EO	Estresse oxidativo
ERN	Espécies reativas do nitrogênio
ERO	Espécies reativas do oxigênio
FC	Frequência cardíaca
$FC_{máx}$	Frequência cardíaca máxima
GPx	Glutathione peroxidase
GSH	Glutathione Reduzida
GSSG	Dissulfeto de glutathione
GST	Glutathione S-transferase
$H_2O_2$	Peróxido de Hidrogênio
HSP	<i>Heat shock protein</i> (proteína de choque térmico)
LAn	Limiar anaeróbio
La	Lactato
LM	Lesão muscular
LPO	Lipoperoxidação/Lipoperóxidos
LV1	Primeiro limiar ventilatório
LV2	Segundo limiar ventilatório
NO	Óxido nítrico
$O_2^{\bullet-}$	Superóxido
Q	Débito cardíaco
QL	Quimiluminescência
RER	<i>Respiratory exchange rate</i> (taxa de troca respiratória)
RL	Radicais livres
SOD	Superóxido dismutase
TnIe	Troponina I muscular esquelética
VE	Ventilação
VEj	Volume de ejeção
$VE/VO_2$	Equivalente ventilatório de oxigênio
$VE/VCO_2$	Equivalente ventilatório de gás carbônico
$VO_2$	Consumo de oxigênio
$VO_{2LV2}$	Consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório
$VO_{2máx}$	Consumo máximo de oxigênio
XL	Xilenol-laranja

## RESUMO

**Introdução:** As aulas de *ballet* parecem apresentar intensidades cardiorrespiratórias (CR) mais baixas do que os ensaios e espetáculos. Além disso, o *ballet* é caracterizado como um exercício intermitente, que envolve uma variedade de ações excêntricas, as quais podem estar relacionadas à lesão muscular (LM) e ao estresse oxidativo (EO). **Objetivos:** Descrever, comparar e correlacionar as respostas CR, de EO e LM em bailarinas após uma aula e um ensaio de *ballet*. Variáveis CR: consumo de oxigênio ( $VO_2$ ); frequência cardíaca (FC) e concentração sanguínea de lactato (La). Variáveis EO: estado redox (GSSH/GSH) e concentração sanguínea de lipoperoxídeos (LPO). Variável de LM: concentração sanguínea de creatina quinase (CK). **Métodos:** Doze bailarinas voluntárias, de nível técnico avançado foram avaliadas. Teste de consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) e avaliação da composição corporal foram realizados. Em duas sessões separadas, as bailarinas realizaram uma aula e um ensaio de *ballet*, os quais foram previamente filmados na escola de dança e reproduzidos nas sessões de coleta de dados.  $VO_2$  e FC foram mensurados continuamente em todas as sessões. La foi verificado antes e depois do teste de  $VO_{2max}$ ; e em repouso, aos 15 e 30 minutos da aula e do ensaio. Coletas de sangue foram realizadas em repouso, imediatamente após e 48h após a aula e o ensaio. As variáveis CR da aula (*barra*, *centro* e *aula toda*) e do ensaio (*ensaio todo*) foram também relacionadas aos dados do primeiro e segundo limiares ventilatórios (LV1 e LV2). La pós teste  $VO_{2max}$ , pós aula e pós ensaio foram também comparados entre si. Dados expressos em média e desvio padrão. Estatística: ANOVA Two-way; ANOVA medidas repetidas; Post hoc Bonferroni ( $p < 0,05$ ). **Resultados:**  $VO_{2max} = 37,3 \pm 4,7$ ; LV1 =  $24,9 \pm 2,7$  e LV2 =  $31,9 \pm 3,8$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>.  $VO_2$  (aula =  $14,5 \pm 2,1$  / ensaio =  $19,1 \pm 1,7$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>); FC (aula =  $145,7 \pm 17,9$  / ensaio =  $174,5 \pm 13,8$  bpm) e La (aula =  $4,2 \pm 1,1$  / ensaio =  $5,5 \pm 2,7$  mmol.l<sup>-1</sup>) foram significativamente diferentes entre si. Resultados Os resultados do  $VO_2$  (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) comparando-se aula, ensaio, LV1 e LV2 foram: *aula barra* ( $14,4 \pm 2,0$ ); *aula toda* ( $14,5 \pm 2,1$ ); *aula centro* ( $16,7 \pm 2,5$ ); *ensaio todo* ( $19,1 \pm 1,7$ ); LV1 ( $24,9 \pm 2,7$ ) e LV2 ( $31,9 \pm 3,8$ ). *Aula barra* e *aula toda* foram iguais entre si e diferentes de *aula centro* e *ensaio todo*, os quais não foram diferentes entre si. LV1 e LV2 foram diferentes entre si e de todos os demais parâmetros. Para FC, o *ensaio todo* se localizou entre LV1 e LV2. La (mmol.l<sup>-1</sup>) da aula ( $4,2 \pm 1,1$ ) foi significativamente menor do que o La máximo ( $8,1 \pm 2,3$ ), sendo o ensaio ( $5,5 \pm 2,7$ ) estatisticamente igual a ambos. CK foi significativamente mais elevada pós aula do que ensaio, sendo os valores pós e 48h iguais entre si e ambos diferentes do pré. A razão GSSG/GSH diminuiu significativamente 48h pós aula e ensaio, mas não foi diferente entre os dois tipos de exercício. Os valores de LPO foram maiores para a aula do que para o ensaio, não apresentando diferenças em relação ao efeito tempo. **Conclusão:** A aula apresenta intensidade mais baixa do que o ensaio em relação às variáveis CR, entretanto, a aula foi mais intensa no que se refere aos parâmetros de dano celular. Parece que as bailarinas avaliadas estão adaptadas em relação aos parâmetros de dano celular, mas necessitam de treinamento mais específico do ponto de vista CR.

**Palavras-chave:** *ballet* clássico, aula de *ballet*, ensaio de coreografias, variáveis cardiorrespiratórias, lesão muscular, estresse oxidativo.

## ABSTRACT

**Introduction:** Ballet classes (BC) seem to have lower cardiorespiratory (CR) intensities than ballet rehearsal (BR) and spectacles. Besides that, the ballet is characterized as an intermittent exercise that involves several eccentric actions, which could be related to muscle damage (MD) and oxidative stress (OS). **Aims:** To describe, compare and correlate ballet dancers' CR, MD and OS responses after a BC and a BR. CR variables: oxygen consumption ( $VO_2$ ); heart rate (HR) and lactate blood concentration (La). OS variables: redox state (GSSG/GSH) and lipoperoxides blood concentration (LPO). MD variable: creatine kinase blood concentration (CK). **Methods:** Twelve female advanced ballet dancers volunteered this study. Maximum oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ) test and body composition assessment were performed. In two separated sessions, the dancers performed a BC and a BR, which were previously recorded in their dance school, and further transmitted during the data collection sessions.  $VO_2$  and HR were continually measured during all sessions. La was verified before and after the  $VO_{2max}$  test; and in rest, in 15 and 30 minutes of the BC and BR. Blood collections were performed in rest, immediately after and 48h after the BC and BR. CR responses during BC (*barre*, *center floor* and *whole BC*) and during BR (*whole BR*) were also compared to the CR responses in the first and second ventilatory threshold (VT1 and VT2). The La was also compared after  $VO_{2max}$  test, after the BC and after BR. Data were expressed in average and standard deviation. Statistics: ANOVA Two-way, ANOVA repeated measures and Post hoc Bonferroni ( $p < 0.05$ ). **Results:**  $VO_{2max} = 37.3 \pm 4.7$ ; VT1 =  $24.9 \pm 2.7$  and VT2 =  $31.9 \pm 3.8$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>.  $VO_2$  (BC =  $14.5 \pm 2.1$  / BR =  $19.1 \pm 1.7$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>); HR (BC =  $145.7 \pm 17.9$  / BR =  $175 \pm 13.8$  bpm) e La (BC =  $4.2 \pm 1.1$  / BR =  $5.5 \pm 2.7$  mmol.l<sup>-1</sup>) were significantly different among themselves.  $VO_2$  (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) results comparing BC, BR, VT1 and VT2 were: *barre* ( $14.4 \pm 2.0$ ); *whole BC* ( $14.5 \pm 2.1$ ); *center floor* ( $16.7 \pm 2.5$ ); *whole BR* ( $19.1 \pm 1.7$ ); VT1 ( $24.9 \pm 2.7$ ) and VT2 ( $31.9 \pm 3.8$ ). For FC results, the whole BR was located between VT1 and VT2. La (mmol.l<sup>-1</sup>) in the BC ( $4.2 \pm 1.1$ ) was significantly lower than La in the  $VO_{2max}$  test ( $8.1 \pm 2.3$ ), being the BR ( $5.5 \pm 2.7$ ) statistically equal to both. CK was significantly higher after the BC than the BR, being the values post and 48h post equal between themselves and both significantly different from before BC and BR. The ratio GSSG/GSH was significantly lower in 48h after BC and BR, but it was not different in relation to the type of exercise (BC or BR). LPO values were higher in the BC than the BR, however they did not show any differences related to the time. **Conclusion:** BC showed lower CR responses than BR, nevertheless, BC was more intense concerning the cell damage parameters. It appears that the dancers evaluated are well adapted in relation to cell damage parameters, but they need more specific training from the CR point of view.

**Key-words:** classical ballet, ballet class, choreografie rehearsals, cardiorespiratory variables, muscle damage, oxidative stress.

## 1 INTRODUÇÃO

A dança enquanto arte exige de seus praticantes grande habilidade técnica, a qual está inserida em um contexto que engloba diversos componentes do desempenho físico, tais como potência aeróbia, potência anaeróbia, força, mobilidade articular, flexibilidade e composição corporal (1, 2).

As informações sobre a fisiologia do exercício aplicada à dança vêm crescendo, mas ainda há muito para ser investigado no que concerne às características fisiológicas e bioquímicas dos bailarinos. Sabe-se que há uma discrepância entre as demandas metabólicas das aulas e dos ensaios e/ou espetáculos de dança, como demonstrado por Cohen et al. (3), que verificaram intensidades relativas de 36 a 45% do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) em aulas de *ballet*, em contrapartida há trabalhos em torno de 80% do  $VO_{2máx}$  durante a execução de coreografias. As aulas de dança, geralmente centradas no desenvolvimento dos aspectos técnicos, proporcionam poucos estímulos para adaptações significativas em relação ao condicionamento físico (1). Entretanto, as intensidades exigidas dos bailarinos durante suas *performances* são mais elevadas. Shantz e Astrand (4), mostraram concentrações de lactato de 3 mmol.l<sup>-1</sup> após aulas de *ballet*, enquanto concentrações de La de 10 mmol.l<sup>-1</sup> foram verificadas após variação coreográfica de *pas de deux*, próximo ao encontrado após teste de esforço máximo em esteira (13 mmol.l<sup>-1</sup>). Além disso, bailarinos apresentam potência aeróbia máxima ( $VO_{2máx}$ ) similar a indivíduos praticantes de esportes anaeróbios, em torno de 43 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> (1, 5), o que justificaria os baixos valores de  $VO_{2máx}$  dos bailarinos se a dança fosse uma atividade de características metabólicas únicas. Entretanto, a dança é uma atividade mista, que demanda tanto do metabolismo aeróbio quanto do metabolismo anaeróbio (6, 7), de acordo com a(s) coreografia(s) a ser(em) dançada(s). No entanto, parece que há correlação positiva entre desempenho aeróbio, não só referente ao  $VO_{2máx}$ , mas também ao desempenho perante o limiar anaeróbio (LAN) e nível de habilidade técnica, demonstrando-se que bailarinas de menor nível técnico apresentam valores mais baixos de  $VO_{2máx}$  e realizam mais exercícios durante uma aula de *ballet* acima do LAN do que bailarinas de maior nível técnico (7).

O *ballet* é a modalidade de dança escolhida para este estudo, visto que é considerado preparação básica para muitas outras danças (como o jazz, algumas

linhas de dança contemporânea e a dança de salão), sendo também considerado base técnica de outras modalidades esportivas, como as ginásticas rítmica, artística e aeróbica (8). Além disso, o *ballet* possui uma estrutura codificada, referente às aulas, à nomenclatura utilizada e a algumas peças renomadas denominadas *balletos de repertório*, o que torna sua linguagem universal.

O *ballet* constitui-se uma forma de exercício intermitente (4, 9) e com componente excêntrico bastante presente (10), o que vai ao encontro da grande incidência de dor e lesões (11-15), principalmente musculares, verificadas em bailarinos de variados níveis técnicos. A presença constante de dor muscular tardia (16-18), característica de esforços com componente excêntrico predominante (10), aliada ao baixo desempenho aeróbio dos bailarinos (1, 3) (2, 19) e às discrepâncias existentes entre as demandas metabólicas de aulas e dos ensaios de dança (4, 19, 20), podem estar relacionadas ao elevado índice de lesões musculares em bailarinos (12-15, 17, 21).

A lesão da célula muscular induzida por exercício, especialmente aqueles que envolvem ações musculares excêntricas, caracteriza-se por desorganização ultraestrutural das miofibrilas, proteólise excessiva, mudanças na homeostase do cálcio ( $Ca^{+2}$ ), formação de espécies reativas de oxigênio (ERO), fadiga muscular, desencadeamento de processo inflamatório e conseqüente extravasamento de proteínas intracelulares, conhecidas como marcadores de lesão muscular (LM), tais como a creatina quinase (CK) e a troponina I muscular esquelética (TnIe) (22-27).

Evidências têm apontado uma relação entre LM e estresse oxidativo (EO), corroborando aos mecanismos desencadeadores de fadiga muscular que envolve as ERO e a formação de radicais livres (RL) (23, 24). Além disso, sabe-se que indivíduos bem treinados, seja em relação à potência aeróbia, anaeróbia ou mista, embora expostos a maiores cargas de trabalho, freqüentemente apresentam variações de menor magnitude nas respostas aos índices de EO e LM induzida por exercício (24). Um sistema antioxidante e mecanismos de adaptação e reparo muscular mais eficientes podem justificar esse fato (23, 24, 28).

Desse modo, observa-se que há relações entre exercício, nível de condicionamento físico, EO e lesão do tecido muscular, principalmente no que concerne aos efeitos do exercício excêntrico sobre essas variáveis. Perante um exercício como o *ballet* clássico, que envolve uma variedade de ações excêntricas sucessivas, e diante de uma população de bailarinos com elevada suscetibilidade a

lesões musculares e talvez não treinados suficientemente para as exigências metabólicas que lhes são requeridas nas *performances*, justifica-se a seguinte problemática para este estudo:

- Há diferenças nas respostas de variáveis cardiorrespiratórias, parâmetros de EO e concentração de um marcador de lesão tecidual muscular em bailarinas nas situações de aula e ensaio de *ballet*? Há relações entre essas variáveis?

Para a maioria dos profissionais envolvidos com a dança, um bom rendimento se dá somente acerca da técnica, do estilo e da tradição. No entanto, o desempenho físico e o treinamento específico dos aspectos fisiológicos que circundam a dança, podem potencializar os aspectos técnicos, prevenir a incidência de lesões e evitar fenômenos como o *overtraining*, conhecidos no esporte em geral e também na dança (2). Essa abordagem, englobando as diferenças entre aulas e ensaios de *ballet*, pode proporcionar informações relevantes acerca dos fatores que caracterizam e influenciam o desempenho dos bailarinos, bem como os possíveis mecanismos que podem estar associados ao desencadeamento de lesões do tecido muscular. Tais análises são importantes para o entendimento do *ballet* enquanto treinamento físico, mostrando a importância do estudo da fisiologia e da bioquímica do exercício como potencializadores do desempenho em dança.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Descrever e relacionar as respostas de variáveis cardiorrespiratórias, marcadores de EO e LM em bailarinas após uma aula e um ensaio de *ballet*.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Descrever e comparar as respostas do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), da frequência cardíaca (FC) e da concentração de La sanguíneo de bailarinas de nível técnico avançado durante uma aula e um ensaio de *ballet*;

- Descrever e comparar as concentrações sanguíneas de um marcador de LM (CK) em bailarinas de nível técnico avançado em repouso, imediatamente após e nas 48 horas seguintes a uma aula e um ensaio de *ballet*;
- Descrever e comparar os parâmetros de estresse oxidativo através das análises de lipoperoxidação (LPO) de membrana e do metabolismo da glutatona, indicativo do estado redox celular, em bailarinas de nível técnico avançado, nas situações de repouso, imediatamente após e nas 48 horas seguintes a uma aula e um ensaio de *ballet*;
- Relacionar as respostas das variáveis cardiorrespiratórias ( $VO_2$ , FC, La) de bailarinas de nível técnico avançado nas aulas e ensaios de *ballet* ao desempenho das mesmas no teste de  $VO_{2máx}$  e;
- Correlacionar as respostas das variáveis cardiorrespiratórias ( $VO_2$ , FC, La), o marcador de LM (CK) e os parâmetros de EO (LPO e estado redox) de bailarinas de nível técnico avançado nas situações de aula e ensaio de *ballet*.

## 1.2 Hipóteses

H<sub>1</sub> – Os valores de  $VO_2$ , FC e La sanguíneo durante o ensaio serão mais elevados do que após a aula de *ballet*;

H<sub>2</sub> – As concentrações sanguíneas do marcador de LM (CK) serão mais elevadas após o ensaio do que após a aula de *ballet*. As concentrações destes marcadores após a aula de *ballet* não serão significativamente diferente dos valores de repouso;

H<sub>3</sub> - Os parâmetros de EO (LPO e estado redox) serão mais elevados após o ensaio do que após as aulas de *ballet*. Não haverá diferença significativa desses parâmetros comparando-se a aula de *ballet* à situação de repouso;

H<sub>4</sub> – Os valores de  $VO_2$  e FC após o ensaio de *ballet* representarão percentuais de carga de trabalho mais elevados do que a aula de *ballet*, em relação aos valores obtidos a partir do teste de  $VO_{2máx}$ . Os valores dessas variáveis no ensaio de *ballet* relacionar-se-ão aqueles obtidos no LV2 do teste máximo; enquanto os valores da aula de *ballet* estarão relacionados aos obtidos no LV1;

H<sub>5</sub> - Os valores de La sanguíneo após a aula de *ballet* serão mais baixos do que os verificados após o ensaio o teste  $VO_{2máx}$ . Os valores de La do ensaio, por sua vez, serão similares ao verificado após o teste de  $VO_{2máx}$  e;

H<sub>6</sub> – Haverá uma correlações entre as variáveis metabólicas (VO<sub>2</sub>, FC e La), os marcadores de LM (CK e TnI) e os parâmetros de EO (LPO e GSSH/GSH) em ambas situações, aula e ensaio de *ballet*.

### 1.3 Definição operacional de termos

- Esforço máximo: respostas relativas aos valores máximos das variáveis VO<sub>2</sub>, FC e La durante o teste de potência aeróbia máxima (VO<sub>2máx</sub>).
- Consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2máx</sub>): o VO<sub>2</sub> será considerado máximo quando, no teste de cargas progressivas em esteira, o indivíduo avaliado apresentar uma tendência a um platô no VO<sub>2</sub>; um aumento não linear da taxa de troca respiratória (RER) maior ou igual a 1; ou sinais subjetivos de exaustão.
- Consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>): refere-se à diferença artério-venosa de oxigênio, verificada como a capacidade do corpo de consumir, transportar e metabolizar O<sub>2</sub> durante diferentes níveis de esforço, que neste estudo referem-se ao teste de VO<sub>2máx</sub>, a aula e ao ensaio de *ballet*. O VO<sub>2</sub> será expresso na forma relativa (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>).
- Frequência cardíaca (FC): refere-se ao número de batimentos cardíacos verificados a cada 30 s durante o teste de VO<sub>2máx</sub>, a aula e o ensaio de *ballet*.
- Primeiro limiar ventilatório (LV1): será atribuído à primeira quebra da curva da ventilação (VE) em função do VO<sub>2</sub> durante o teste de VO<sub>2máx</sub>; e à carga mínima em VE/VO<sub>2</sub> aumenta proporcionalmente ao VE/VCO<sub>2</sub>.
- Segundo limiar ventilatório (LV2): será atribuído à segunda quebra da curva da ventilação durante o exercício e à carga de trabalho em que VE/VO<sub>2</sub> aumenta concomitantemente em relação ao VE/VCO<sub>2</sub>. Correspondente ao LAn.
- Parâmetros oxidativos: correspondem às medidas de LPO da membrana celular, quantificada através das técnicas xilenol-laranja (XL) e quimiluminescência (QL); e à verificação do estado-redox da célula, através da medida da razão GSSG/GSH. Ambas as técnicas serão efetuadas a partir de análises sanguíneas.

- Parâmetros de lesão muscular (LM): correspondem às medidas das concentrações sanguíneas de CK e TnI, referentes à possível ruptura da membrana da célula muscular durante e/ou após o exercício.
- Aula de *ballet*: execução de uma aula de *ballet* clássico do nível intermediário-avançado. Será dividida em exercícios de barra (com o uso de sapatilhas de meia-ponta) e exercícios de centro (com o uso de sapatilhas de pontas).
- Exercícios de barra: exercícios que constituem a primeira parte da aula de *ballet* e são realizados com uma das mãos apoiadas na barra. A dificuldade técnica é progressiva e os movimentos envolvem uma perna e um braço em movimento em torno do corpo. As sequências de exercícios utilizadas foram *pliés*, *battements jettés*, *rond de jamps*, *battements fondus* e *battements frappés*.
- Exercícios de centro: exercícios que envolvem movimentos livres, sem auxílio da barra, que podem envolver grandes ou pequenos deslocamentos do centro de massa. Os grandes ou pequenos saltos, seqüências de equilíbrio e sustentação do corpo sobre uma só perna e as piruetas fazem parte destes exercícios. As sequências de exercícios utilizadas foram: *grand battements*, *grand adagio*, grandes saltos e pequenos saltos.
- Sapatilha de pontas: sapato especial para prática do *ballet* clássico, com estrutura de gesso na sua ponta, que permite à bailarina ficar na ponta dos pés durante a execução dos exercícios.
- *Ballet* de repertório: são obras ou espetáculos tradicionais que contam uma história através da dança. Foram inicialmente montados por volta do século XIX, sendo até os dias atuais remontados com as mesmas músicas e coreografias de origem, seguindo tradicionalmente sua criação. Sua base coreográfica é sempre mantida, correspondendo a uma linguagem e movimentação corporal universal. Alguns exemplos de *balletes* de repertório são “A Bela Adormecida”, “Dom Quixote”, “O Quebra-Nozes”, “Coppélia” e “O Lago dos Cisnes”.
- *Ballet Paqueta*: seqüências coreográficas do corpo de baile do *ballet* de repertório *Paqueta*, avaliado no protocolo relativo ao *Ensaio* do presente trabalho.
- *Performance*: refere-se ao desempenho dos bailarinos nas apresentações e espetáculos oficiais.

- Curso tradicional de *ballet* clássico: formação tradicional para bailarinas clássicas, a qual passa pelos estágios iniciante, pré-pontas, pontas, intermediário e avançado. O tempo de permanência em cada estágio do curso depende do desempenho da bailarina, possuindo o curso, em geral, oito anos de duração. Normalmente as bailarinas mantêm a prática do *ballet* em nível avançado-profissional ou recreacional após o término do curso formal.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico está dividido em três grandes partes fundamentais, as quais se referem à fisiologia da dança; aos processos fisiológicos relacionados à lesão do tecido muscular e aos mecanismos de produção de RL e EO; além de suas relações com o dano muscular induzido por exercício.

### 2.1 Fisiologia da Dança

#### 2.1.1 O Contexto da Fisiologia da Dança

A dança é considerada um meio de desenvolver o corpo desde o surgimento do homem, que mesmo de forma rudimentar, dançava, fosse com preceitos religiosos, recreativos ou pelo simples ato de movimentar-se (29). A partir do período da Renascença, surge a necessidade de organização dos passos de dança (30) e no século XVII, na França, no reinado de Luis XIV, o *ballet* foi levado para o palco, com apresentações estruturadas, e o uso de movimentos amplos e em rotação externa (*en dehors*), como saltos e grandes deslocamentos, os quais possibilitavam a apreciação do público de diferentes localizações da platéia. Essa mudança de movimentação aumentou a exigência dos exercícios de *ballet* e a partir do século XX, técnicas de treinamento começaram a ser elaboradas (31). Outras modalidades de dança também foram criadas, como a dança contemporânea (32), com novas propostas de movimentação, utilizando diferentes planos e direções de movimento, com vastos repertórios coreográficos que, provavelmente, levavam a novas demandas corporais também dependentes de treinamento físico.

Direcionando-se para o século XXI, os primeiros trabalhos relacionados à ciência da dança foram publicados por Célia Sparger e Raoul Gelabert, por volta da década de 40. Por cerca de duas décadas, o nome de Sparger era o único que aparecia como sinônimo de dança e anatomia. Seu livro *Anatomy and Ballet* (1949) foi sucedido somente duas décadas depois, com o livro *Anatomy for the Dancer* (1964), de Gelabert, bem como alguns artigos científicos publicados pelo mesmo autor (33).

Em 1970, o surgimento das investigações sobre lesões em bailarinos marca o interesse de cientistas e artistas sobre os estudos em dança. Uma grande quantidade de artigos começa a aparecer nos periódicos científicos, sendo as publicações precursoras de Featherstone, (1970); Dunn, (1974); Arnheim, (1975); Hamilton, (1978-1979); e Vincent, (1978-1979). Dentre os periódicos de interesse estavam *The Physician and Sports Medicine*; *Foot and Ankle*; *Medical World News*; *Clinical Orthopedics* e *American Journal of Physical Medicine*.

Já na década de 80, a principal preocupação da maioria das pesquisas relacionadas à dança concentrava-se em torno dos problemas músculo-esqueléticos dos bailarinos, quando comparados a outros atletas de elite. A análise de tendinites, lesões nos pés e tornozelos, fraturas por estresse, dentre outras lesões, abriram caminho para questionamentos acerca da elaboração de programas de treinamento específicos para a dança, o que proporcionaria melhor rendimento aos bailarinos.

Atualmente, três autores destacam-se por produção científica considerável na área da fisiologia da dança. Yannis Koutedakis, da Universidade de Tessália (Grécia), Matt Wyon, da Universidade de Woverhampton (Inglaterra) e Carlo Baldari da Universidade de Roma (Itália).

Em dança, não há um critério estabelecido para determinar quais os aspectos do desempenho são mais importantes para os bailarinos, embora os movimentos de dança consistam de combinações de movimentos complexos e intensos, como saltos, rotações, equilíbrios, elevações do membro inferior e trabalhos em flexão plantar extrema, utilizando-se as sapatilhas de pontas (34). Enquanto as características fisiológicas de muitos atletas têm sido bem estudadas, àquelas que concernem aos bailarinos têm recebido pouca atenção. Em geral, os estudos relacionam-se à composição corporal dos bailarinos (34-38), anormalidades menstruais (35, 38, 39), avaliação nutricional (34, 35, 39), flexibilidade e mobilidade articular (34, 40), e desenvolvimento de força de crianças e adolescentes praticantes de *ballet* clássico (34, 41, 42).

### **2.1.2 O Ballet Clássico**

O *ballet* é um dos mais complexos e desenvolvidos estilos de dança, devido a sua longa história e tradição, entretanto, poucas informações quantitativas existem

sobre as respostas fisiológicas provenientes do exercício de *ballet*. No *ballet* clássico a *performance* é representada pela execução de seqüências de passos e figuras coreográficas que são definidas de acordo com o ritmo e a duração da música, devendo os bailarinos mostrar graça, postura, suavidade, auto-controle e coordenação.

O *ballet* clássico consiste de exercícios intermitentes, com diferentes durações, intercalados com períodos de descanso de durações também variadas (7). Os exercícios de *ballet* incluem diferentes tipos de contração muscular, devido aos componentes estáticos e dinâmicos dos movimentos, destacando-se para os últimos, uma predominância de ações musculares excêntricas envolvidas nos grandes saltos e elevações de membros inferiores, os quais são realizados geralmente em máximas amplitudes de movimento (3, 7, 10).

A aula de *ballet* clássico possui dois momentos bem definidos: os exercícios de barra, comumente de longa duração, com ênfase no equilíbrio, flexibilidade e controle corporal; e os exercícios de centro, que envolvem passos com deslocamentos, similares àqueles vistos no palco, e exigem movimentos velozes, com saltos e piruetas projetados para atingir elevação e amplitude máximas (3, 4, 7). De acordo com Cohen et al. (3), a aula de *ballet* apresenta exercícios de severidade técnica seqüencialmente graduadas, o que poderia estar relacionado a um progressivo aumento do custo energético durante a aula. No entanto, a energia requerida dos exercícios de *ballet* varia continuamente por todo o período de aula, observando-se um tempo efetivo de exercício durante a aula de *ballet* em torno, apenas de 50% do tempo total aula (7), sendo que os exercícios que requerem maior custo energético (exercícios de centro) ocupam uma menor parte da aula (3, 4, 7).

As aulas de *ballet* são essencialmente direcionadas para manutenção e desenvolvimento da técnica e da coordenação. Contudo, a energia requerida durante as aulas parece estabelecer um contraste com as exigências das *performances* de palco. Parece que os exercícios de dança realizados nas aulas de *ballet* não são suficientes para estimular adaptações cardiorrespiratórias, ao passo que a demanda metabólica requerida nos ensaios e espetáculos, com coreografias de duração e/ou intensidades significativas, pressupõe um desempenho tanto da capacidade aeróbia quanto da capacidade anaeróbia (3, 43, 44).

O auge das *performances*, particularmente dos bailarinos principais, freqüentemente se dá no desempenho de movimentos dinâmicos tais como saltos e séries de giros (34), os quais caracterizam uma demanda predominantemente proveniente do metabolismo anaeróbio. Entretanto, os espetáculos de *ballet* clássico, em geral, consistem de dois ou três atos onde os bailarinos têm de executar repetidos movimentos, no curso de uma a duas horas, com pequenos intervalos de descanso entre eles.

Prati e Prati (45) relataram que meninas estudantes de *ballet* apresentaram níveis de força e potência muscular abaixo do desejável para a idade, além de capacidade cardiorrespiratória em classificação médio-baixa. Isso é contraditório às necessidades de um bom desempenho em dança, que inclui muitos movimentos de potência muscular, aliado à aptidão cardiorrespiratória suficiente para evitar a fadiga muscular precoce durante ensaios e coreografias. Por outro lado, as bailarinas obtiveram resultados satisfatórios e acima da média para as variáveis flexibilidade e composição corporal, tradicionalmente trabalhadas no contexto do *ballet* clássico.

Dessa forma, parece evidente a necessidade de um trabalho estruturado para o *ballet*, englobando adequadamente os diversos fatores da aptidão física necessários para um bom desempenho e uma prática segura.

O ensino do *ballet* pode ser realizado tanto em nível recreacional quanto profissional. Quando o direcionamento é profissional, o treinamento ocorre em tempo integral e dura, em média, 8 anos (dos 11 aos 18 anos de idade), tendo o curso tradicional de *ballet* clássico 8 níveis ou graus bem estabelecidos. O grau 5 das escolas européias marca o início do nível profissional e corresponde ao nível intermediário-avançado de acordo com a linguagem utilizada na maioria das escolas brasileiras. Uma aula típica deste nível inclui diversos exercícios executados na ponta, como giros, deslocamentos e equilíbrios, que exigem experiência técnica das bailarinas. O nível técnico avançado para estudantes de *ballet* foi escolhido para este estudo em função do grande número de bailarinas brasileiras e, mais especificamente, porto alegrenses, que atuam neste nível. O número de bailarinas profissionais, isto é, que são remuneradas pela profissão de bailarina no Brasil é limitado, entretanto, suas habilidades técnicas são bem homogêneas quando comparadas com o nível técnico de bailarinas experientes que atuam em nível avançado das escolas privadas de *ballet*. A preocupação em estudar meninas

provenientes deste nível técnico provém do grande número de eventos e apresentações competitivas que elas participam no estado e no país, o que requer longos períodos de ensaios adicionados à rotina de aulas das bailarinas.

Nesse contexto, devido às possíveis diferenças metabólicas já citadas entre aulas e ensaios de *ballet*, a falta de treinamento direcionado para as bailarinas e o elevado grau de lesões musculares que estas apresentam, parece relevante investigar tais relações neste nível de habilidade técnica. Guidetti et al. (7) sugerem que um adequado nível de condicionamento cardiovascular é necessário para realizar exercícios em pontas e que isto deveria ser considerado antes das meninas ingressarem no nível 5 do curso tradicional de *ballet*. A execução de um número considerável de exercícios de uma aula de *ballet* acima do LAn poderia estar ligado a um nível técnico insuficiente para realização de exercícios em pontas, sugerindo os autores a elaboração de treinamento cardiovascular associado ao desenvolvimento dos níveis técnicos em dança.

### **2.1.3 Potência Aeróbia na Dança**

A potência aeróbia dos bailarinos constitui-se elemento essencial do estudo da fisiologia da dança, visto que as *performances* em dança incluem estímulos mistos que devem ser sustentados por um período de tempo mínimo de uma hora, com intervalos ativos ou passivos de duração não definida. É difícil classificar o *ballet* clássico quanto à predominância das rotas metabólicas requeridas perante as inúmeras variações de dinâmicas de movimento que podem ocorrer em uma única peça, espetáculo ou coreografia, envolvendo componentes estáticos e dinâmicos, com possível produção de energia proveniente tanto do metabolismo aeróbio quanto do metabolismo anaeróbio.

Guidetti et al. (46) relataram contribuição semelhante do metabolismo aeróbio e anaeróbio láctico em rotinas de ginástica rítmica (49% aeróbio, 42% anaeróbio láctico e 9% anaeróbio alático), o que pode ser relacionado às rotinas de dança, devido à semelhança técnica, amplitude de movimento e duração das coreografias. Outro estudo também relatou (6) contribuições semelhantes do metabolismo aeróbio e anaeróbio em seqüências de *piqués tours*, ressaltando que a utilização do metabolismo aeróbio foi percentualmente mais elevada perante realização de

aquecimento prévio com exercícios específicos de uma aula de *ballet* (*pre-barre* e *pliés*).

Estudos relativos à verificação do  $VO_{2máx}$  de bailarinos têm sido feitos. Usualmente, bailarinos profissionais e estudantes apresentam  $VO_{2máx}$  baixo comparados a outros atletas (8). Koutedakis e Jamurtas (1) referem valores médios de  $VO_{2máx}$  de bailarinas profissionais, similares a valores de indivíduos saudáveis de mesmas características, em torno de  $40 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . O maior valor de  $VO_{2máx}$  verificado na literatura para bailarinas profissionais foi de  $51 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (4), semelhante ao de bailarinas adolescentes, com valores médios de  $48 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (3). Cohen et al. (3) verificaram valores médios de  $VO_{2máx}$  para bailarinos homens de  $48 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , e para mulheres de  $43 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Adicionalmente, Pekkarinen (44) referiu  $VO_{2máx}$  de meninos bailarinos relativamente baixos comparados a meninos esquiadores da mesma idade. Mostardi (42) constatou que o  $VO_{2máx}$  é mais elevado em bailarinos ( $48,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  para mulheres e  $59,3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  para homens) do que em um grupo controle, sendo estes, entretanto, dados que vão de encontro à maioria das informações verificadas na literatura, constituindo-se, provavelmente, característica específica daquele grupo de bailarinos em especial.

Whyte et al. (47) não encontraram diferenças quando compararam a cavidade ventricular esquerda do coração de estudantes de dança com um grupo controle, o que demonstra, de certa forma, o pouco impacto que as atividades de dança exercem sobre a capacidade cardiorrespiratória dos bailarinos e possíveis adaptações cardiovasculares ao treinamento. Além disso, Wyon et al. (48), ao não encontrarem diferenças nas respostas cardiorrespiratórias entre estudantes de nível médio, universitário e profissional de *ballet*, focalizaram a necessidade de treinamento específico da potência aeróbia em níveis profissionais. Nessa perspectiva, Ramel et al. (18), demonstraram que o complemento com exercícios aeróbios paralelos, administrados pelos próprios bailarinos, promoveu incrementos no  $VO_{2máx}$  dos mesmos. Além disso, a implantação de um programa específico de treinamento de força proporcionou melhorias significativas no desempenho de parâmetros fisiológicos relacionados ao rendimento em dança, sem interferência nos requisitos estéticos e artísticos que a envolvem (5), indicando a importância da preparação física para bailarinos (29).

Guidetti et al. (7) reportaram valores de  $VO_{2máx}$  progressivamente maiores à medida que avançam os níveis de habilidade técnica de bailarinas adolescentes,

demonstrando fortes correlações dos parâmetros de condicionamento avaliados ( $VO_{2LVI}$ ,  $r=0,68$ ;  $VO_{2LV2}$ ,  $r=0,89$ ;  $VO_{2máx}$ ,  $r=0,86$ ; para  $p<0,001$ ) com os diferentes níveis técnicos. Os valores de  $VO_{2máx}$  foram  $38,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ,  $41,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e  $46,2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , respectivamente, para níveis de baixa, intermediária e avançada habilidade técnica.

Baldari e Guidetti (8), avaliando bailarinas, ginastas de ginástica rítmica e um grupo controle, verificaram que, embora o  $VO_{2máx}$  fosse similar entre ginastas e bailarinas ( $51,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e  $47,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , respectivamente), o LAn de ginastas mostrou-se significativamente mais alto, com valores expressos em percentual do  $VO_{2máx}$  de 84,9% para ginastas e 64,0% para bailarinas. Quanto ao primeiro limiar ventilatório, não houve diferença entre bailarinas e grupo controle (45,6% e 45,2%  $VO_{2máx}$ , respectivamente). Os valores de LV1 das ginastas foram significativamente mais altos (59,9%) do que os das bailarinas, o que pode indicar uma lacuna no treinamento de dança, perante demandas metabólicas aparentemente similares entre as duas modalidades.

Em relação às aulas de *ballet* clássico, estas podem ser observadas através de dois momentos bem distintos, referentes aos exercícios de barra e aos exercícios de centro (4). Cohen et al. (3) sugerem que os exercícios de barra nas aulas de *ballet* representam exercícios aeróbios de intensidades baixas e moderadas, com carga de trabalho em torno de 35 a 38% do  $VO_{2máx}$ . Os exercícios de centro, por sua vez, demonstram valores entre 46 e 55% do  $VO_{2máx}$ , indicando uma zona de trabalho de intensidade mais alta do que os exercícios de barra. Além disso, os valores de FC durante os exercícios de barra mantinham-se abaixo de uma zona sensível de treinamento (70% da  $FC_{máx}$ ) por um período significativo de tempo. Em contrapartida, os valores de FC durante os exercícios com andamento *allegro* no centro obtiveram valores em torno de 85 a 92% da  $FC_{máx}$  (3). Shantz e Astrand (4), também encontraram picos de  $VO_2$  durante os exercícios de barra significativamente mais baixos (51% do  $VO_{2máx}$ ) do que os exercícios de centro (entre 60 e 71% do  $VO_{2máx}$  para o *grand allegro*, por exemplo). No estudo de Guidetti et al. (7), a maior exigência metabólica, em diferentes níveis de habilidade técnica, também ocorreu nos exercícios de centro - nos *temps levés* (saltos técnicos) e nos três últimos exercícios da aula (piruetas realizadas em ponta) - os quais mostraram valores mais elevados para todas as variáveis de campo avaliadas ( $VO_2$ , FC e La), próximo aos valores máximos das bailarinas.

Em relação às diferenças entre aulas e ensaios, preparatórios para os espetáculos, Shantz e Astrand (4), verificaram valores médios de  $VO_2$  entre 35 e 45% do  $VO_{2máx}$  durante as aulas de *ballet*, em contraste às coreografias, que situavam-se em torno de 80% do  $VO_{2máx}$ . Wyon et al. (19) relataram que durante as aulas e os ensaios de *ballet* clássico e dança contemporânea, a FC raramente permanecia em uma zona aeróbia de treinamento, e sim em zona subaeróbia. No entanto, as performances de palco pareciam exigir mais rigorosamente tanto do sistema aeróbio quanto do sistema anaeróbio, inclusive com grande ênfase ao metabolismo anaeróbio alático.

As respostas cardiorrespiratórias aos exercícios de centro parecem ser mais similares às exigidas nas performances de palco, entretanto, esses exercícios ocupam uma menor parte da aula, não sendo executados por durações e intervalos que levem a adaptações recorrentes deste treinamento. Adicionalmente, o tempo efetivo de exercício durante uma aula de *ballet* situa-se em torno de 35 min de uma aula com 70 min de duração, o que corresponde a somente 50% do total da aula, não proporcionando estímulos significativos para incrementos no condicionamento físico em qualquer nível de habilidade técnica (4, 7) ou rota metabólica predominante.

Outro aspecto importante das respostas fisiológicas do *ballet* refere-se às altas concentrações de  $La$  verificadas após variação de *pas de deux* ( $13 \text{ mmol.l}^{-1}$ ) próximas daquelas encontradas após teste de esforço máximo, em contraste a concentrações de  $3 \text{ mmol.l}^{-1}$  após aula de *ballet* (4). Koutedakis e Jarmurtas (1) referem que em exercícios de curta duração e alta intensidade, como nos pequenos *allegros* e nos grandes deslocamentos, uma via metabólica importante é a glicólise anaeróbia, observada, predominantemente, quando uma alta produção de energia deve ser sustentada por 30 a 60 segundos, podendo-se produzir, nesses casos, elevadas concentrações de lactato. Isso demonstra a variedade de estímulos que são requeridos dos bailarinos em uma *performance*, indicando a complexidade que envolve o treinamento em dança.

Outro estudo com análises eletrocardiográficas de bailarinos revela a predominância dos efeitos do treinamento de dança no ventrículo esquerdo, possivelmente proveniente de estímulos hipertróficos (49). Isso poderia ser atribuído ao componente estático dos exercícios de *ballet*, que envolvem alto grau de tensão

muscular (50), tornando o coração dos bailarinos similar ao de atletas treinados em força, com parede ventricular esquerda de espessura significativa (49).

O componente estático do exercício de *ballet*, notado durante o trabalho de barra (postura fixa do tronco e sustentação de membros inferiores), em conjunção com a velocidade e explosão evidenciadas no trabalho de centro (saltos e piruetas), tendem a estimular a potência anaeróbia de bailarinos, o que está também representado por uma média de  $VO_{2máx}$  similar a atletas de esportes anaeróbios, como esgrimistas ( $42 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) e atletas de ginástica artística ( $48 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) (51).

Assim, verifica-se que o desempenho em dança não é determinado por um único fator, mas por um conjunto de habilidades técnicas que estão inseridas em um complexo contexto metabólico. Wyon et al. (52) verificaram que um bom desempenho da potência anaeróbia pode ser um diferencial entre bailarinos solistas e do corpo de baile, tendo os primeiros maior percentual de fibras musculares rápidas e maior desenvolvimento da potência anaeróbia. Entretanto, bailarinos em geral, independente do papel que exercem, precisam sustentar longas e extenuantes *performances*, o que requer também desenvolvimento da potência aeróbia.

A investigação de aspectos relativos à potência aeróbia de bailarinos, não se refere apenas ao  $VO_{2máx}$  mas também ao desempenho perante o LAn, visto que um maior tempo de permanência na zona aeróbia de treinamento, retardando a chegada ao LAn e, portanto, a fadiga muscular, pode ser mais importante na dança do que ter como referência um elevado  $VO_{2máx}$ .

Alguns pesquisadores sugerem a hipótese de que a realização do treinamento com intensidades próximas do LAn provoca uma melhora na capacidade aeróbia (53). Tem sido proposto intensidades de treino para desenvolvimento da capacidade aeróbia entre 85% e 100% do LAn (53). Baltaci e Ergun (*apud* Bragada (53)) estudaram o efeito do treinamento realizado com intensidade próxima ao LAn, durante seis meses, e encontraram um aumento de 18% no  $VO_{2máx}$ , assim como em outros indicadores.

Nessa perspectiva, mostra-se interessante pensar na elaboração de um treinamento em uma zona aeróbia de alta intensidade para bailarinos, trazendo estímulos significativos para o metabolismo aeróbio, o que parece interessante para o desempenho na dança. Assim, perante essa complexidade que envolve a fisiologia da dança, o que parece evidente é a necessidade de um treinamento físico mais

apurado para bailarinos (19, 20, 48), o que provavelmente não seria suprido apenas pelas atividades do *ballet*, as quais parecem não oferecer estímulos direcionados para adaptações significativas relativas ao treinamento(1).

### **2.1.3.1 Avaliação Cardiorrespiratória e Dança**

A maioria dos estudos relacionados à avaliação cardiorrespiratória de bailarinos e seu desempenho perante atividades de dança, freqüentemente são direcionados à descrição e análise do  $VO_{2máx}$  e da FC (2, 3) (4, 19). Entretanto, as intensidades dos exercícios expressas em  $\%VO_{2máx}$  podem não ser ideais para comparação entre sujeitos (7, 54). Uma abordagem alternativa é definir a intensidade dos exercícios em pontos de quebra fisiologicamente validados, tais como o limiar aeróbio e o LAn (7, 55, 56).

Inicialmente, as respostas do limiar anaeróbio parecem ter sido descritas por Wasserman e Mcilroy (57), os quais relacionaram o acúmulo de lactato à hipóxia muscular. A partir daí foram sendo estudadas outras definições, sendo que alguns autores afirmam o LAn como a intensidade de exercício acima da qual o  $VO_2$  não consegue suprir totalmente a demanda metabólica (58). Posteriormente, o LAn foi definido mais genericamente, estando associado a uma intensidade de exercício relacionado a um aumento abrupto nas concentrações de lactato, devido a uma maior produção do mesmo pelo músculo em exercício, frente à capacidade de remoção pelo organismo (58-60). O LAn individual, de acordo com Guidetti et al. (7) representa a máxima carga de trabalho onde a produção e a eliminação do lactato estão em equilíbrio (61), sendo as intensidades acima do LAn correspondentes a contínuos acúmulos de lactato no músculo e no sangue (62) (56, 61).

O LAn pode ser determinado por métodos invasivos, como a lactacidemia, e não invasivos, como através dos limiares ventilatórios. Wasserman & Macilroy (57) e Wasserman et al. (63) demonstraram que os níveis de lactato apresentavam uma forte correlação com a ventilação em função do tamponamento dos íons hidrogênio ( $H^+$ ) pelo íon bicarbonato ( $HCO_3^-$ ), e subsequente eliminação na forma de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) pela respiração. Isso faz o uso dos limiares ventilatórios uma estratégia eficiente, não-invasiva e confiável para determinação do LAn.

A utilização do LAn como índice para a prescrição da intensidade do exercício e controle dos efeitos do treinamento parece ser mais adequado do que o  $VO_{2máx}$ , o

qual é determinado em grande parte geneticamente, visto que a carga de trabalho em relação ao LAn é analisada de forma relativa à capacidade individual de cada atleta (64) (65). Alexander (66), comparando ginastas de elite com mesmo nível técnico, observou uma pobre correlação entre o  $VO_{2máx}$  e o desempenho das atletas, enquanto correlações consideráveis têm sido verificadas entre maiores cargas de trabalho no LAn e desempenho aeróbio (8, 67).

Bailarinas adultas requerem energia de ambos os metabolismos durante a aula de *ballet*, aeróbio e anaeróbio (3, 4), mas aquelas de maior habilidade técnica utilizam predominante o metabolismo aeróbio (7), permanecendo mais tempo em zonas de trabalho abaixo do LAn. Baldari e Guidetti (8) ressaltaram que a chegada tardia ao LAn pode ser uma vantagem para o desempenho de ginastas e, da mesma forma, de bailarinas, já que as características de desempenho das últimas são semelhantes a das primeiras. O LAn pode ser um fator crítico para o desempenho. A acidose associada ao acúmulo de  $H^+$  provenientes da dissociação do ácido láctico pode causar efeitos adversos que afetam o processo de contração muscular, o que pode prejudicar rotinas de movimento baseadas na postura, na graça, no controle e na coordenação da coreografia com a música.

Kinderman et al. (61) relataram que intensidades de treinamento em torno do primeiro limiar de lactato poderiam manter os níveis de condicionamento dos sujeitos, enquanto que intensidades em torno do segundo limiar poderiam aumentar os níveis de condicionamento, proporcionando adaptações significativas tanto para o desempenho em exercícios intermitentes quanto contínuos, o que pode ser um dado interessante para inovações no treinamento de dança.

Em relação às variáveis metabólicas utilizadas para avaliar a intensidade dos exercícios de dança, parece que as respostas do  $VO_2$  constituem-se parâmetros mais adequados do que as respostas da FC, usualmente utilizada no esporte e também na dança, devido à sua fácil aplicabilidade prática. O  $VO_2$  foi mais adequado do que a FC para detectar diferenças entre grupos de diferentes níveis de habilidade técnica em intensidades de exercício variadas, no limiar ventilatório individual, no LAn individual e no esforço máximo (7). Entretanto, quando a intensidade de exercício durante uma aula de *ballet* foi expressa em  $\%VO_{2máx}$ ,  $\%FC$  de reserva ou valores absolutos de FC, nenhuma diferença entre os grupos foi verificada.

No estudo de Guidetti et al. (7), enquanto as análises da FC não diferiram entre os diferentes níveis técnicos, as análises do  $VO_2$  mostraram que bailarinas de

menor nível técnico realizaram maior número de exercícios acima do LAn do que os grupos intermediário e avançado. Nas aulas de *ballet*, as respostas agudas da FC são fortemente influenciadas pelo componente estático dos exercícios (7, 68, 69), estando possivelmente mais associadas às contrações do músculo esquelético, as quais podem ser isométricas, isotônicas ou ambas, do que com a atividade cardiovascular (7).

Guidetti et al. (7), referem ainda que os valores de La após os exercícios também revelam importantes parâmetros de intensidade e diferenças entre os níveis técnicos, sendo os valores de La mais elevados para todos os grupos após as piruetas e os *temps levés*, porém com aumentos de maior magnitude para o baixo nível técnico em relação aos níveis intermediário e avançado. Os autores também relatam a influência das elevadas concentrações de lactato de exercícios muito intensos como os *temps levés* realizados anteriormente a exercícios de intensidade moderada como o *grand adagio*, devido ao tempo de pico e à taxa de declínio do lactato sanguíneo após exercícios de alta intensidade.

Bailarinas de mais baixo nível técnico, devido aos seus mais baixos limiares aeróbios e anaeróbios, tendem a utilizar o metabolismo aeróbio em menor extensão quando comparado aos grupos intermediário e avançado. Por isso, os exercícios de *ballet* realizados por bailarinas de menor nível técnico podem requerer maior contribuição do metabolismo anaeróbio, levando a maiores concentrações de La.

Assim, é ressaltada a importância de se avaliar a intensidade dos exercícios de dança considerando parâmetros individuais como o LAn (7, 8, 55, 56), ao passo que estratégias adequadas de treinamento podem estar conectadas ao desenvolvimento das habilidades técnicas e potencializar, pelo retardo da fadiga muscular, os aspectos artísticos, técnicos e estéticos dos bailarinos, bem como minimizar a incidência de lesões na dança.

#### **2.1.4 Aspectos da Lesão na Dança**

Observa-se vasta literatura a respeito dos elevados níveis de lesões e dores musculares e/ou articulares em bailarinos, nos diferentes níveis técnicos, modalidades e com as mais variadas origens, como estiramentos, distensões, traumatismos, dentre outras (13).

Situando-se o quadro de lesões em bailarinos, de uma forma geral, observa-se que apresentam dor e lesões principalmente localizadas nos membros inferiores (pés, joelhos e quadris) e coluna vertebral (lombar). Observa-se que as lesões mais comuns encontradas na prática de dança são as musculares (distensões e estiramentos), seguidas das articulares (entorses) e das fraturas por estresse (70). Também é comumente relatada a instalação de processos inflamatórios seguidos desses eventos. As distensões e inflamações musculares parecem ser as lesões mais freqüentemente encontradas, principalmente nas extremidades inferiores (12), influenciando o desempenho de maneira significativa.

Há o pensamento de que os estímulos dos exercícios de dança não são suficientes para gerar microlesões como nos outros esportes (71). Entretanto, os bailarinos apresentam elevados índices de lesão, as quais, usualmente, são graves (21). A jovem idade com que se começa a treinar dança seriamente por longas horas diárias, o perfil corporal magro e longilíneo que é exigido no *ballet*, o uso de sapatilhas de pontas, dietas irregulares, as dificuldades coreográficas e os diferentes estímulos das aulas em comparação aos ensaios e espetáculos, podem contribuir para o aparecimento de diferentes graus de lesão (1, 71, 72). Além disso, um dos principais fatores desencadeantes de LM em bailarinos parece estar relacionado à fadiga muscular provocada pelo excesso de treinamento, especialmente nas temporadas em que se aproximam os espetáculos e as competições, os quais somados às aulas e aos ensaios, podem desencadear lesões até mesmo incapacitantes do ponto de vista funcional (70, 73, 74). Assim como profissionais do esporte, os bailarinos apresentam dor e limiar de tolerância à dor elevados (16), sendo comum encontrar atletas e também bailarinos com diversas lesões decorrentes de esforço excessivo (75). As repetições naturais do *ballet*, desequilíbrios músculo-tendíneos, mau alinhamento anatômico das extremidades inferiores, superfície inadequada do piso das salas de aula e longas horas de ensaio podem ser também potenciais fatores desencadeantes de lesões (14, 15). Arendt e Kerschbaumer (12) relatam que a maioria das lesões severas traumáticamente causadas provém da execução de saltos e/ou deslocamento dos bailarinos.

O interesse no tratamento de lesões específicas em bailarinos têm sido bem documentado na literatura (76). No entanto, baixos níveis de condicionamento físico, particularmente relacionado à força (71) e ao condicionamento cardiorrespiratório (1, 2), que também contribuem para o aparecimento de lesões, têm recebido menos atenção.

Desse modo, alguns autores referem-se à importância de treinamentos sistematizados e direcionados às exigências típicas dos bailarinos. Incrementos na potência aeróbia e anaeróbia, na força, na hipertrofia muscular e na flexibilidade são fatores fundamentais que auxiliam o desempenho dos bailarinos perante estímulos diferenciados a cada nova coreografia ou espetáculo, potencializando a *performance* e diminuindo a ocorrência de lesões (1).

Trepman et al. (77) relataram que perante deficiências de força ou flexibilidade em um grupo muscular específico, podem ser geradas compensações biomecânicas e erros técnicos que podem predispor o bailarino a lesões, e que seria de fundamental importância a caracterização dos movimentos de dança com precisão anatômica, aliado à caracterização da atividade muscular, para prescrição adequada tanto de treinamento quanto de reabilitação. Acrescenta-se a isto a importância de um sistema cardiorrespiratório preparado para responder aos diversos estímulos que os movimentos de dança proporcionam, a fim de evitar fadiga muscular precoce, que aumentaria a probabilidade de erros técnicos e conseqüente desenvolvimento de lesão.

Lucia et al. (78) relataram que em intensidades acima do LAn, o suprimento de energia a partir das fibras musculares lentas (tipo I) derivado das fosforilação oxidativa começa a tornar-se ineficiente, levando ao uso da rota glicolítica anaeróbia para produção de energia, com conseqüente acúmulo de íons hidrogênio ( $H^+$ ) no meio intercelular, causando aparecimento da fadiga seja por prejudicar a ação da ATPase miosínica no sarcolema, da ATPase cálcio no retículo sarcoplasmático ou da ATPase miosínica envolvida na interação acto-miosínica. A atuação dos íons  $H^+$  somada com a própria atuação do lactato na inibição da liberação de  $Ca^{+2}$  parece causar condições fisiológicas desfavoráveis para a realização da contração muscular, exigindo que a produção de força seja desenvolvida pelo acionamento de mais unidades motoras, principalmente fibras rápidas (tipo IIa e IIx). Dessa forma, há indícios que intensidades de esforço referentes ao LAn podem desencadear lesão em indivíduos fisiologicamente despreparados.

Para um bom desempenho em dança, os bailarinos têm de ser tecnicamente perfeitos, fisicamente bem condicionados e livre de lesões (71). Estar fisicamente bem condicionado na dança, e também em outras modalidades, significa ter habilidade individual de realizar uma tarefa física específica com o menor esforço possível (3, 71, 79). Entretanto, como já referido anteriormente, bailarinos não são tão bem preparados

como outros atletas, em função dos poucos estímulos que as atividades de dança proporcionam ao condicionamento físico (1, 71, 80).

Em relação à força muscular, alguns aspectos merecem ser comentados, devido à sua importância para o desempenho em dança e às possíveis relações entre perda de força e LM em bailarinos.

É verificado que bailarinas de dança clássica, usualmente, apresentam predominantemente fibras musculares de contração lenta em sua constituição neuromuscular (81), entretanto, há dados de que bailarinas solistas, freqüentemente, apresentam predominância de fibras musculares de contração rápida (71, 81). Bailarinos com fibras rápidas apresentam maior hipertrofia muscular do que bailarinos com fibras lentas, já que as fibras rápidas são de 30 a 40% maiores em diâmetro do que as fibras lentas (71). Isso diferencia as características dos bailarinos, há os que têm mais habilidade para os movimentos rápidos e explosivos e há os que são habilidosos na execução de movimentos lentos e sustentados. No entanto, os estímulos dos movimentos de dança são variados, e os bailarinos têm de responder sempre a todas as demandas.

Bailarinos também apresentam picos de torque menores do que atletas de outros esportes (82, 83), o que pode estar relacionado à predominância de fibras lentas (81) ou a trabalhos diários em cargas submáximas insuficientes para adaptações do sistema neuromuscular que poderiam resultar em maior produção de força (84). Parece que apenas os exercícios de dança convencionais não são suficientes para promover incrementos significativos na força (85), assim como ocorre para a potência aeróbia, em função de não haver treinamentos sistematizados que englobem o princípio da sobrecarga.

Bennell et al. (86) relataram que bailarinos trabalham em graus elevados de rotação externa da articulação coxo-femoral e excessivas amplitudes articulares, no entanto, apresentam baixos graus de força nos membros inferiores (83) o que pode estar associado com o desenvolvimento de lesões (74, 87).

Kuno et al. (34) e Mostardi et al. (88) relataram que os movimentos dinâmicos durante as *performances* em dança, como os grandes saltos, promovem grande sobrecarga e estresse sobre a articulação do tornozelo dos bailarinos. Estes movimentos, quando realizados por bailarinos habilidosos, apresentam uma fase de aterrissagem duradoura, que caracterizam grande expressão artística, apresentando também um componente excêntrico bastante evidenciado.

A presença do componente excêntrico na dança é um aspecto fundamental quando as análises são direcionadas à LM. A contração excêntrica pode ser definida como um tipo de contração onde o músculo exerce força enquanto é alongado, e se refere às etapas do meio para o fim do movimento (71). Bailarinos são usualmente expostos à execução de exercícios com elevada carga excêntrica, fundamentalmente nos membros inferiores, devido, principalmente, às repetições intensas e sucessivas de saltos nas aulas e coreografias. Isso se torna evidente quando bailarinos são comparados a um grupo de indivíduos fisicamente ativos, e maiores valores tanto de torque excêntrico quanto concêntrico são encontrados para os bailarinos (10).

Trepman et al. (77) analisaram a atividade eletromiográfica dos membros inferiores de bailarinos e relataram que a flexão dos joelhos e a abdução da coxa no exercício *grand-plié* foram controlados pela contração excêntrica dos músculos quadríceps e adutores respectivamente. Os *demi-plié* e *grand-pliés* são exercícios básicos do *ballet* bastante utilizados nas fases de propulsão e aterrizagem de pequenos e grandes saltos.

Fisiologicamente, os exercícios excêntricos desencadeiam uma série de eventos que resultam em rápida ruptura de estruturas do citoesqueleto e do aparato contrátil da célula muscular, desencadeando respostas contráteis prejudicadas, perda de força, fadiga muscular (22) e o desenvolvimento de lesões graves sejam elas agudas ou crônicas, de origem músculo-tendinosas ou ósteo-articulares.

Os aspectos relativos à lesão da célula muscular perante sobrecarga excêntrica envolvem o estudo de diversos marcadores fisiológicos de dano celular, que podem estar relacionados a diferentes eventos intracelulares, como a produção de RL, subsequente EO e desencadeamento de processos inflamatórios. Tais fatores podem também estabelecer relações com aspectos do desempenho como o desempenho aeróbio.

Embora essas relações já venham sendo descritas em muitas modalidades esportivas (24), parece que os níveis de marcadores celulares de LM, parâmetros de EO e suas relações com o desempenho aeróbio em bailarinos ainda não têm sido estudadas.

A próxima etapa desta revisão abordará os mecanismos fisiológicos de desencadeamento de LM durante o exercício, bem como as formas de avaliação da lesão tecidual, enfatizando a análise nos marcadores a serem utilizados no presente estudo.

## 2.2 Exercício e Lesão do Tecidual Muscular

Como qualquer fator estressante, o exercício provoca modificações humorais e metabólicas agudas que, sob repetição do estímulo, tendem a favorecer uma adaptação morfo-funcional positiva. As mudanças induzidas pelo exercício na célula muscular adaptam o tecido a sobrecargas progressivas de trabalho. Durante o exercício, ocorre um processo seqüencial de lesão e inflamação (22, 89, 90), de forma dose-dependente da intensidade e duração do mesmo. Sabe-se que micro-traumas teciduais adaptativos ocorrem naturalmente durante a execução exercícios físicos, e que resultam de uma resposta inflamatória moderada, que leva a um processo de cicatrização com conseqüente adaptação do tecido muscular, ósseo ou conectivo (91, 92).

O processo de lesão do tecido muscular é pronunciado em situações de estímulo esporádico, prolongado ou estímulo intenso, os quais podem desencadear os processos de fadiga muscular sem tempo suficiente para os processos de regeneração. A participação em atividades físicas não habituais e/ou a realização de exercícios físicos envolvendo grande número de ações musculares excêntricas pode gerar dano celular nos músculos envolvidos, o que é conhecido como LM induzida por exercício (23, 27, 71, 92-94).

Considera-se dano muscular quando ocorre queda de rendimento associada com mudanças estruturais no músculo, o que é pronunciado em músculos que são alongados durante a contração, como ocorre nas contrações excêntricas.

As contrações excêntricas são mais suscetíveis a gerar lesão porque produzem estresse mecânico elevado (95), o que pode ser traduzido em produção de força com menor recrutamento de unidades motoras durante a contração (96), ou seja, uma menor área de secção transversa do músculo responde pela mesma carga suportada em uma contração concêntrica (95). Os sinais característicos de dano celular induzido por ações musculares excêntricas referem-se à desorganização das miofibrilas, verificada pelo desalinhamento da linha Z, a qual pode estar rompida, alargada ou prolongada; e aos processos de acoplamento excitação-contração (E-C) desestruturados.

Lieber e Friden (97) estudaram os mecanismos envolvidos na LM induzida por exercício excêntrico, através de análises da ativação cíclica e das mudanças de

comprimento do músculo durante exercício intenso e verificaram que a linha-Z era a estrutura mais vulnerável do sarcômero.

Quando as propriedades contráteis do músculo são avaliadas após intervenção com contrações excêntricas, isométricas ou alongamentos, observou-se que a capacidade de produção de força muscular decai nas três situações, entretanto, a magnitude da queda é significativamente maior após contrações excêntricas. Além disso, análises histológicas demonstraram que anormalidades ocorreram somente nas fibras musculares de contração rápida submetidas a ações excêntricas. Isso sugere que fibras musculares de característica glicolítica têm maior suscetibilidade à lesão, e que a capacidade oxidativa da fibra muscular tem relação com a extensão da lesão. Isso pode explicar o efeito protetor do treinamento de resistência aeróbia sobre os danos induzidos por exercício excêntrico, uma vez que ocorre aumento na capacidade oxidativa das fibras e possível conversão das fibras glicolíticas para fibras glicolíticas-oxidativas.

Belcastro et al. (98) demonstraram ruptura das linhas-Z em 22% das miofibrilas isoladas de músculo de rato exercitado. Proteínas associadas com a linha-Z, como a desmina, uma proteína extra-sarcomérica estabilizadora das miofibrilas, também foram degradadas extensivamente. A perda de desmina após contrações excêntricas é extremamente rápida, sendo uma das primeiras alterações estruturais observadas no músculo após exercício excêntrico (99).

Alterações na homeostase do  $\text{Ca}^{+2}$  também podem ser conseqüência de dano do tecido muscular induzido por exercício. A elevação na concentração de  $\text{Ca}^{+2}$  ( $[\text{Ca}^{+2}]$ ) pode ser causada por aumento no influxo de  $\text{Ca}^{+2}$  via canais de  $\text{Ca}^{+2}$  ativados por estiramento ou via rupturas no sarcolema produzidas por altas cargas mecânicas, direcionando os íons  $\text{Ca}^{+2}$  a favor do gradiente de concentração, o que resulta em  $[\text{Ca}^{+2}]$  intracelulares mais elevadas (100).

Lynch et al. (100) avaliaram quantitativamente as  $[\text{Ca}^{+2}]$  intracelulares após exercício pliométrico de longa duração, o qual apresenta forte componente excêntrico, encontrando aumentos significativos na  $[\text{Ca}^{+2}]$ , paralelos à diminuição da função muscular.

Quando o  $\text{Ca}^{+2}$  intracelular é aumentado experimentalmente em músculos de mamíferos ou anfíbios, ocorre degradação quase imediata dos miofilamentos. Esse fato sugere o envolvimento de uma seqüência de atividades proteolíticas estimuladas por aumento na  $[\text{Ca}^{+2}]$  intracelular, possivelmente por meio da ação de uma enzima ativada

por  $\text{Ca}^{+2}$ , a calpaína, presente no músculo esquelético. A calpaína é uma protease não lisossomal que cliva uma variedade de substratos protéicos, incluindo proteínas miofibrilares e citoesqueléticas, podendo desencadear respostas ao dano muscular <sup>(101)</sup>.

Outro aspecto interessante relacionado com a lesão induzida por exercício é a manifestação de dor ou desconforto muscular. A dor muscular tardia surge, geralmente, 8 horas após a finalização do exercício e têm seus picos nas próximas 24 a 72 horas, diminuindo progressivamente 5 a 7 dias decorrentes da realização do exercício (27).

Já a origem do desconforto muscular verificado durante ou imediatamente após um exercício, pode estar relacionada com fenômenos de natureza metabólica e/ou com alteração do fluxo sanguíneo ao nível dos capilares anexos aos grupos musculares exercitados, em função de um aumento da resistência periférica. Além disso, este mecanismo pode gerar um aumento do gradiente de pressão nos capilares, levando a um incremento da saída de líquido plasmático para o interstício e seu subsequente acúmulo nesse espaço, o que provoca alteração do perímetro muscular após a finalização do exercício (102).

A manifestação de dor muscular tardia pode sugerir uma relação com a resposta inflamatória causada pela lesão ao tecido muscular. A manifestação do edema leva a um aumento de pressão nas zonas intersticiais, ao nível dos músculos exercitados, estimulando as fibras amielínicas do tipo III e IV, responsáveis pela transmissão dos estímulos dolorosos liberados por fatores químicos, mecânicos e térmicos. Aumento retardado na circunferência do ventre muscular, com instalação de edema por acúmulo de fluido no meio intersticial, pode ser uma resposta decorrente do processo inflamatório (102)

Uma consequência da LM induzida por exercício é um aumento na concentração plasmática de marcadores de LM (22, 103, 104), que parece estar intimamente relacionado ao tipo e à intensidade do exercício (105), bem como ao nível de atividades dos sujeitos (105, 106).

Uma das maneiras de avaliação da LM é através da dosagem sanguínea de proteínas tipicamente encontradas no músculo, uma vez que o processo de lesão freqüentemente afeta a membrana celular e causa extravasamento de proteínas contidas na fibra muscular esquelética <sup>(101)</sup>. A proteína citoplasmática CK é um marcador bastante utilizado para diagnóstico de LM (22, 107, 108).

## **2.2.1 Marcadores Periféricos de Lesão Muscular**

Diversas proteínas têm seus níveis plasmáticos aumentados após a realização de exercício, sendo utilizadas como indicadores indiretos de LM <sup>(101)</sup>. Enquadram-se nesse contexto, dentre outras, a CK, a proteína miosina de cadeia pesada, a mioglobina e a TnIe. Recentemente, a proteína S100B também tem sido proposta como marcador de LM, havendo possíveis relações com a enzima CK (109).

Para Sorichter (22), um marcador ou um conjunto de marcadores de LM esquelética ideal devem conter as seguintes características: (1) ser específico do músculo esquelético; (2) ter uma ampla janela de diagnósticos, isto é, picos de liberação precoces (2 a 6 h pós-exercício) e tardios (24 a 48 horas pós-exercícios); (3) possuir alta sensibilidade em relação às magnitudes da resposta ao estímulo lesivo.

Dessa forma, foi feita a escolha para análise de dois marcadores neste estudo, que parecem contemplar as sugestões relatadas acima, devido às questões de especificidade, sensibilidade e tempo de curso. Os marcador avaliado será a proteína CK. A CK, apesar de especificidade questionável, é um marcador convencional, com aumentos de alta magnitude e picos caracteristicamente tardios, entre 24 e 48 horas após o exercício (102, 103).

A seguir, a CK e suas relações com o exercício são caracterizadas de forma mais detalhada.

### **2.2.1.1 Creatina Quinase e Exercício**

A CK é uma enzima encontrada em sua maior parte no tecido muscular, amplamente utilizada em análises clínicas como marcador de lesão tecidual (110). Consiste em um grupo de isoenzimas com um papel central no metabolismo energético, especialmente para os tecidos consumidores de alta energia, tais como o cérebro, músculo esquelético e o coração, locais onde funciona como um sistema eficaz que mantém os níveis celulares de ATP (111). A CK é a principal enzima reguladora do metabolismo anaeróbio, estando localizada no sarcolema e no espaço intermembrana da mitocôndria, sendo responsável por catalisar a ressíntese de ATP via degradação do composto fosforado creatina-fosfato (CP). O fator regulador da atividade desta enzima é o ADP, garantindo a automodulação deste processo de liberação de energia. A quantidade total de creatina fosfato (CP), armazenada no

compartimento intramuscular é dependente da idade, do gênero, da raça, da massa muscular, da atividade física e das condições climáticas.

Há 3 isoformas da proteína CK, referentes à sua atividade no músculo esquelético, no músculo cardíaco e no tecido cerebral. Contudo, excluindo casos de patologia cardíaca e lesões na cabeça, a maior parte da CK é proveniente do músculo esquelético. A liberação de proteínas citoplasmáticas como a CK pode ser causada por dano temporário na fibra muscular acompanhado de ruptura na membrana ou até mesmo morte da fibra muscular <sup>(112)</sup>, sendo o exercício extenuante um possível causador dessas condições fisiológicas, resultando em aumento nos níveis totais de CK circulantes <sup>(107)</sup>.

O extravasamento de CK é proveniente do rompimento da membrana muscular, seguido de sua captação pelo sistema linfático, onde circula até o ducto torácico, entrando na corrente sanguínea, e aumentando, conseqüentemente, seus níveis circulantes. Indivíduos imobilizados ou em repouso apresentaram diminuição na CK após realização de exercício físico, provavelmente devido ao menor fluxo linfático nessas situações <sup>(108, 113)</sup>.

Ao medir CK total no sangue é importante considerar que o nível da enzima representa a liberação e o afastamento desta do seu local de expressão (114). Segundo Armstrong (89), a resposta da enzima no sangue é altamente variável e está relacionada ao nível de aptidão do indivíduo, à modalidade, à intensidade, e à duração do exercício. Estes fatores afetam o valor da resposta e o curso do tempo de liberação após dano tecidual.

A variabilidade inter-individual e inter-grupos das respostas da CK vêm sendo discutida (102, 103). Entretanto, apesar de sua menor especificidade, sua análise recebe tradicionalmente maior atenção em função da magnitude do aumento de suas respostas circulantes após LM induzida por exercício, significativamente maior do que outros marcadores (115).

O nível e o estado do treinamento também são fatores que influenciam nas respostas da atividade da CK (116).

Aumentos de CK foram observados em grande número de atletas após treino de força com cargas moderadas a intensas ou treino aeróbio <sup>(117)</sup>. O tipo de exercício realizado influenciou o tempo de curso para os picos de CK. Após corrida em plano descendente, o pico ocorreu entre 12 e 24 horas pós-exercício, com aumentos entre 100 e 600 UI <sup>(118)</sup>, enquanto após exercícios excêntricos máximos o pico ocorreu em

torno do quarto dia, com aumentos na ordem de 2000 a 10.000 UI<sup>(103)</sup>. Ao comparar exercícios excêntricos submáximos (75%) para braços e pernas, realizados em aparelho isocinético, os aumentos nos níveis de CK foram observados a partir de 24 horas pós-exercício, atingindo seu pico em 96 horas pós-exercício<sup>(71)</sup>. Observou-se também que os valores de CK para os exercícios realizados com os braços foram significativamente maiores do que os valores encontrados para membros inferiores ( $3670 \pm 1531$  e  $459 \pm 161$ , respectivamente).

Adicionalmente, é importante ressaltar a existência de uma adaptação que parece minimizar a elevação destes marcadores de LM em indivíduos altamente treinados. Já foi reportado que, em atletas, a elevação da CK plasmática é menor do que em indivíduos sedentários submetidos à mesma atividade<sup>(110), (103)</sup>.

Existem ainda diferenças entre as respostas masculinas e femininas para a atividade da CK. Estudos com animais têm demonstrado diferenças no padrão de resposta da enzima CK entre animais machos e fêmeas após protocolos aeróbios e de exercício excêntrico<sup>(119)</sup>. Estudos com humanos mostram resultados diferenciados. Shumate et al. (120) avaliaram corredores e corredoras e identificou valores de 2552 U/g para homens e 1598 U/g para mulheres após a realização de uma maratona. As taxas de expressão da enzima não foram diferentes entre os sexos, e as diferenças nos valores absolutos foram atribuídas a maior massa muscular masculina, utilizada para executar o exercício. Quando considerado o aumento relativo à massa corporal não foram encontradas diferenças significativas entre homens e mulheres tanto na atividade da CK como na atividade de outras proteínas marcadoras de lesão, como a mioglobina, TnI e miosina de cadeia pesada<sup>(22)</sup>.

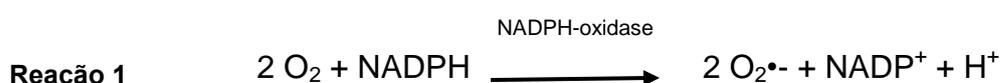
A análise da atividade da CK, devido à sua magnitude de aumento representativa de LM, ainda é amplamente utilizada, apesar de sua variabilidade e menor especificidade. No entanto, pesquisas recentes têm focado na análise de proteínas contráteis, uma vez que seu aumento na circulação pode indicar tanto o rompimento de membrana da célula muscular quanto a níveis de degradação do aparato contrátil.

### 2.3 Exercício, Radicais Livres e Estresse Oxidativo

Radicais livres (RL) são átomos ou moléculas que possuem um ou mais elétrons desemparelhados e, em função disso, apresentam acentuada reatividade química. Esta característica dá origem ao potente efeito oxidante desses radicais, que subtraem elétrons facilmente de substâncias aceptoras, o que é a base para seu efeito destrutivo contra lipídios, proteínas, ácidos nucleicos e a matriz extracelular. Os RL de maior importância biológica são os radicais superóxido ( $O_2^{\bullet-}$ ), hidroxila (OH) e óxido nítrico (NO). Vários mecanismos enzimáticos envolvendo a catálise por cobre ou ferro, são responsáveis pela geração destes radicais nos sistemas biológicos. Derivados oxidantes secundários podem resultar da reação de um RL com outro, como por exemplo, o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), o peroxinitrito ( $ONOO^-$ ) e o ácido hipocloroso (HOCl). Eles também contribuem para o EO devido ao fato de apresentarem ainda maior toxicidade do que os RL originais. Uma distinção terminológica é feita entre as espécies reativas do oxigênio (ERO) que incluem os radicais de oxigênio ( $O_2^{\bullet-}$  e  $OH^{\bullet}$ ) e seus derivados ( $H_2O_2$  e o átomo de oxigênio), além das espécies reativas do nitrogênio (ERN), tais como o NO e o  $ONOO^-$  (25).

Os RL de  $O_2$  são produzidos naturalmente em nosso organismo através dos processos metabólicos oxidativos e podem ter papel biológico fundamental no controle da homeostase, como na ativação do sistema imunológico, na desintoxicação de drogas e na produção do fator relaxante derivado do endotélio, o NO (28).

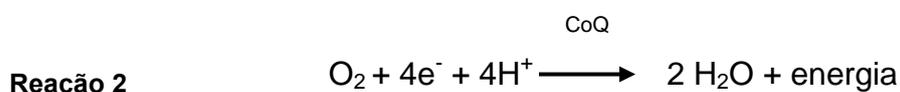
No sistema imune, macrófagos e neutrófilos atuam como agentes destruidores de substâncias estranhas. Células de imunidade produzem  $O_2^{\bullet-}$  com o sistema nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH)-oxidase, o qual está presente nos leucócitos (28). Durante este processo, duas moléculas de  $O_2$  são necessárias para que ocorra a reação conhecida como *oxidative burst*, demonstrada abaixo.



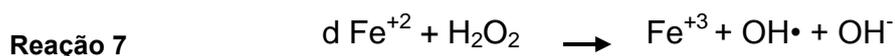
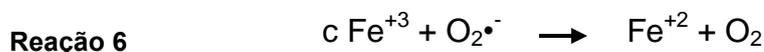
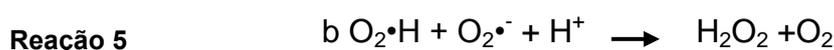
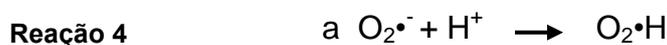
Em torno de 85 a 90% do oxigênio que respiramos é metabolizado em nosso organismo através da cadeia de transporte de elétrons na mitocôndria, e os 10 a

15% restantes são utilizados por diversas enzimas oxidases e oxigenases e também por reações químicas de oxidação diretas. Na parte terminal da cadeia de transporte de elétrons a enzima citocromo oxidase remove um elétron de cada uma das quatro moléculas reduzidas do citocromo c, oxidando-as, e adiciona os quatro elétrons ao  $O_2$  para formar água (de 95 a 98% dos 85 a 90% citados acima). Os 2 a 5% restantes são reduzidos univalentemente, convertendo-se em ERO, formando, inicialmente, o ânion  $O_2^{\bullet-}$  (24, 28).

A redução tetravalente do oxigênio é mostrada pela reação 2 e a formação do  $O_2^{\bullet-}$  é descrita pela reação 3.



A formação de  $H_2O_2$  e as reações subseqüentes de Fenton e de Haber-Weiss seguem à cascata de formação das ERO.



Esse mecanismo apresentado acima pode ser responsável pela considerável produção de RL durante o exercício, onde há aumento significativo no  $VO_2$  (121). Assim, observa-se que a quantidade absoluta de  $O_2^{\bullet-}$  tende a aumentar como resultado do aumento do  $VO_2$  pelo músculo durante a contração (25).

Outro importante mecanismo de geração de  $O_2^{\bullet-}$  é a atividade da xantina oxidase, que catalisa a conversão da hipoxantina em xantina, e esta em ácido úrico. Esta enzima age normalmente como desidrogenase, utilizando  $NAD^+$  como acceptor de elétrons. Entretanto, condições de proteólise causada por distúrbios na homeostase do cálcio intracelular, estresse térmico e oxidação de grupos tióis, determinam sua conversão para a forma oxidase, a qual forma  $O_2^{\bullet-}$  durante sua ação catalítica. Tanto em condições de isquemia-reperfusão, como de exercício de alta intensidade, ocorre acúmulo de AMP como resultado da ação da adenilato quinase, a fim de compensar a ressíntese inadequada de ATP. A metabolização subsequente do AMP para inosina monofosfato (IMP) leva a um aumento dos níveis de hipoxantina, a qual é o principal substrato da xantina oxidase.

Um mecanismo adicional de formação de ERO é a conversão de  $H_2O_2$  para o radical mais agressivo  $OH^{\bullet}$ , via reação de Fenton, na presença de ferro. A extensão da geração de  $OH^{\bullet}$  depende principalmente da disponibilidade de ferro livre. O exercício exaustivo parece estar associado a uma liberação aumentada de ferro das hemo e mioglobinas, ou de seus produtos de degradação, como resultado de danos ao tecido muscular. O cobre, catalisador na reação Haber-Weiss, também pode contribuir para a formação aumentada de  $OH^{\bullet}$  (25).

Antagonizando os efeitos das ERO, os sistemas de proteção antioxidantes do corpo, assim como os antioxidantes alimentares, modulam diversos processos de sinalização sensíveis ao estado redox da célula.

Os sistemas antioxidantes enzimáticos incluem a enzima superóxido dismutase (SOD), uma metaloproteína localizada primariamente no citoplasma e mitocôndrias de células de mamíferos, que catalisa a conversão de  $O_2^{\bullet-}$  em  $H_2O_2$  e oxigênio. A catalase (CAT), que remove o  $H_2O_2$  pela conversão deste em água e oxigênio. A glutatona peroxidase (GPx), a qual catalisa a redução de  $H_2O_2$  e peróxidos de ácidos graxos em água e dissulfeto de glutatona (glutatona oxidada, GSSG), utilizando GSH como doador de elétrons, numa reação em que o NADPH é o agente redutor. Há também as enzimas heme oxigenase-1 (HO-1) e as proteínas de choque térmico (HSP), que também têm atividade influenciada tanto pelo esforço físico agudo como pelo treinamento (25).

Estudos têm verificado que o exercício vigoroso agudo aumenta a atividade da SOD no músculo esquelético, coração, pulmão, fígado e células sangüíneas

vermelhas. Entretanto, quanto à GPx, embora tenham sido detectados efeitos estimulantes do exercício sobre esta enzima, a influência do exercício agudo ainda é inconsistente. O treinamento físico, por sua vez, parece induzir a atividade da GPx e da SOD, embora os efeitos deste tipo de intervenção sejam menos aparentes sobre a atividade da CAT (25).

A heme-oxigenase possui duas isoformas: a HO-1 (32 kDa), que é induzível, e a HO-2, que é constitutiva. A elevação da expressão de HO-1 protege a célula contra o EO reduzindo o pool intracelular de ferro livre, via indução da síntese de ferritina, se opondo à geração de ERO através da reação de Fenton. Além disso, a HO-1 catalisa a etapa inicial na degradação de heme a bilirrubina, um potente antioxidante hidrossolúvel. Aumentos na expressão de HO-1, em função de exercício, foram demonstrados em músculos de camundongos e em monócitos, linfócitos e granulócitos humanos. Além disso, também foi observado que a expressão basal de HO-1 em leucócitos foi menor em indivíduos treinados do que em não treinados, sugerindo um estado pró-oxidante mais baixo nas células, devido a adaptações decorrentes do treinamento físico (25).

As HSP também parecem proteger contra o EO. Em especial, as HSP70 citoplasmáticas apresentam atividade aumentada perante a geração intracelular de ERO e não somente após exposição extracelular. Com relação aos efeitos protetores da HO-1 e da HSP70, a expressão aumentada dessas proteínas de estresse deve ajudar a manter a viabilidade, função e capacidade proliferativa de células imuno-competentes, durante e após o exercício vigoroso (25). Além disso, como a ativação de vias das HSP bloqueia a ativação do NF- $\kappa$ B, é possível que a expressão de HSP esteja relacionada à modulação da atividade de citocinas inflamatórias.

Os antioxidantes não enzimáticos ou dietéticos, por sua vez, como o  $\alpha$ -tocoferol e o ácido ascórbico, podem exercer efeitos moduladores sobre o sistema imune, suprimindo a produção de várias citocinas inflamatórias e também inibindo a expressão de iNOS nos macrófagos. No entanto, o efeito protetor destas manipulações sobre os danos musculares induzidos pelo exercício não é claro.

Outro aspecto que também merece consideração no que diz respeito ao uso de antioxidantes dietéticos é que não se pode excluir a possibilidade de que, em grandes doses, eles possam ser contra-produtivos para o processo de regeneração

do músculo, que parece depender de certo nível de EO. Desta forma, é preciso considerar a necessidade de manutenção de níveis ótimos de  $\alpha$ -tocoferol e ácido ascórbico (25). O aprimoramento das defesas antioxidantes em resposta ao condicionamento muscular sugere uma estreita relação entre as ERO e a atividade contrátil (25).

O EO, então, resulta do desequilíbrio entre a produção de oxidantes e as defesas antioxidantes, o que pode ser conseqüência de condições como: isquemia-reperfusão, hipóxia severa, estresse térmico severo, choque séptico e lesão induzida por exercício; podendo essas condições levar a injúria e disfunção mecânica (121). Complementando este conceito de EO, Niess e Simon (23) propõem uma integração ótima entre a formação de ERO e a atividade do sistema antioxidante. Demonstram que níveis aumentados de ERO, gerados no trabalho muscular, podem levar a mudanças no balanço redox celular, o qual tem sua extensão resultante da relação de formação das ERO e da capacidade do sistema antioxidante. Mudanças moderadas no estado redox parecem exercer propriedades regulatórias, desencadeando os mecanismos de transcrição gênica necessários à adaptação, visto que quantidades mínimas de ERO são necessárias para a contração muscular (23, 103). A geração excessiva de ERO sem adequada compensação do sistema antioxidante pode levar à fadiga muscular e conseqüente efeitos danosos à membrana celular, como LPO, oxidação de proteínas e dano ao DNA, podendo desencadear LM induzida, dessa forma, por EO.

Dentre os efeitos positivos da formação de ERO estão envolvidos os processos relativos ao fenômeno da imunidade, por atuarem contra os antígenos durante a fagocitose (24, 122). Este papel aumenta durante a inflamação, que pode ser causada pelo exercício físico, principalmente por exercícios intensos e traumatizantes como os exercícios excêntricos. As ERO têm um importante papel na sinalização e biogênese das células porque elas podem servir como mensageiros celulares ou modificar o estado redox da célula (24, 122, 123). A formação de ERO também está envolvida na ativação enzimática, na detoxificação de drogas ou na facilitação da reposição de glicogênio (24). A inibição da produção de ERO pode levar à perda de força de contração das fibras musculares.

Entretanto, uma grande quantidade de ERO no tecido muscular implica no desenvolvimento de fadiga muscular e pode representar um dos efeitos negativos

das ERO. Também estão entre os efeitos negativos da formação ERO, a alteração de forma e tamanho dos componentes que interagem com ela, a possível ocorrência de apoptose em células saudáveis e desencadeamento de inflamação e alteração de funções celulares (24, 124, 125).

A oxidação de lipoproteínas decorrente de elevada formação de ERO é um importante fator no desenvolvimento de doenças, como a arterosclerose, e possui ainda ligação com o aumento de EO desencadeado pelo exercício. As ERO também têm a habilidade de oxidar ácidos graxos polinsaturados, os quais fazem parte da constituição da membrana celular, iniciando a peroxidação lipídica, seguindo-se uma cadeia de reações que produz outros RL, como  $\text{ROO}\cdot$  ou  $\text{ROOH}_2\cdot$  e substâncias como dienos conjugados ou malondialdeído (MDA) (126). A peroxidação lipídica muda a fluidez das membranas celulares, reduz a capacidade de manter um gradiente de concentração equilibrado, e também aumenta a permeabilidade da membrana e a inflamação (127). Conseqüentemente, é possível determinar perda de líquidos intracelulares, diminuição do transporte de  $\text{Ca}^{+2}$  no retículo endoplasmático, alterações nas funções mitocondriais e alterações celulares (128).

A oxidação de proteínas é outro efeito negativo da produção de ERO. As ERO podem oxidar proteínas estruturais e sangüíneas e inibir o sistema proteolítico (129). Durante a oxidação, as proteínas podem perder aminoácidos ou serem fragmentadas, levando a alterações estruturais e funcionais (127). A oxidação de proteínas e aminoácidos é acompanhada por aumentos nos níveis relativos dos grupos carbonil das proteínas (130) e de aminoácidos oxidados (131), os quais são usados como índices gerais de ocorrência de lesão oxidativa (127). A oxidação de proteínas pode ser conseqüência de inflamação, exercício físico ou isquemia-reperfusão (24, 131). As proteínas oxidadas são catabolizadas a fim de reconstituir aminoácidos, mas o grupo carbonil das proteínas não pode entrar nesse processo. Por isso, eles induzem o bloqueio da proteólise e um acúmulo de proteínas oxidadas (132). Conseqüentemente, o *turnover* das proteínas, a transcrição genética e a integridade celular são reduzidas sob ação das ERO, que também podem alterar o sistema lisossomal e os proteossomas, as duas maiores vias de degradação de proteínas (129).

O EO pode ser estimado de acordo com as medidas de RL (por meio da verificação de lesão em lipídeos, proteínas ou DNA); pela atividade enzimática ou do

sistema antioxidante; e pela verificação do estado redox da célula. Os métodos a serem utilizados neste estudo envolvem a análise dos níveis de LPO e do estado redox.

A oxidação lipídica leva à quebra de lipídeos e à formação de produtos primários da oxidação, tais como dienos conjugados ou hidroperóxidos lipídicos, e produtos secundários da oxidação, incluindo MDA, como já referido, F2-isoprostano ou pentano expirado, etano ou hexano. As medidas dos dienos conjugados são interessantes porque detectam a reorganização molecular dos ácidos graxos polinsaturados durante a fase inicial da LPO. Por causa dessa especificidade este método é freqüentemente usado para avaliar EO (103). O hidroxiperóxido lipídico é outro marcador das reações iniciais dos RL e é um marcador específico de lesão na membrana celular (122).

A oxidação das proteínas e dos aminoácidos é acompanhada por aumentos nos níveis relativos dos grupos carbonilas das proteínas (130, 132) e dos aminoácidos oxidados, que são usados como índice geral de ocorrência de dano oxidativo (127), podendo ser provenientes de inflamação, exercício físico ou isquemia-reperfusão (131, 132), como explicado anteriormente.

Outra técnica para estimar o EO é através das medidas das proteínas tióis, onde uma perda dos mesmos pode aparecer durante um longo período de EO. A relação entre GSH, o mais importante tiól no corpo humano, e GSSG é uma técnica importante de avaliação do EO. A razão GSSG/GSH é um interessante marcador porque os RL oxidam GSH em GSSG (133), expressando um índice geral do estado redox da célula.

Finaud et al. (24) referem-se ainda à CK e à mioglobina como marcadores indiretos de EO, pois são marcadores de dano celular muscular (134, 135). Estes parâmetros poderiam ser considerados marcadores indiretos de EO, uma vez que, por exemplo, a LPO induz à lesão das membranas celulares (122, 134), tornando-as mais permeáveis e permitindo a liberação dessas proteínas (136). Entretanto, a CK e a mioglobina não podem ser consideradas marcadores específicos de EO, especialmente em atletas, que freqüentemente apresentam altos níveis de CK e mioglobina plasmática em resposta ao treinamento, o qual induz dano celular (134). Alterações na fluidez da membrana celular induzem ainda modificações na reologia

do sangue, o que também tem sido usado para avaliação do condicionamento de atletas (137).

### **2.3.1 Tipos de Exercício e Estresse Oxidativo**

#### **2.3.1.1 Exercícios Aeróbios**

Os exercícios aeróbios são acompanhados por um aumento no  $VO_2$ , o que pode aumentar a produção de RL e que tem sido amplamente verificado tanto em animais quanto em seres humanos (125) (138-140). Entretanto, esse fenômeno parece não ocorrer com exercícios de baixa intensidade (abaixo de 50% do  $VO_{2máx}$ ). Neste caso, a capacidade antioxidante não é estimulada e as lesões induzidas por RL não aparecem. Já em exercícios mais intensos, parece haver uma correlação entre  $VO_2$  e EO (141), mas isso é contraditório a estudos que não verificaram aumento nos parâmetros de EO com exercício aeróbio intenso (136, 142). Um sistema antioxidante mais adaptado, um estado nutricional mais adequado e elevados níveis de treinamento podem explicar essas diferenças, como verificado em estudos realizados com atletas de resistência (136, 143). A falta de controle de variáveis intervenientes e as diferenças metodológicas dos diferentes estudos podem contribuir para a controvérsia entre os resultados.

É bem documentado que exercícios de resistência causam modificações na atividade do sistema antioxidante enzimático e nas concentrações dos antioxidantes não-enzimáticos. A atividade de enzimas antioxidantes como a SOD, GPx e a CAT mostram-se aumentadas no sangue e em tecidos após exercício aeróbio (103, 144, 145). Essas adaptações parecem ser específicas às fibras musculares oxidativas, onde há principal produção de RL durante o exercício (145). Entretanto, o aumento da atividade enzimática antioxidante não é proporcional à intensidade do exercício.

A concentração dos antioxidantes não enzimáticos no plasma e nos tecidos parece ser também alterada perante realização de exercícios aeróbios, embora os resultados sejam também freqüentemente controversos. Alguns estudos sugerem que a relação GSG/GSSG diminui durante o exercício devido a sua utilização contra os RL (144, 146). Por outro lado, as vitaminas C e E, que podem ser mobilizadas das suas respectivas reservas para preservar o corpo contra os efeitos deletérios dos RL,

tendem a aumentar após exercício de resistência (138, 147). Já o aumento do ácido úrico não pode ser considerado como uma adaptação específica contra o EO porque é um produto final do ciclo das purinas. Enfim, todas essas adaptações juntas podem provocar aumento na capacidade antioxidante total (147).

O treinamento aeróbio, por sua vez, reduz o EO pós-exercício e a LM (103, 127, 148). Entretanto, ainda não foi determinado exatamente se este decréscimo no EO ocorre pelo decréscimo na produção de RL durante o exercício ou a partir de um aumento da eficiência do sistema antioxidante. Os efeitos do treinamento aeróbio nas enzimas antioxidantes podem ser verificados em níveis musculares, plasmáticos, hepáticos e cardíacos (143, 149). Alguns estudos sugerem que uma adaptação específica de enzimas antioxidantes existem em músculos com grande percentagem de fibras do tipo I, isto é, grande capacidade oxidativa (144, 150). No plasma e em outros tecidos foram observados aumentos na atividade das enzimas antioxidantes sob execução de protocolos controlados de treinamento de resistência (148, 151, 152). Contudo, parece que as adaptações não estão diretamente correlacionadas ao aumento do  $VO_{2máx}$ , e que a SOD e a GPx aumentam mais do que a CAT (150, 151, 153).

Os resultados a respeito dos efeitos do treinamento aeróbio sobre antioxidantes não-enzimáticos são ainda mais controversos, mostrando tanto reduções quanto aumentos na capacidade antioxidante total e/ou de antioxidantes isolados (103, 147, 153). Alguns estudos mostram que as adaptações do sistema antioxidante podem estar correlacionadas com o volume de treinamento e o  $VO_{2máx}$  (154), sendo que o protocolo de treinamento deve ser suficientemente longo e intenso para provocar respostas adaptativas (151).

### **2.3.1.2 Exercícios Anaeróbios e Mistos**

Em relação à avaliação de parâmetros de EO em exercícios anaeróbios e mistos, observam-se quantidade significativamente menor de estudos. Exercícios com predominância do metabolismo anaeróbio para produção de energia estão presentes em grande variedade de atividades esportivas (*sprints*, saltos e exercícios de força). Alguns desses estudos mostram um aumento do EO após exercício

supramáximo, tais como corridas intermitentes, *sprints*, séries de saltos, exercícios de força concêntricos ou excêntricos ou teste de *Wingate* (155-158).

O aumento da produção de RL durante exercício anaeróbio pode ser mediado através da produção de xantina oxidase, isquemia-reperfusão e *oxidative burst*, além da transferência de elétrons, como ocorre durante exercício aeróbio (155, 159). Além disso, incrementos na produção de ácido láctico, acidose, catecolaminas e inflamação, característicos de exercícios supramáximos, são fatores que podem aumentar a produção de RL (156).

Em relação ao sistema de isquemia-reperfusão do músculo ativo, observa-se que em exercício anaeróbio, aumenta significativamente o catabolismo das purinas, promovendo uma rápida desoxigenação. Isto aumenta a atividade da xantina-oxidase, que acelera a produção de RL (160), mas ainda não existem evidências diretas desses processos no músculo. Em tecidos isquêmicos, tem sido proposto que a xantina desidrogenase sofra uma conversão proteolítica para a forma oxidada, que usa o oxigênio como acceptor de elétrons (160). É sabido que a xantina oxidase na presença dos substratos hipoxantina ou xantina reduz a molécula de  $O_2$  a  $O_2^{\bullet-}$  ou  $H_2O_2$ . Assim, é hipotetizado que a xantina oxidase e seus substratos estariam presentes em altas concentrações de tecidos reperfundidos e conseqüentemente resultariam em geração de RL sobre repêrfusão. Os radicais  $OH^{\bullet}$  e  $O_2^{\bullet-}$  gerados pela enzima poderiam reagir com as proteínas intracelulares, causando lesão na membrana celular (160), como já elucidado.

Outra fonte de RL em exercícios anaeróbios seria a partir da inflamação e dano muscular, o que freqüentemente acontece após exercícios traumáticos tais como esportes de impacto e exercícios excêntricos (135, 154, 159). Uma liberação de ferro a partir da hemoglobina ou da ferritina, pode ampliar as respostas inflamatórias e o EO. Além disso, há ligação entre o aumento do ácido láctico e o aumento dos marcadores de EO (158). Isto levaria a um declínio na concentração de NADH e NADPH e então a uma redução da ação antioxidante e o aumento da produção de RL (103).

Groussard et al. (155) verificaram que após teste de *wingate* há declínio da atividade da SOD sem mudanças na atividade GPx, em função, provavelmente, de um aumento na produção de RL. Em relação ao sistema antioxidante não-

enzimático, foi verificado que o teste de *wingate* induziu um aumento nas concentrações de ácido úrico e vitamina C e um pequeno aumento nas concentrações plasmáticas de vitamina A e E, sendo também encontrado um declínio de GSH, o que poderia ser explicado pelo uso de vitaminas C e E (161). Por outro lado, um estudo recente mostra que antioxidantes plasmáticos (vitaminas A e E) solúveis em gordura aumentam após exercício de força agudo (158).

Sujeitos anaerobiamente treinados têm níveis mais baixos de EO e de LM durante o repouso e o exercício quando comparados a sujeitos não treinados (135). Esses aumentos são comparáveis aos esportes aeróbios. Diminuição de EO após treinamento anaeróbio tem sido mostrado (162). Parece também que sujeitos treinados anaerobiamente têm melhor capacidade antioxidante enzimática no sangue, nos tecidos e especialmente no músculo durante o exercício (135, 162), sendo que este aumento não foi verificado em todos os estudos (163). Novamente, as diferenças metodológicas parecem ser as principais causas das contradições entre os estudos nessa área.

A prática de exercícios anaeróbios parece também aumentar as concentrações dos anti-oxidantes não enzimáticos, e esta adaptação seria resultado de repetidas produções de RL durante isquemia-reperfusão e inflamação provocadas por este tipo de exercício em nível muscular (164).

Em relação às atividades mistas, estas podem ser definidas como atividades que envolvem ambos os metabolismos aeróbios e anaeróbios em razão equilibrada. Os esportes coletivos, como o basquete e o futsal, incluem fases aeróbias (corridas intermitentes com diferentes velocidades) e fase anaeróbias (execução de saltos e *sprints*). Devido a essa limitação metodológica, parece que os efeitos relativos ao EO neste tipo de exercício têm sido menos estudados (165).

Há evidências de que os exercícios mistos provocam os mesmos efeitos na produção de RL do que os exercícios aeróbios e anaeróbios (166). No entanto, os efeitos no sistema antioxidante parecem mais contraditórios. Jogadores de *rugby* não apresentaram diferenças na atividade antioxidante enzimática (166). Já o sistema antioxidante não-enzimático parece ter resposta mais semelhante quando comparado com exercícios aeróbios e anaeróbios, com aumentos de ácido úrico e decréscimos de GSH (133).

Estudos que avaliaram jogadores de *football* ou *rugby* verificaram mais baixos níveis de EO em repouso do que em sujeitos sedentários (164, 166). Além disso, após uma partida de *rugby*, os jogadores com altos níveis de condicionamento apresentaram mais baixos níveis de EO do que os jogadores com mais baixo nível de condicionamento. Dessa forma, parece que o nível de treinamento tem influência importante nos níveis de EO (166). Esses jogadores de *rugby* e *football* também apresentam atividade do sistema antioxidante mais elevada (164, 166, 167) e isso ocorre tanto para atletas de elite quanto de menor nível técnico (164, 167).

Treinamentos mistos também aumentam a capacidade antioxidante total e alguns antioxidantes não-enzimáticos como as vitaminas C, E e ácido úrico (164, 167). Entretanto, o aumento de treinamento e carga competitiva pode induzir efeitos opostos como mostrado com jogadores de basquete (165).

Desse modo, exercícios aeróbios, anaeróbios ou mistos causam aumentos na produção de RL, ao passo que há reações adaptativas com mobilização aumentada de antioxidantes enzimáticos e não-enzimáticos nas células ou no plasma. Entretanto, a capacidade antioxidante é muitas vezes ultrapassada, o que leva às situações de EO, principalmente em sujeitos de baixos níveis de treinamento e inadequado estado nutricional. Em exercícios anaeróbios e mistos, a cadeia respiratória não é o principal local de produção de RL, ao contrário dos exercícios aeróbios. Isquemia-reperfusão, acidose e oxidação das catecolaminas são outros fenômenos implicados no EO durante exercício supramáximo.

Além disso, os parâmetros de EO parecem estar também relacionados à carga de trabalho. Em dois estudos longitudinais citados por Finaud et al. (24), verificou-se que durante uma temporada esportiva houve um decréscimo da eficiência do sistema antioxidante e um aumento de EO. Excessivas cargas de trabalho, com períodos prolongados de treinamento intenso e/ou competições intensas podem levar à fadiga constante, ou ao fenômeno conhecido como *overtraining*. A síndrome do *overtraining* é caracterizada por fadiga excessiva, diminuição da *performance*, mudanças físicas e modificações biológicas, que estão associadas a mudanças hormonais, imunológicas, hematológicas e bioquímicas (61). O EO é um marcador interessante, complementar às variáveis biológicas, pois pode estar ligado ao *overtraining* (134). Produção de ERO e lesão celular, principalmente em nível muscular, podem ser elementos desencadeadores do

*overtraining*, devido a uma redução da capacidade metabólica da célula muscular (168). Além disso, o acúmulo de lesões musculares está relacionado com a inflamação a fim de reparar os tecidos lesionados, e esta, por sua vez, pode induzir aumentos de EO causado pelo aumento da produção de RL por neutrófilos e macrófagos (168).

### **2.3.2 Relações entre exercício, estresse oxidativo e lesão do tecido muscular**

Há evidências que o EO está associado à fadiga muscular durante a contração e com a LM pós-exercício, no entanto, os mecanismos pelos quais isso ocorre ainda não estão bem estabelecidos.

Sabe-se que o processo de LM é iniciado quando as miofibrilas são estiradas durante a contração. A ruptura estrutural ao longo da miofibrila pode levar a aumentos dos danos às estruturas da membrana da célula muscular, do retículo sarcoplasmático e dos túbulos transversos, o que reflete num incontrolado fluxo de  $Ca^{+2}$  que afeta aspectos funcionais como a tensão muscular ativa e passiva, desencadeando ainda outros mecanismos de lesão, como a proteólise e a degradação das fibras musculares (23).

Durante este processo ocorre inflamação aguda e formação de espécies reativas através da via NADPH-oxidase, que invade as áreas lesionadas por meio da ação de neutrófilos e macrófagos. Paralelo a isso ocorre a liberação de mediadores e marcadores inflamatórios como a histamina, a serotonina, as prostaglandinas, a substância P e as citocinas inflamatórias, as quais sensibilizam os nociceptores e, aliado a presença de edema, desencadeiam sensações localizadas de dor e desconforto, fenômeno conhecido como dor muscular tardia (23, 169, 170).

Adicionalmente, existem evidências de que a produção de ERO estão envolvidas indiretamente na LM induzida por exercício, especialmente os exercícios que envolvem ações musculares excêntricas. Níveis elevados de formação de ERO podem estar relacionados à LM e se constituírem fatores desencadeadores do processo de fadiga, o que leva a aumentos em parâmetros de EO, como a LPO e a oxidação de proteínas.

Niess e Simon (23) relataram estudos que demonstram relação entre LM e a magnitude da imigração de neutrófilos, com a liberação exacerbada de ERO durante o processo inflamatório. Close et al. (171) relataram aumentos nas vias de

sinalização dos RL em modelo animal e humano, respectivamente, através de espectroscopia de ressonância paramagnética. Duarte et al. (172) mostraram que a inibição da função de invasão dos neutrófilos na célula pelo uso de colchicina, reduz a extensão do EO e do dano muscular. Também foi recentemente mostrado que a formação de ERO pós-exercício excêntrico ocorre após o pico máximo de dor muscular, em torno de 48 horas após a finalização do exercício, quando a função muscular já retornou ao normal (171).

A produção de RL durante o exercício tem um importante papel na indução da LM e na propagação de inflamações pós-exercício, que podem ainda levar a aumentos das lesões celulares. Embora o treinamento induza a redução do EO através de adaptações do sistema antioxidante, observa-se que o acúmulo de exercícios intensos ou treinamentos programados inadequadamente podem levar a aumentos dos parâmetros de EO, levando à fadiga muscular e desencadeando lesões (24, 142, 168). Um acúmulo de lesões musculares está associado a processos inflamatórios (aumento de citocinas e neutrófilos), os quais ocorrem a fim de reparar o tecido muscular, entretanto, como já foi dito, a inflamação também pode induzir o EO, por meio do aumento na produção de RL pelos neutrófilos e macrófagos (24, 168). Contudo, questiona-se se as modificações oxidativas induzidas por exercício têm significância no dano celular ou se são parte integral e necessária da regulação redox e dos mecanismos de adaptação (173).

Perante essa diversidade de evidências, provenientes de diferentes desenhos metodológicos e procedimentos experimentais, ainda não está claro se o EO exerce papel desencadeador ou se é apenas um produto da LM induzida por exercício (23).

A alteração das funções mitocondriais com exposição às ERO é considerada um fator importante da fadiga muscular (174). A mitocôndria é particularmente suscetível à lesão oxidativa induzida por ERO, tanto em lipídeos, quanto em proteínas e DNA, além de possíveis alterações no DNA mitocondrial, podendo induzir alterações no complexo respiratório, com um conseqüente decréscimo da transferência de elétrons e formação de ATP e tornando as vias aeróbias menos eficientes. Conseqüentemente, parece que este fenômeno pode induzir um aumento da utilização das vias anaeróbias, e isto pode ter efeitos negativos no músculo, com aumentos nos níveis de fosfato inorgânico (Pi) e acidose, que representam fatores desencadeadores da fadiga muscular (174). Os efeitos da acidose recorrem de três eventos intracelulares: (1) interferência na ligação da

acetilcolina com seu receptor na fenda sináptica, gerando descoordenação intra e inter muscular, (2) menor liberação de cálcio no retículo sarcoplasmático, diminuindo a potência da contração muscular, (3) prejuízo no mecanismo da bomba de  $\text{Ca}^{+2}$ , devido à significativa diminuição na produção de ATP, impedindo o retorno do  $\text{Ca}^{+2}$  ao retículo sarcoplasmático e conseqüente relaxamento celular.

As proteínas contráteis (actina e miosina) e a bomba de cálcio são componentes musculares sensíveis ao estado redox, o qual é diretamente modificado pela formação de ERO. Quando o estado redox é alterado, a contração muscular (proteínas contráteis) e o controle da contração muscular (bomba de cálcio) podem ser alterados. A ERO podem induzir um aumento intracelular de cálcio e a inativação de enzimas intracelulares, principalmente aquelas implicadas nas vias aeróbias e anaeróbias, dentro da célula muscular, o que pode fazer parte do processo de fadiga muscular (23). Além disso, durante certas formas de exercício, como exercícios excêntricos, uma importante liberação de íons ferro pode ser observada, o que pode agravar o EO durante e após o exercício, provocando fadiga e LM (23). Também, outros dados do estudo de Niess e Simon (23) mostram que o potencial de ação para as contrações musculares podem ser modificados pelas ERO, pois elas perturbam o sistema de transporte de potássio no músculo.

Ainda tem sido verificado que a dor muscular induzida por exercício diminui a geração de força máxima como resultado de uma produção de NO aumentada. Especula-se que o NO diminui a força contrátil pela inibição da atividade da  $\text{Ca}_{21}$ -ATPase no retículo sarcoplasmático. O NO também induziu hiperpolarização do potencial de membrana, levando a redução da geração de força, no músculo esquelético. Parece possível que as ERO e as ERN sejam responsáveis pela diminuição da geração de força, podendo também fazer parte de um mecanismo protetor pelo qual o músculo esquelético evita lesões que podem ser geradas por picos de produção de força além do comum (175). Além disso, fadiga muscular repetitiva induzida por ERO, associada com recuperação inadequada, é um potente fator desencadeador de *overtraining*.

Exercícios de baixa intensidade (abaixo de 50 a 60% do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ) parecem não exercer efeitos de EO ou LM, os quais parecem estar ligados à intensidade do exercício e ao nível de condicionamento físico dos indivíduos. Ações musculares excêntricas não apresentam aumentos significativos no  $\text{VO}_2$ , em função de grande parte da energia utilizada para este tipo de contração ser proveniente dos elementos

passivos da junção músculo-tendínea. No entanto, alguns estudos têm relatado relações entre a execução de exercícios excêntricos, marcadores periféricos de lesão e EO, especulando-se que essas relações estariam ligadas ao mecanismo de isquemia-reperfusão (23).

Desse modo, observa-se que a formação de RL em função de demandas não-usuais geradas pelo exercício pode provocar danos a lipídeos de membrana, proteínas e ácidos nucléicos, altamente sensíveis à ação radicalar. A desintegração da membrana celular e/ou outros constituintes da célula, como o citoesqueleto, em função de uma produção de RL maior do que o sistema antioxidante do indivíduo está adaptado a suportar, pode provocar o extravasamento de enzimas características de lesão tecidual muscular, como a CK. Os efeitos da lesão celular proveniente de exercícios, especialmente os que apresentam componente excêntrico predominante, refletem diversas mudanças estruturais e metabólicas nas células musculares, o que têm sido analisado em muitos estudos.

Bryan e Goldfarb (92) relataram que exercícios excêntricos ou não-usuais de intensidade e duração suficientes induzem LM, o que pode ser evidenciado pela ruptura da integridade do sarcômero, perda e vazamento de proteínas musculares para fora da célula, demonstrando micro-traumas nos elementos contráteis e no tecido conectivo dentro do músculo esquelético. Após realização de exercícios de força, verificou-se um menor recrutamento de unidades motoras sob ações excêntricas, o que resulta em uma maior tensão por fibra muscular, contribuindo para o desenvolvimento de dano muscular.

Dor muscular e aumento nos índices de EO também já foram correlacionadas em diversos estudos com modalidades de componente excêntrico predominante, tais como *box* (176), *shuttle running* (177), *downhill running* (177), halterofilismo e exercícios excêntricos realizados em equipamentos isocinéticos (178), relatados no estudo de Bryan e Goldfarb (92).

Os mecanismos que circundam a LM não são ainda totalmente elucidados, mas parece que a aplicação de forças mais elevadas nos componentes contráteis e conectivos dentro do músculo durante exercício excêntrico podem ser considerados um fator importante. Decréscimo na produção de força, aumentos nos níveis séricos de CK, ruptura ultraestrutural e aumento da atividade proteolítica são características da LM induzida por exercício excêntrico(93) (23, 24, 98, 179). Como consequência

desses eventos iniciais, processos de EO e inflamatórios podem ser desenvolvidos (92, 93).

Muitas estratégias têm sido propostas para reduzir ou prevenir a perda da função muscular e a dor muscular tardia associadas com ações musculares excêntricas, como os tratamentos nutricionais combinados ou simples com antioxidantes (92).

Bryan e Goldfarb (92) verificaram que uma dosagem de 3g diárias de suplementação com vitamina C não previnem a perda de amplitude de movimento e força muscular, mas podem reduzir discretamente a quantidade de glutathiona oxidada no sangue logo após o exercício excêntrico. Foi verificado também que o tempo para diminuição da dor muscular foi similar ao tempo de curso para diminuição da razão GSH/GSSG para o grupo tratado com vitamina C. Em contraste, os níveis de CK foram significativamente elevados em ambos os grupos após este tempo, com parâmetros de dor similar. Isso sugere que a extensão da lesão dentro do músculo não foi atenuada com 3g/dia de vitamina C.

Nikolaidis et al. (94) direcionaram sua atenção para efeitos de sessões repetidas de exercício, conhecidas como *repeated bout effect* (180) sobre os parâmetros de dano do tecido muscular, tentando entender a possível função biológica das espécies reativas na lesão tecidual por meio de uma relação temporal entre os índices de EO e os índices de dano muscular. O estudo avaliou duas sessões intercaladas de exercícios, com intervalo de 3 semanas, e verificou modificações nos índices de EO (TBA, carbonilas, GSH/GSSG, CAT, ácido úrico e capacidade antioxidante total) após as duas sessões, entretanto, a magnitude das respostas de EO foram maiores após a primeira sessão, comparada com a segunda. Estes achados indicam que o EO foi altamente diminuído após a sessão repetida de exercícios, e que essa adaptação parece ser uma resposta secundária ao grau de dano muscular induzido por exercício.

Ainda neste estudo observaram-se elevadas correlações entre a diminuição do torque isométrico, parâmetro não-invasivo de avaliação de LM induzida por exercício, com o aumento dos parâmetros de EO, pressupondo-se que a LM induz ou é induzida por EO. Isso indica que uma diminuição no torque, representativo da força muscular, apresenta correlação positiva com o desenvolvimento de EO, o que ocorre principalmente 3 dias após a primeira sessão de exercícios. As atenuações no decréscimo dos valores de pico de torque isométrico, amplitude de movimento,

dor muscular tardia e CK plasmática fornecem evidências indiretas de que decréscimos na LM existiram após a segunda sessão de exercícios.

Isso parece estar relacionado a um possível mecanismo de adaptação do sistema imunológico. Após exercícios repetidos, neutrófilos e outras células fagocíticas são ativadas e recrutadas para o local da lesão inicial, produzindo  $O_2^{\bullet-}$  com a ação catalítica do sistema NADPH-oxidase reduzida e desencadeando o conhecido *burst* oxidativo (24). O  $O_2^{\bullet-}$  pode ser convertido em  $H_2O_2$  pela SOD e é transformado em ácido clorídrico (HCl) nos leucócitos, pela ação da mieloperoxidase, sendo o HCl um dos mais fortes oxidantes fisiológicos (24). Em estudos com modelo animal, o *burst* oxidativo ocorreu 3 dias após sessão repetida de exercícios de corrida em plano descendente (171). Isso indica que a maior parte da produção de EO seguido de LM induzida por exercício é tardia, provavelmente proveniente de neutrófilos e macrófagos recrutados no local da lesão inicial. Dessa forma, os melhores resultados obtidos após a segunda sessão de exercícios podem ser atribuídos às menores magnitudes da LM induzida por exercício em razão de uma menor invasão dos leucócitos e subsequente diminuição do EO. Estes resultados também sugerem que o EO se constitui em um marcador que diferencia a LM induzida por exercício ou induzida por outros fatores.

Efeitos atenuados da lesão induzida por exercício excêntrico após sessões repetidas de contrações excêntricas também foram verificados por Stupka et al. (93), que reportaram atividade das vias proteolíticas e déficit de força reduzidos, além de atenuada liberação de CK após a segunda sessão de exercícios. Essas mudanças indicaram que as vias proteolíticas foram ativadas após a LM, incluindo vias extracelulares (células inflamatórias) e vias intracelulares (ubiquitina), adaptadas após séries repetidas de exercício excêntrico. A adaptação nas respostas proteolíticas deve, provavelmente, afetar a resposta adaptativa que reduz as mudanças mecânicas imediatas (diminuição da tensão) a partir do exercício excêntrico, que pode ser mediado por tais mudanças nos padrões de recrutamento muscular ou mudanças ultraestruturais, como a redução do comprimento do sarcômero no músculo (89).

De fato, a adição de sarcômeros em série, resultante de um comprimento médio de sarcômero mais curto (e possivelmente de mais uniformidade dos sarcômeros) e um padrão de recrutamento das unidades motoras alterado, têm sido apontados como mecanismos responsáveis por uma redução nas quantidades e/ou

severidade de dano muscular induzido por contrações excêntricas (181). Stupka et al. (93) observaram relativamente grande redução nas rupturas miofibrilares após contrações excêntricas repetidas. O mecanismo que medeia a lesão na linha-Z após exercício excêntrico ainda não é bem conhecido, mas pode estar relacionado à redução do comprimento do sarcômero, o que reduziria a tensão e a uma mudança nos padrões neurais de recrutamento das fibras (89). Entretanto, é possível que uma redução da lesão na linha-Z reflita em uma atenuação da atividade da calpaína, visto que as proteínas associadas à linha-Z são os substratos preferidos dessa via proteolítica (98). Não foram encontradas mudanças no conteúdo de calpaína no estudo de Stupka et al. (93), o que já era esperado, devido aos relativamente tardios pontos de tempo em que as biópsias do estudo foram obtidas, visto que a atividade da calpaína apresenta-se elevada logo após exercícios excêntricos e retorna às linhas de base em 24 horas (98).

Stupka et al. (93) verificaram, ainda, diferenças de gênero na LM induzida por exercícios excêntricos relativas aos níveis séricos de CK, infiltração de células inflamatórias e ativação de vias de degradação de proteínas. O aumento na infiltração de neutrófilos em mulheres após a segunda bateria de exercícios sugere que adaptações à LM induzida por exercício podem incluir mudanças no tempo de curso da infiltração de células inflamatórias e degradação de proteínas. O déficit de força e a ruptura ultraestrutural pós-exercício foram similares em homens e mulheres.

Estudos com animais têm descrito diferenças entre machos e fêmeas tanto perante exercício de força quanto de resistência (182). Estas diferenças têm sido atribuídas aos efeitos do estrógeno no músculo esquelético. Ratas fêmeas deficientes de estrógeno apresentaram concentrações mais elevadas do efluxo de CK após o exercício do que aquelas com concentrações fisiológicas normais de estrógeno (183). Warren et al. (89) examinaram as propriedades contráteis dos músculos crural anterior em dois grupos de camundongos fêmeas ovariectomizadas, sendo um grupo suplementado com estradiol, após 150 contrações excêntricas máximas. O grupo tratado com estradiol mostrou menor suscetibilidade à LM induzida por exercício excêntrico do que o grupo deficiente de estrógeno. Além disso, a atividade da CK em fêmeas nos períodos de repouso apresenta-se mais baixa quando comparada com machos, o que indica que as fêmeas estão mais protegidas de LM (184). Os níveis séricos de CK também foram maiores em

meninas pré-menarca, seguidas por meninas pós-menarca e mulheres adultas, relatados por Bunday et al. *apud* Clarkson e Hubal (182), sugerindo que o estrógeno exerce um efeito protetor nos períodos de repouso.

Há também evidências de que mulheres têm aumentos atenuados nos níveis de CK circulante em relação a homens após realização de exercícios aeróbios (114, 120, 182). Shumate et al. (120) verificaram aumentos na CK de  $664 \pm 541$  e  $153 \pm 11$  U/l para homens e mulheres, respectivamente, após teste progressivo em cicloergômetro. Janssen et al. (*apud* Clarkson e Hubal (182)) avaliaram a CK plasmática após 15, 25 e 42 km de corrida em homens e mulheres e encontraram mudanças mais significativas nos homens após a prova.

Jamurtas et al. (71) verificaram maior magnitude da LM para flexores do cotovelo do que para extensores dos joelhos, através de maiores decréscimos da força muscular, recuperação mais lenta, dor muscular tardia mais prolongada e aumentos significativos nos níveis séricos de CK, lactato desidrogenase e mioglobina. O uso diário dos músculos das pernas pode ser uma explicação para estas respostas diferentes, pois ações excêntricas submáximas podem desencadear lesão prévia ao músculo, o que pode produzir efeito profilático. Além disso, foi reportado que fibras musculares do tipo II são mais suscetíveis à LM induzida por exercício excêntrico do que fibras musculares do tipo I. Também é possível que diferenças no braço de momento, na área de secção transversa fisiológica, na tensão específica e no complexo músculo-tendão associem-se à suscetibilidade de lesão induzida por exercício excêntrico.

Em relação à dor muscular tardia, não foram verificadas diferenças entre membros superiores e inferiores. Entretanto, magnitudes de dor semelhantes entre membros superiores e inferiores podem sugerir que a dor muscular tardia não se relaciona diretamente à lesão das fibras musculares e subseqüentes processos inflamatórios, ou pelo menos, a magnitude da dor não representa a magnitude da LM, já que todos os demais parâmetros foram diferentes e com maior magnitude para membros superiores do que inferiores.

Outro efeito relacionado à LM induzida por exercício excêntrico refere-se às perturbações na taxa metabólica basal pós-exercício. Em razão dos maiores danos musculares provocados pelo exercício excêntrico, há evidências em torno de uma maior utilização de energia do músculo lesionado, relativa à degradação e síntese de proteínas, o que pode ser refletido em elevações da taxa metabólica basal até

20% acima do normal por longos períodos de tempo (27). Thomas et al. (185) relataram que o aumento da TMB está relacionado ao aumento do componente excêntrico da atividade, demonstrando que exercícios de força requerem maior energia para o reparo e a síntese de proteínas, o que é refletido em aumento prolongado da TMB pós-exercício. Dolezal et al. (27) verificaram que a TMB permanece elevada acima dos níveis de base durante o período pós-exercício por 48 horas após uma bateria de exercícios de força agudos com uma sobrecarga de ação muscular excêntrica. Adicionalmente, sujeitos treinados e não-treinados tiveram tempo de curso semelhante na elevação da TMB, mas indivíduos treinados mostraram respostas mais atenuadas da CK e da taxa dor muscular percebida. Os níveis de CK alcançaram valores de pico maiores do que  $1100 \text{ U.L}^{-1}$  em 48 horas pós-exercício, e então começaram a diminuir, permanecendo acima das linhas de base até 72 horas pós-exercício, uma observação consistente com a resposta do tempo de curso da CK após muitas formas de exercício excêntrico de alta intensidade (103).

Por fim, observa-se que existem relações a serem estudadas entre exercício, formação de RL, EO e lesão do tecido muscular, principalmente no que concerne aos efeitos do exercício excêntrico sobre essas variáveis. Observa-se também que o nível de treinamento dos indivíduos pode influenciar essas respostas, em razão de um sistema antioxidante e mecanismos de adaptação e reparo mais eficientes. Perante um exercício como o *ballet* clássico, que envolve uma variedade de ações excêntricas sucessivas, e diante de uma população de bailarinos com elevada suscetibilidade a lesões musculares e com treinamento não planejado, parece relevante estudar tais relações.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 Caracterização da Pesquisa**

Este estudo é do tipo *ex-post-facto*, com delineamento transversal, de caráter descritivo, comparativo e correlacional, baseado nos métodos de pesquisa quantitativos.

#### **3.2 População e Amostra**

##### **3.2.1 População**

Bailarinas de *ballet* clássico da cidade de Porto Alegre.

##### **3.2.2 Amostra**

A amostra foi caracterizada como do tipo conveniência e voluntária. De acordo com cálculo amostral realizado pelo programa WINPEPI, módulo Compare, versão 1.45, com base nos dados de outros estudos de delineamento semelhante (1-3, 5-8, 19, 20, 52, 186-189), a amostra almejada para essa pesquisa era de 15 bailarinas. Este número amostral incluiu o cálculo referente à análise das variáveis de LM e EO (22, 71, 94, 117), baseadas em estudos de delineamento semelhante, porém em outras populações, uma vez que parece ainda não haver registros referentes à análise dessas variáveis em bailarinas na literatura. A possibilidade de perda amostral estimada é de 20%, mantendo-se a validade do estudo com 12 bailarinas.

A fórmula utilizada para realização dos cálculos foi a seguinte:

$$n = \sigma^2 \cdot z^2 / e^2$$

onde:

- $\sigma$  = desvio padrão
- $z = 1,96$
- $n$  = população (desconhecida)
- $e$  = erro sobre a média (5%)

A primeira etapa do presente estudo (composição corporal e teste de  $VO_{2m\acute{a}x}$ ) contou com 15 bailarinas. No entanto, a segunda e terceira etapas (aula e ensaio de *ballet*) sofreram perda amostral de 3 bailarinas (em função dos receios das meninas às coletas de sangue ou incompatibilidade de coreografias a serem dançadas), mantendo-se, assim, 12 bailarinas até o final do estudo.

As meninas pertenciam a uma única escola de *ballet* da cidade de Porto Alegre. A opção de escolher bailarinas de uma única escola é devido ao fato de todas as meninas serem submetidas ao mesmo tipo de treinamento, isto é, com aulas e ensaios de progressão técnica e física padrão.

A tabela 1 mostra os dados gerais de caracterização da amostra, como idade, tempo de dança e carga horária semanal de prática de *ballet* clássico.

Tabela 1 – Dados gerais de caracterização da amostra

	Média ± desvio padrão
Idade (anos)	20,5 ± 3,2
Massa Corporal (Kg)	54,1 ± 5,6
Estatura (cm)	164,3 ± 6,4
Tempo <i>ballet</i> (anos)	14,3 ± 3,0
Carga-horária (h/sem)	13,8 ± 3,6

### 3.2.2.1 Critérios de Inclusão

Bailarinas:

- Praticantes de *ballet* clássico há pelo menos 5 anos ininterruptos;
- Que se encontrem no nível avançado do *ballet* clássico;
- Que pratiquem somente *ballet* clássico;
- Que possuam carga-horária mínima de 10 horas de aulas por semana (7); o que caracteriza o treinamento de bailarinas de elevado nível técnico.
- Isentas de histórico de lesões músculo-tendinosas ou ósteo-articulares graves há menos de 3 meses;
- Que conheçam e tenham experiência com o *ballet* de repertório *Paqueta*, utilizado na sessão de ensaio;
- Meninas pós-púberes e com ciclo menstrual regular entre 24 e 30 dias.

### 3.2.2.2 Critérios de Exclusão

- Bailarinas que por algum motivo não completassem o teste de esforço máximo ou que não fosse possível a determinação de seu LAn;

- Bailarinas que sofressem qualquer tipo de lesão ósteo-articular ou músculo-tendínea no período de desenvolvimento do projeto.

Obs: nenhuma bailarina foi excluída do estudo.

### 3.3 Variáveis

#### 3.3.1 Variáveis Independentes

- Tipo de Exercício - Aula e Ensaio de *ballet*
- Tempo
  - pré, imediatamente após (pós) e 48 horas após (48 h) à aula e o ensaio de *ballet*
  - pré, aos 15 minutos (15 min) e aos 30 minutos (30 min) da aula e do ensaio de *ballet*.

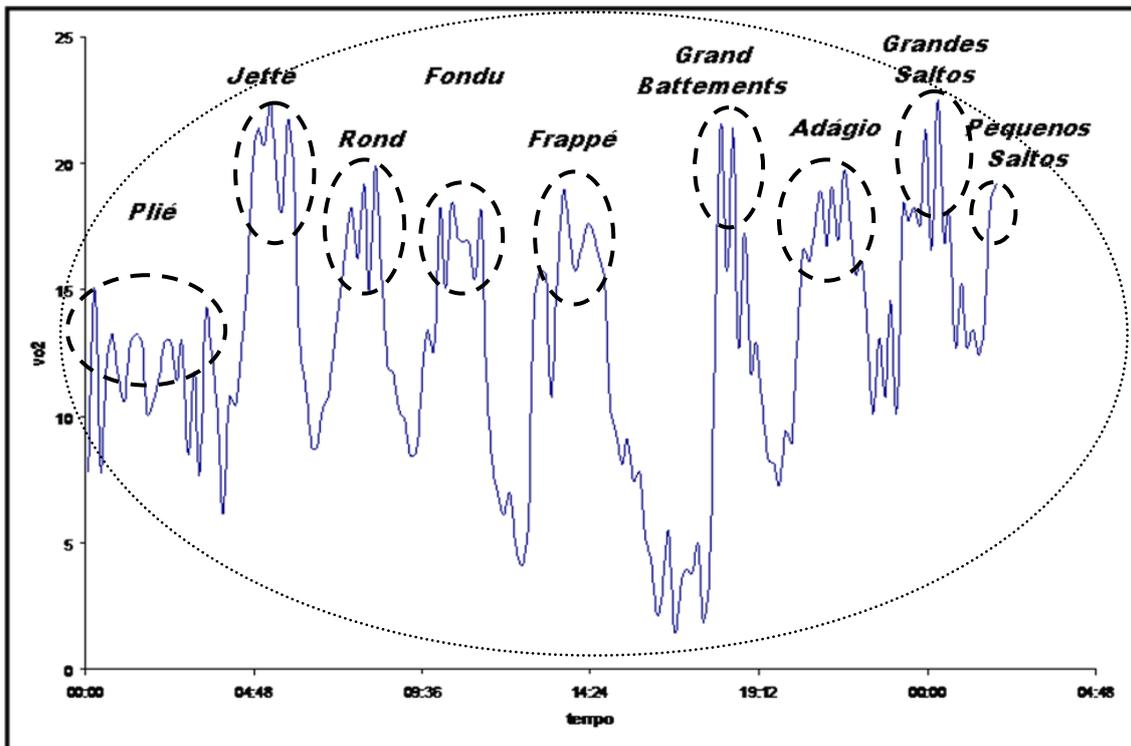
#### 3.3.2 Variáveis Dependentes

- Consumo de Oxigênio ( $VO_2$ ) analisado durante aula e o ensaio de *ballet* como um todo e nos seus períodos de pico. Isto é, a média do  $VO_2$  medido continuamente durante a aula e o ensaio, e a média dos picos do  $VO_2$  obtidos durante a aula e o ensaio. A figura 1 ilustra essa explicação.
  - $VO_2$  todo
  - $VO_2$  picos
- Frequência Cardíaca (FC) analisada durante aula e o ensaio de *ballet* como um todo e nos seus períodos de pico, assim como explicado para o  $VO_2$ .
  - FC todo
  - FC picos

- Lactato (La)
- Creatina quinase (CK)
- Lipoperóxidos (LP)
- Glutaciona oxidada (GSSG)
- Glutaciona reduzida (GSH)
- Relação entre Glutaciona oxidada e reduzida (GSSG/GSH)

Obs: Alguns estudos com *ballet* (188) têm analisado o  $VO_2$  e a FC relativos apenas aos períodos de pico das coreografias, a fim de saber a intensidade dos períodos mais intensos de exercício, uma vez que os períodos de recuperação presentes nas coreografias interfere nesses valores. Por essa razão, adotamos as duas formas de análise do ensaio e da aula, como um todo, para saber a demanda metabólica dos exercícios inseridos no contexto real, uma vez que os períodos de recuperação fazem parte do desempenho; e sob a forma de picos, para identificar a magnitude dos momentos de intensidade mais elevada.

Figura 1 – Representação gráfica do  $VO_2$  em cada exercício da aula de *ballet*. As linhas pontilhadas representam os dois tipos de análise do  $VO_2$  (todo ou picos). Isto é, a média do  $VO_2$  na aula como um todo (linha fina) e a média do  $VO_2$  nos picos de  $VO_2$  atingidos nos diferentes exercícios (linha espessa).



Legenda:

○ todo      ○ picos

### 3.3.3 Variáveis de Controle

- Escola de origem das bailarinas
  - Escola que possuía o curso tradicional de *ballet* de no mínimo 8 anos;
  - As bailarinas tem sido submetidas à mesma progressão de treinamento ao longo do curso.
- Características das bailarinas
  - Tempo de prática de *ballet* (mínimo 5 anos);
  - Carga-horária de aulas semanais (mínimo 10 horas);
  - Bailarinas que praticavam somente *ballet*.
- Tempo de intervalo de 1 semana entre as sessões de avaliação (teste  $VO_{2máx}$ , aula e ensaio de *ballet*), para evitar possíveis efeitos da fadiga muscular nas sessões seguintes, bem como influências nas respostas dos parâmetros de LM e EO;
- Orientações para que as bailarinas não praticassem qualquer tipo de exercício ou atividade física não-habitual 48 horas antes dos procedimentos de coletas de dados das aulas e ensaios, bem como entre as sessões de coleta de sangue (pós e 48 h) para evitar a realização de exercícios no período de pico de dor muscular tardia, bem como influências nas respostas dos parâmetros de LM e EO;
- Momentos de coleta de sangue (referentes aos picos de liberação e/ou produção dos parâmetros a serem avaliados);
- Orientações às bailarinas para manterem seus hábitos alimentares nas 24 horas antecedentes às sessões de exercício, apenas evitando a ingestão de alimentos com elevado teor lipídico (ex: chocolate, churrasco); estimulantes (ex: cafeína, chá, chimarrão, refrigerantes) e bebidas alcoólicas.

- Realização da aula e do ensaio em uma sala de dança, ambiente similar ao da realidade de treinamento das bailarinas, com espaço e equipamentos adequados para a execução dos movimentos;
- Filmagem prévia da aula e do ensaio, a qual foi transmitida em tempo real para cada participante nos dias das coletas, reproduzindo-se o mais fidedignamente possível a intensidade, duração e intervalos dos exercícios avaliados. Dessa forma foi também possível a reprodução da mesma aula para todas as bailarinas.

#### **3.3.4 Variáveis de Caracterização da Amostra**

- Variáveis antropométricas
  - Idade;
  - Massa corporal;
  - Estatura;
  - Percentual de gordura corporal (%GC).
- Variáveis cardiorrespiratórias
  - $VO_{2máx}$ ;
  - $FC_{máx}$ ;
  - $La$  máximo;
  - $VO_2$ ,  $FC$  e  $La$  em LV1 e LV2;
- Nível Técnico
  - Tempo de prática de *ballet* (anos);
  - Carga-horária semanal de aulas e/ou ensaios.

### **3.4 Instrumentos de Coleta de Dados**

#### **3.4.1 Balança e Estadiômetro**

Foi utilizada uma balança de alavanca da marca Urano, modelo OS 180 A, com resolução de 100g para pesar e medir cada bailarina antes da coleta de dados relativa às sessões de avaliação da composição corporal e de realização do teste de  $VO_{2\text{máx}}$ . A estatura foi verificada por um estadiômetro inserido na balança com resolução de 5 mm.

#### **3.4.2 Adipômetro**

Para medir as dobras cutâneas das bailarinas, necessárias à obtenção do percentual de gordura corporal, foi utilizado um adipômetro da marca *Lange*, com resolução de 1 mm e pressão constante de 10 g/mm<sup>2</sup>.

#### **3.4.3 Esteira ergométrica**

O teste de  $VO_{2\text{máx}}$  foi realizado em uma esteira ergométrica da marca *Imbramed*.

#### **3.4.4 Analisador de gases portátil**

Para verificação do  $VO_2$ , tanto no teste máximo quanto nas sessões de dança, foi utilizado o analisador de gases portátil tipo caixa de mistura, modelo *MedGraphics VO2000*, e software *Aerograph* para análise dos dados. O equipamento foi acoplado a um pneumotacógrafo, com variação de 2 a 225 l.min<sup>-1</sup> para fluxos baixo, médio e alto. A taxa de amostragem dos valores coletados é de 10 s. O sistema era ligado 30 minutos antes dos procedimentos de coleta de dados e foram realizadas duas auto-calibrações antes de cada sessão. Em seguida, os dados relativos ao sujeito a ser avaliado e ao ambiente eram computados: número de identificação, peso (kg), pressão atmosférica (mmHg), estatura (cm), idade (anos) e sexo. O indivíduo usava uma máscara de silicone, com ajustes para manter as narinas fechadas, e um adaptador para o pneumotacógrafo, a fim de evitar escapes

de ar. O pneumotacógrafo era ligado ao VO2000 por meio de conectores que faziam o transporte de gases.

#### **3.4.5 Freqüencímetro**

Foi utilizado um freqüencímetro da marca *Polar*, modelo *S610* para avaliação da freqüência cardíaca durante as sessões de teste.

#### **3.4.6 Lactímetro**

Para medir as concentrações de La sangüíneo foi utilizado um lactímetro da marca *Accusport*, o qual possui como princípio de medição a reação enzimática com leitura por fotometria de refletância. Este aparelho utiliza como amostra uma gota de sangue, cujo volume varia entre 15 e 50 µl, tendo sido essa amostra coletada da ponta do dedo da bailarina. A gota de sangue era colocada sobre uma fita de análise da marca *Roche*. Uma vez inserida a fita no lactímetro a concentração de lactato sangüíneo medida era visualizada na tela do equipamento após 60 segundos.

#### **3.4.7 Centrífuga refrigerada**

Uma centrífuga de mesa refrigerada modelo PK 120-R, marca *ALC International SRL*, Milão, Itália, foi utilizada para separar o plasma e elementos figurados, preparando os mesmos para posterior armazenamento.

#### **3.4.8 Espectofotômetros**

O espectofotômetro *UV-Visible Spectrophotometer – Cary 1E*, foi utilizado para todas as mensurações das concentrações de proteína total de todas as amostras de sangue. A leitora de microplacas (*Benchmark / Bio – RAD*) foi utilizada para as mensurações do estado redox e LPO (XL).

#### **3.4.9 Ultra-freezer**

Para acondicionar as amostras até o momento das análises foi utilizado um ultra-freezer *Nuair* mantido em temperatura de - 80°C.

#### **3.4.10 Breu**

Foi fornecido breu livremente às bailarinas, para evitar escorregões com as sapatilhas de pontas.

#### **3.4.11 Sala de Rítmica**

Foi utilizada a sala de rítmica dança da ESEF para as sessões de coleta respectivas à aula e ao ensaio de *ballet*. Nesta sala, de piso não ideal, mas adequado para a prática de dança, havia disponível uma barra (para execução dos exercícios da aula); uma televisão, para reprodução das filmagens da aula e do ensaio; colchonetes (para aquecimento) e um espaço mais reservado montado para as coletas de sangue pré e pós-aula e ensaio de *ballet*.

#### **3.4.12 Filmadora e Computador**

Câmera filmadora para filmagem prévia da aula e do ensaio de *ballet*, e computador portátil para conexão do analisador de gases foram fornecidos pela autora do trabalho.

#### **3.4.13 Ficha de Coleta de Dados**

Cada bailarina possuía uma ficha para registro dos dados de cada sessão de teste. Dentre os dados a serem preenchidos estavam as variáveis coletadas em repouso, durante a sessão de exercício e após a mesma. Os anexos 9.5.1 e 9.5.3 exemplificam estes procedimentos.

#### **3.4.14 Material de coleta de sangue**

Seringas, agulhas, algodão, tubos de armazenamento, garrote e os demais materiais para as coletas de sangue foram obtidos no Laboratório de Bioquímica - LAPEX – ESEF/UFRGS. As coletas de sangue foram realizadas por um profissional da saúde devidamente capacitado e certificado para tal.

### **3.5 Etapas do estudo e desenho experimental**

#### **3.5.1 Descrição**

Cada bailarina foi convidada a participar de oito semanas de envolvimento com o presente projeto. Inicialmente, em uma pré-sessão, realizada na escola de *ballet*, as meninas assistiram a uma apresentação do projeto, realizada pela pós-graduanda responsável; preencheram uma ficha de dados gerais, com questões pertinentes à caracterização da amostra (anexo 9.2) e uma anamnese (anexo 9.3). Também neste dia foi explicado o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) para as bailarinas, o qual era impresso em duas vias, uma para o pesquisador responsável e outra para as bailarinas. O TCLE foi entregue assinado para a pesquisadora no primeiro dia de visita ao Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX). As bailarinas compareceram ao LAPEX em cinco dias distintos para as coletas de dados. O quadro 1 esquematiza as sessões, com suas respectivas atividades e duração estimadas.

Quadro 1 – Esquema do desenho experimental do estudo. A primeira linha refere-se às semanas de envolvimento das bailarinas no projeto; a segunda linha à identificação das sessões a serem realizadas ou dos intervalos; a terceira linha refere-se ao local em que as atividades serão realizadas; a quarta linha às atividades propriamente ditas e a quinta linha à duração estimada de cada sessão ou intervalo.

Semana	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Sessão	Pré-Sessão	Sessão 1	Intervalo	Sessão 2	Sessão 3	Intervalo	Sessão 6	Sessão 7
Local	ESCOLA DE <i>BALLET</i>	ESEF - LAPEX		ESEF - RÍTMICA	ESEF - LAPEX		ESEF - RÍTMICA	ESEF - LAPEX
<b>A</b> <b>t</b> <b>i</b> <b>v</b> <b>i</b> <b>d</b> <b>a</b> <b>d</b> <b>e</b>	*Apresentação projeto  *Ficha dados gerais  *Anamnese  *TCLE	*Entrega TCLE  *Composição Corporal  *Lactato pré-teste  *Teste $VO_{2max}$  $VO_2$ e FC  *La pós-teste	*Filmagem da aula  * Filmagem do ensaio	*Coleta sangue repouso  *Aula de ballet  $VO_2$ , FC e La  *La pós-exercício  *Coleta sangue imediatamente após a aula	*Coleta sangue  48 h  após o ensaio	*Descanso entre as coletas	*Coleta sangue repouso  *Ensaio de <i>ballet</i>  $VO_2$ , FC e La  *La pós-exercício  *Coleta sangue imediatamente após a aula	*Coleta sangue  48 h  após o ensaio
<b>Duração</b>	1 hora	1 hora	1 semana	1h 30min	2 horas	1 semana	1h 30min	30 min

A primeira sessão foi destinada ao conferimento do TCLE, à avaliação da composição corporal através do método das dobras cutâneas e à realização do teste de  $VO_{2máx}$  em esteira. Os protocolos utilizados para o teste de  $VO_{2máx}$  e avaliação do La sanguíneo estão descritos nos itens 3.6.3 e 3.6.4.1 respectivamente. O freqüencímetro era colocado na bailarina, uma gota de sangue era coletada para verificação do lactato e, por fim, ela era acoplada ao equipamento portátil para coleta de gases (VO2000).

Na segunda sessão, após a coleta de sangue e a medida da concentração sanguíneas de La em repouso, seguia-se para realização da aula de *ballet*, previamente filmada na escola e então transmitida no momento da coleta. As bailarinas seguiam o vídeo da mesma aula e do mesmo ensaio previamente filmados. Após, a bailarina vestia o freqüencímetro, era acoplada ao VO2000 e seguia para a realização da aula de *ballet*. Imediatamente ao final da aula, era realizada a primeira coleta de sangue pós-exercício e as medidas de La.

A terceira sessão era destinada para a coleta de sangue relativa às respostas em 48h após a aula de *ballet*.

A quarta sessão era similar à segunda, sendo realizado o ensaio de *ballet* ao invés da aula, com sequências coreográficas relativas às situações de palco. As bailarinas seguiam o vídeo do ensaio de *ballet* previamente filmado.  $VO_2$  e FC foram mensurados continuamente durante o ensaio, bem como as respostas de La sanguíneo e a realização das coletas de sangue em repouso e pós-exercício.

A quinta sessão era idêntica à terceira, para coleta de sangue relativa às respostas em 48h após o ensaio.

Foi avaliada uma bailarina por vez, com a presença dos pesquisadores responsáveis, pesquisadores participantes e do coletador de sangue.

### **3.5.2 Aprovação pelo Comitê de Ética**

Todos os indivíduos foram informados dos riscos presentes na participação do estudo, assim como foram esclarecidos os objetivos e finalidades da pesquisa. Os mesmos participantes leram e assinaram duas vias do Termo de Consentimento Livre e esclarecido (TCLE) que se encontra no anexo 9.1.

Este estudo foi submetido para avaliação no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob número 2008056, após aprovação no exame de qualificação para mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

### **3.5.3 Estudo Piloto**

Consistiu de um esboço prático do desenho experimental sugerido, a fim de avaliar se os procedimentos e sessões de exercícios seriam factíveis, bem como detectar possíveis dificuldades relativas ao andamento das coletas de dados.

Uma bailarina voluntária participou do estudo piloto. Em dias distintos foram realizados o teste de  $VO_{2máx}$ , a aula e o ensaio de *ballet*, como descrito nos itens 3.6.3, 3.6.5 e 3.6.6 respectivamente. As respostas do  $VO_2$  e da FC foram acompanhadas durante as sessões do estudo piloto.

## **3.6 Protocolos de Testes**

Os protocolos de testes foram realizados na ESEF/UFRGS, ou na sala de rítmica, ou no LAPEX.

### **3.6.1 Estatura e Massa corporal**

Para a medição da estatura, a bailarina foi orientada a permanecer em pé sobre a balança onde o estadiômetro está inserido, com os calcanhares unidos, os joelhos estendidos, a postura ereta e a cabeça orientada no plano de *Frankfurt*. Foi solicitado que a avaliada realize uma inspiração e então o cursor do estadiômetro foi deslocado até atingir o vértex do crânio, registrando-se o valor atingido.

Para a medição da massa corporal a avaliada foi orientada a permanecer em pé, no centro da balança, o mais imóvel possível. O avaliador aguardou até a estabilização da medida da massa corporal pelo visor digital, sendo então registrado o valor atingido.

### 3.6.2 Percentual de Gordura Corporal

Para a medição das dobras cutâneas a bailarina foi orientada a permanecer em pé, com a musculatura o mais relaxada possível. Foram mensuradas quatro dobras cutâneas: tríceps, supra-ilíaca, abdominal e coxa. Para todas as dobras cutâneas mensuradas foram tomadas três medidas, computando-se a mediana ou a moda das mesmas.

As três medidas foram feitas de forma seqüencial, ou seja, a primeira medida da dobra cutânea do tríceps, a primeira da supra-ilíaca, a primeira de abdômen e a primeira da coxa. Em seguida, a segunda medida de cada uma das quatro dobras e por fim a terceira e última medida de cada uma das dobras. Dessa forma, tentou-se minimizar pelo menos dois fatores que podem afetar a medição das dobras cutâneas: a acomodação do tecido adiposo após cada medição e a influência que uma medida prévia pode ocasionar no registro do valor da medida subsequente feita pelo avaliador. As medidas foram tomadas dois segundos após o pinçamento da dobra cutânea, no qual o avaliador procurou reunir a maior quantidade de tecido adiposo possível sem incluir tecido muscular.

A localização das dobras cutâneas seguiu as recomendações propostas por Heyward e Stolarczyk (190). O cálculo do percentual de gordura foi baseado na equação proposta por Jackson e Pollock (1979), sugerido para a população de mulheres em geral. Como ainda não há consenso para classificação de bailarinos como atletas, escolhemos uma equação que contempla a avaliação de mulheres fisicamente ativas, incluindo medidas de dobras de pontos importantes para a estética e desempenho das bailarinas, como supra-ilíaca, abdômen e coxa (extremamente trabalhada no *ballet*). A medida da dobra do tríceps e a idade, incluídas nessa fórmula, também são variáveis importantes de avaliação.

### 3.6.3 Teste de Potência Aeróbia Máxima ( $VO_{2máx}$ )

O teste de  $VO_{2máx}$  foi realizado em esteira rolante, sob protocolo de cargas progressivas, com velocidade inicial de 5 km/h, mantida por 2 minutos para fins de aquecimento. Após o aquecimento, aumentos de 0,5 km/h foram adicionados a cada 1 minuto, sem inclinação da esteira, até a exaustão da bailarina. Após a bailarina atingir os critérios de identificação do  $VO_{2máx}$  (descritos a seguir), a velocidade da esteira era reduzida para 5 km/h, sendo diminuída gradualmente até cessar-se o andamento da esteira.

O  $VO_2$  foi continuamente mensurado pelo analisador de gases *VO2000* (com taxa de amostragem de 10 s). Os critérios de determinação do  $VO_{2máx}$  incluíram: (1) a verificação de uma tendência a um platô do  $VO_2$ , apesar de aumentos na carga de trabalho, ou um aumento no  $VO_2 < 1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  em comparação a aumentos produzidos por cargas prévias (54); (2) um aumento não linear da RER  $\geq 1,15$  (191); (3)  $FC_{máx}$  predita para a idade; (4) sinais subjetivos de exaustão.

A partir dos dados obtidos no teste de  $VO_{2máx}$  também foram identificados os limiares ventilatórios.

#### 3.6.3.1 Limiares Ventilatórios (LV)

Os LV correspondem ao comportamento da curva de ventilação em função do  $VO_2$  durante o teste de  $VO_{2máx}$ . Os critérios para determinação de LV1 e LV2 são os seguintes (57, 63, 192):

LV1: - atribuído à primeira quebra da curva da ventilação durante o exercício;

- mínima carga em que  $VE/VO_2$  apresenta um aumento sistemático sem um aumento concomitante de  $VE/VCO_2$ .

LV2: - atribuído à segunda quebra da curva da ventilação durante o exercício;

- mínima carga em que  $VE/VO_2$  apresenta um aumento concomitante com  $VE/VCO_2$ .

- carga de trabalho em que a RER em função do tempo e do  $VO_2$  atinge um valor de 1 e não decai até o final do exercício;

### 3.6.4 Coletas de sangue

#### 3.6.4.1 Avaliação do lactato sangüíneo

As coletas de sangue para avaliação da concentração La foram realizadas em três sessões de testes (durante o teste de  $VO_{2máx}$ , durante a aula e o ensaio de *ballet*).

Em relação à sessão respectiva ao teste de  $VO_{2máx}$ , a concentração de La sanguíneo foi mensurada em repouso e 1 minuto após o término do teste.

Para a aula de *ballet*, a concentração de La foi verificada em repouso, 1 minuto após o período dos exercícios de barra (aos 15 minutos da aula), e 1 minuto após os exercícios de centro (aos 30 minutos da aula). Durante o ensaio, a concentração de La também foi verificada em repouso, 1 minuto após o final da primeira execução da coreografia completa (aos 15 minutos do ensaio) e 1 minuto após o final da segunda execução da coreografia Paqueta (aos 30 minutos do ensaio).

O procedimento de coleta consistiu na retirada de uma gota de sangue da ponta do dedo indicador da avaliada, que foi perfurado com uma lanceta descartável. Os valores coletados em cada momento foram anotados em uma ficha individual para posterior análise e relações com as concentrações de La verificadas no teste de  $VO_{2máx}$ .

#### 3.6.4.2 Avaliação dos parâmetros de lesão muscular e estresse oxidativo

Os momentos das coletas de sangue para avaliação da CK, da LPO e do estado redox foram os seguintes: em repouso; imediatamente após e em 48 horas após a aula e o ensaio de *ballet*. A avaliação imediatamente após o exercício tem por finalidade principal verificar os parâmetros relativos ao EO. A análise em 48 horas após as sessões de exercício justifica-se pelos picos de liberação da CK (71, 117) e pela possibilidade de estímulos excêntricos promoverem o pico de formação de ERO concomitantemente e/ou após o pico de dor muscular tardia (23, 171).

O sangue foi coletado na veia da região antecubital do antebraço do participante. A quantidade de sangue retirada de cada participante foi de 8ml, nos momentos citados acima. Ao longo do estudo foram realizadas 6 coletas de sangue.

Os 8 ml de sangue retirados foram divididos em duas alíquotas de 4ml. Uma das alíquotas foi transferida para um tubo não-heparinizado para separação do soro e subsequente avaliação da CK. A outra alíquota foi transferida para um tubo heparinizado e centrifugada a 3000g durante 10 minutos, para separação do plasma e dos eritrócitos e subsequente avaliação dos parâmetros de EO.

Todas as análises foram realizadas pelo mesmo avaliador.

### **3.6.5 Aula de *Ballet***

A aula de *ballet* foi dividida em duas grandes partes, exercícios de barra (executados com sapatilha de meia-ponta) e exercícios de centro (executados com sapatilha de pontas).

A aula de *ballet* teve duração de 30 minutos, iniciando com os exercícios de barra (15 minutos), seguidos dos exercícios de centro (15 minutos). Aquecimento prévio à aula não foi necessário, uma vez que os exercícios iniciais da parte de barra da aula de *ballet* contemplam esses objetivos. O intervalo entre os exercícios foi de 1 minuto e o período de transição entre barra e centro, onde a bailarina tinha de colocar a sapatilha de pontas foi de 5 minutos.

A aula consistiu de 5 exercícios de barra e 4 exercícios de centro (7). As seqüências de exercícios foram executadas para ambos os lados, direito e esquerdo, respectivamente. A tabela 2 mostra os exercícios selecionados, o tempo de duração de cada um, o andamento e o compasso das respectivas músicas. Os exercícios selecionados seguem a ordem típica de uma aula de *ballet*, de estrutura codificada universalmente.

O  $VO_2$  foi mensurado continuamente e a FC foi registrada a cada 15 segundos ao longo de toda aula. Foram analisadas as médias dos valores de  $VO_2$  e FC relativas aos exercícios de barra, de centro, da aula analisada como um todo e na forma de picos, como explicado anteriormente. A concentração de La também foi mesurada em repouso, após os exercícios de barra (15 minutos) e centro (30 minutos). As coletas de sangue foram realizadas em repouso, imediatamente após e 48 horas após o término da aula de *ballet*.

Tabela 2 – Exercícios de barra e centro da aula deballet; tempo de duração de cada seqüência, seus respectivos andamentos e compassos musicais.

Exercícios	Duração (min)	Andamento
<b>Barra</b>		
1 <i>pliés</i>	4:00	moderado
2 <i>battements jettés</i>	3:00	moderado
3 <i>rond de jamba</i>	3:00	adágio
4 <i>battements fondus</i>	1:15	moderado
5 <i>battements frappés</i>	2:10	moderado
<b>Centro</b>		
6 <i>grand battements</i>	3:10	moderado
7 <i>grand adágio</i>	2:00	adágio
8 grandes saltos ( <i>grand jettés, temps levés, sissones, assablés, entrelassés</i> )	00:30	<i>allegro</i>
9 pequenos saltos ( <i>entrechat six</i> )	00:40	<i>allegro</i>

### 3.6.6 Ensaio de *Ballet*

O ensaio de *ballet* incluiu três partes: aquecimento, familiarização e a coreografia propriamente dita.

O aquecimento teve duração de 10 minutos e consistiu de uma série de pliés e alongamentos estáticos padronizados. Após, a bailarina era conectada ao analisador de gases e a coreografia era reproduzida, sem ser dançada, apenas para familiarização com o espaço e os equipamentos. Em seguida, a bailarina dançava a coreografia *Paquita* uma vez inteira (denominada para fins metodológicos de *Paquita I*), com duração de 15 minutos; descansava por 5 minutos, período em que havia a coleta da gota de sangue para avaliação do lactato; e repetia a mesma coreografia (*Paquita II*). Cada bailarina dançava a sua parte da coreografia, em duplas, trios, quartetos ou o grande conjunto. Nessas partes, as seqüências coreográficas não eram exatamente iguais para todas as bailarinas, mas eram similares em duração, intensidade e amplitude de movimento. Tais seqüências coreográficas estão denominadas como *sprints* neste trabalho, por serem séries de movimentos de curta duração e alta intensidade. Além disso, todas as bailarinas dançavam o grande conjunto do *pas de deux*, de mais longa duração e intensidade mais baixa. Cabe ressaltar aqui que todas as bailarinas avaliadas faziam parte do corpo de baile do *ballet Paquita*, não tendo sido avaliada a parte de solo desta obra coreográfica. Detalhes sobre a dinâmica da coreografia *Paquita* estão descritos no Quadro 2.

O ensaio teve duração de 30 minutos. O intervalo entre as duas vezes que a bailarina repetia a coreografia foi de 5 minutos. A coreografia foi executada com o uso de sapatilhas de pontas, tal como ocorre nos espetáculos.

Sendo o conhecimento e a experiência com o *ballet Paquita* um critério de inclusão no estudo, não foram necessários ensaios prévios para aprendizagem das coreografias. As características do *ballet Paquita* estão no quadro 2. Mais informações estão no anexo 9.6.

Assim como para a aula de *ballet*, o  $VO_2$  foi mensurado continuamente e a FC foi registrada a cada 15 segundos ao longo de todo o ensaio, sendo analisadas as médias dos valores de  $VO_2$  e FC do ensaio como um todo e nos períodos de picos. A concentração de La foi mesurada em repouso, antes do aquecimento, após a Paquita I (15 minutos) e após a Paquita II (30 minutos). As coletas de sangue foram realizadas em repouso, imediatamente após e 48 horas após o término do ensaio de *ballet*.

Cabe ressaltar aqui que o *ballet Paquita* foi escolhido para este estudo por conveniência, uma vez que as bailarinas voluntárias estavam ensaiando este *ballet* no período da coleta de dados.

O quadro 2 mostra a composição da coreografia Paquita, em termos de duração das sequências coreográficas, a presença de movimentação ou não das bailarinas e os períodos de intervalo entre elas.

Quadro 2 – Análise da dinâmica da coreografia Paquita, por meio da duração das sequências coreográficas com ou sem movimentação das bailarinas e dos períodos de intervalo entre elas.

<b>Paquita</b>	<b>Média</b>
Tempo Total (min)	15:00
Tempo com movimentação (min)	7:15
Tempo sem movimentação (min)	8:30
Número <i>sprints</i>	7,9 (entre 7 e 9)
Tempo <i>sprints</i> (s)	23,6 (entre 10 e 50)
Intervalo <i>sprints</i> (s)	21 (entre 15 e 50)
<i>Pás de deux</i> (min)	4:00

### 3.7 Descrição das técnicas bioquímicas

As técnicas para as análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Celular da UFRGS, situado no Instituto de Ciências Básicas da Saúde (ICBS) desta universidade e no Laboratório Weinmann.

#### 3.7.1 Dosagem de creatina quinase muscular (CK)

A análise da CK foi realizada no laboratório Laboratório Weinmann pelo método de química seca.

#### 3.7.2 Determinação do conteúdo intracelular de GSH e GSSG e relação [GSSG/GSH]

Para a determinação dos conteúdos intracelulares de glutathiona (GSH) e dissulfeto de glutathiona (glutathiona oxidada, GSSG) em eritrócitos, as papas de hemácias serão diluídas em ácido metafosfórico 5% (m/v) (5ml de MPA para cada ml da amostra) para análise cinético-espectrofotométrica pelo método de reciclagem com o ácido 5,5'-ditiobis-[2-nitrobenzóico] (=DTNB) e GSSG redutase (GSRd) de Anderson (193).

#### 3.7.3 Xilenol Laranja

Para avaliar o índice de LPO foi utilizado o método que tem como princípio a oxidação de  $Fe^{+2}$  a  $Fe^{+3}$  na presença de hidroperóxidos lipídicos (lipoperóxidos) e formação de complexos de  $Fe^{3+}$  com xilenol laranja (*xylenol orange*, XO), que podem ser medidos espectrofotometricamente a 560nm, segundo a técnica descrita originalmente por Jiang et al. (194) e adaptada para plasma e soro por Arab & Steghens (195).

### 3.8 Tratamento Estatístico

O teste *Shapiro Wilk* foi aplicado para verificar a normalidade dos dados. Quando os dados não foram normais, uma transformação logarítmica ( $\text{Log}_{10}$ ) foi

realizada a fim de contemplar os pressupostos de normalidade. Todas as variáveis dependentes apresentaram distribuição normal, exceto CK, LPO e GSSG/GSH.

Os dados foram descritos em média e desvio padrão (DP). O índice de significância adotado foi  $p < 0,05$ .

Para avaliação das variáveis  $VO_2$  e FC na aula e no ensaio de *ballet*, sob dois tipos de análise (todo e pico), o teste *ANOVA Two-way* para medidas repetidas foi aplicado. Os efeitos principais foram denominados efeito tipo de *exercício* (aula ou ensaio) e efeito tipo de *análise* (todo ou picos).

O teste *ANOVA para medidas repetidas* foi utilizado para as comparações do  $VO_2$  e da FC (em valores absolutos e percentuais) entre a aula de *ballet* como um todo (aula todo), o período de barra da aula (aula barra), o período de centro (aula centro), o ensaio como um todo (ensaio todo), LV1 e LV2.

Para avaliação da variável La na aula e no ensaio de *ballet* *ANOVA Two-way* para medidas repetidas foi também aplicada. Os efeitos principais foram denominados efeito tipo de *exercício* (aula ou ensaio) e efeito tipo *tempo* (pré, 15 min, 30 min). O mesmo procedimento foi realizado para análise estatística das variáveis CK, LPO, GSSG, GSH, GSSG/GSH, sendo os efeitos principais nomeados efeito tipo de *exercício* (aula ou ensaio) e efeito tipo *tempo* (pré, pós, 48h).

O teste *post hoc Bonferroni* foi selecionado para identificar as diferenças decorrentes das análises de variância.

O teste de Correlação Linear Produto-Momento de *Pearson* foi aplicado para verificar as correlações entre as variáveis cardiorrespiratórias e os marcadores de dano celular.

Todas as análises foram realizadas no pacote estatístico SPSS 14.0 para Windows.

### **3.9 Limitações**

Uma limitação deste estudo referiu-se à avaliação do ensaio. O ensaio varia de acordo com a obra a ser dançada, podendo ter intensidades mais ou menos elevadas, bem como durações das coreografias e dos intervalos diferentes, variando também de acordo com o papel que cada bailarino exerce.

Outra limitação foi o controle do ciclo menstrual das bailarinas, pela dificuldade e variabilidade do mesmo inter e intra-indivíduos. Padronizar a fase do ciclo menstrual tornaria os critérios de inclusão no estudo ainda mais seletivos, podendo acarretar em uma perda amostral significativa, visto que as meninas deveriam assim, contemplar os critérios de ter um ciclo menstrual de 24-30 dias, não fazerem uso diário de contraceptivos orais, além de que as coletas teriam de ser realizadas na fase lútea do ciclo de cada uma (94). Isso tornaria o calendário para as coletas extremamente restrito e complicado, já que o intervalo entre as sessões de exercício era importante. Desse modo, escolheu-se colocar na ficha de coleta de dados respectiva a cada sessão de exercício um tópico referente à fase do ciclo menstrual em que a menina se encontrava nos dias de avaliação, pois isso poderia ser base para a discussão de possíveis dados conflitantes, o que felizmente não ocorreu.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Caracterização da amostra

#### 4.1.1 Composição Corporal

A tabela 3 mostra os dados referentes à composição corporal das bailarinas. Estão descritas as variáveis idade, massa corporal e estatura; as dobras cutâneas utilizada para o cálculo do percentual de gordura corporal (tríceps, supra-ílica e coxa); e os perímetros da cintura, quadril, coxa e panturrilha.

Tabela 3 – Composição Corporal das bailarinas: média e desvio padrão das variáveis idade, massa e estatura; das dobras cutâneas utilizadas para o cálculo do percentual de gordura corporal (%GC); e de alguns perímetros corporais.

Variáveis	Média ± DP
Idade (anos)	20,5 ± 3,2
Massa (Kg)	54,1 ± 5,6
Estatura (cm)	164,3 ± 6,4
Tríceps (mm)	17,2 ± 4,8
Supra-ílica (mm)	20,6 ± 3,7
Coxa (mm)	21 ± 2,4
Massa magra (Kg)	43,6 ± 4,9
Massa gorda (Kg)	9,9 ± 2,1
% GC (Jackson e Pollock, 1979)	18,4 ± 2,6
Somatório Dobras (mm) (bíceps, tríceps, s.ílica, subescapular)	56,8 ± 8,9
Cintura (cm)	61,2 ± 2,1
Quadril (cm)	90,9 ± 4,8
Coxa (cm)	48,8 ± 3,1
Panturrilha (cm)	31,5 ± 1,5

#### 4.1.2 Teste de Consumo Máximo de Oxigênio ( $VO_{2m\acute{a}x}$ )

A tabela 4 mostra os dados obtidos a partir do teste de  $VO_{2m\acute{a}x}$  das bailarinas. As variáveis estão descritas em relação aos valores máximos (MÁX) e aos valores do primeiro e segundo limiares ventilatórios (LV1 e LV2, respectivamente). Consumo de oxigênio e frequência cardíaca estão expressos na forma absoluta ( $VO_2$  –  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  / FC – bpm) e em percentuais do máximo ( $VO_2$  -  $\%VO_{2m\acute{a}x}$  / FC -  $\%FC_{m\acute{a}x}$ ). Ventilação ( $l.min^{-1}$ ) e velocidade de corrida (Km/h) também estão descritos nesta tabela.

A tabela 5 refere-se aos valores das concentrações de lactato sanguíneo obtidas antes do início do teste de  $VO_{2m\acute{a}x}$  e 1 minuto após o término do mesmo.

Tabela 4 – Dados referentes ao teste de consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ). As variáveis consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), frequência cardíaca (FC), ventilação (VE) e velocidade de corridas (VELOC) estão expressas em média e desvio padrão em relação ao esforço máximo (MÁX), ao primeiro e segundo limiares ventilatórios (LV1 e LV2).

	<b>MÁX</b>	<b>LV1</b>	<b>LV2</b>
<b><math>VO_2</math> (<math>ml.kg^{-1}.min^{-1}</math>)</b>	37,3 ± 4,7	24,9 ± 2,7	31,9 ± 3,8
<b>% <math>VO_{2m\acute{a}x}</math></b>	-	66,9 ± 4,5	85,5 ± 3,2
<b>FC (bpm)</b>	195,7 ± 2,4	161,8 ± 14,9	183,1 ± 9,9
<b>% <math>FC_{m\acute{a}x}</math></b>	-	82,7 ± 7,6	93,5 ± 4,5
<b>VE (<math>l.min^{-1}</math>)</b>	61,4 ± 8,2	30,0 ± 3,8	46,5 ± 6,8
<b>VELOC (km/h)</b>	12,1 ± 0,7	8,1 ± 0,8	10,2 ± 0,8

Tabela 5 – Concentrações sanguíneas de lactato pré e 1 minuto pós o teste de consumo máximo de oxigênio.

	<b>Pré</b>	<b>Pós</b>
<b>Lactato (<math>mmol.l^{-1}</math>)</b>	2,2 ± 0,8	8,1 ± 2,3

## 4.2 Variáveis Cardiorrespiratórias

### 4.2.1 Aula e Ensaio

#### 4.2.1.1 Consumo de Oxigênio

Os valores de  $VO_2$  ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ) mensurados durante o ensaio de *ballet* (todo =  $19,1 \pm 1,7$  / picos =  $24,4 \pm 2,0$ ) foram significativamente maiores do que aqueles mensurados durante a aula de *ballet* (todo =  $14,5 \pm 2,1$  / picos =  $19,8 \pm 2,5$ ). A análise estatística demonstrou que essa diferença foi válida para ambos os efeitos principais, tipo de *exercício* ( $p < 0,001$ ) e tipo de *análise* ( $p < 0,001$ ). O efeito interação *exercício\*análise* ( $p = 0,934$ ), demonstrou, por sua vez, que o comportamento do  $VO_2$  é o mesmo para os dois tipos de exercício (aula e ensaio) e para ambos os tipos de análise (todo e picos). Em outras palavras, isso mostra que ambos os efeitos principais são válidos para ambas as análises.

As mesmas diferenças foram encontradas quando o  $VO_2$  foi analisado em  $\%VO_{2m\acute{a}x}$ , tendo os efeitos principais *exercício* e *análise*  $p < 0,001$  e o efeito interação *exercício\*análise*  $p = 0,826$ . Os valores do ensaio foram (todo =  $51,9 \pm 7,3$  / picos =  $66,2 \pm 8,8$ ) e da aula (todo =  $38,8 \pm 5,9$  / picos =  $53,4 \pm 7,7$ ). Os dados de  $VO_2$  durante a aula e o ensaio de *ballet* são mostrados nas figuras 2 e 3.

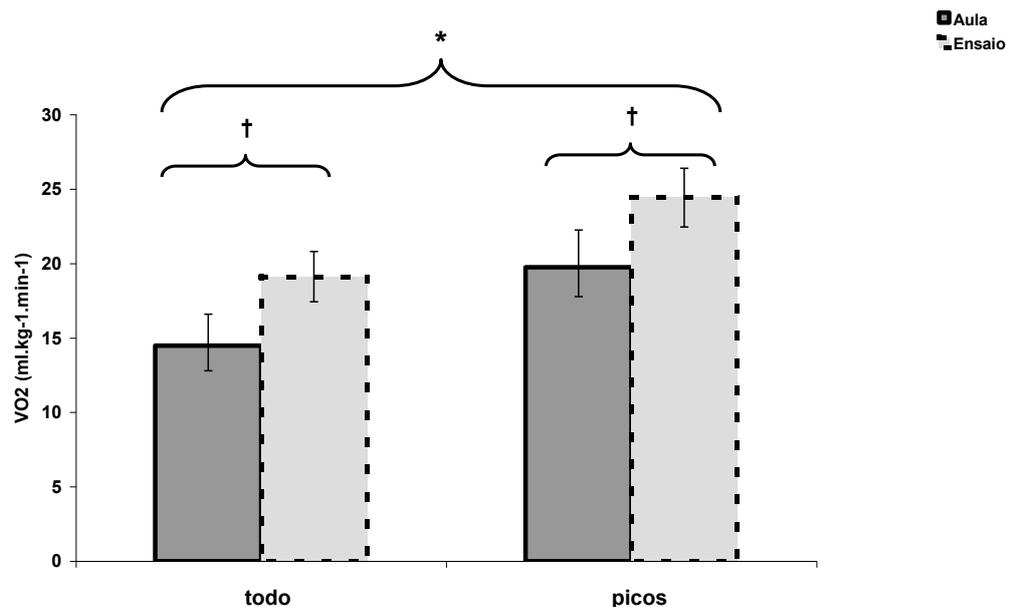


Figura 2 – Consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) durante a aula e o ensaio de *ballet*. † indica diferenças estatisticamente significativas para o tipo de exercício, aula ou ensaio ( $p < 0,001$ ). \* indica diferenças estatisticamente significativas para o tipo de análise, todo ou picos ( $p < 0,001$ ).

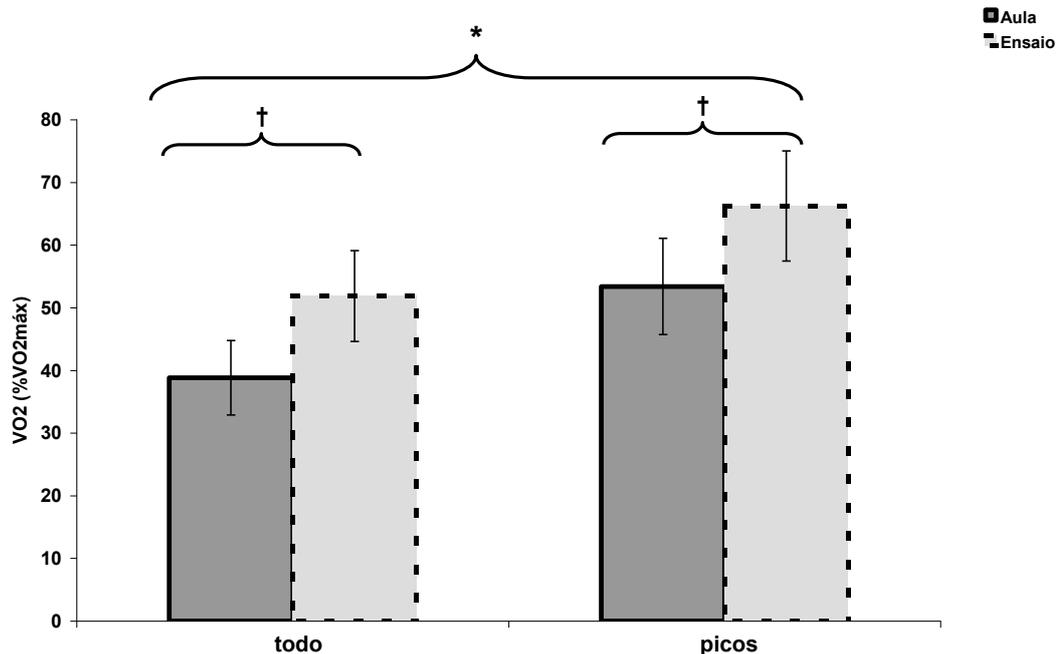


Figura 3 – Consumo de oxigênio (%VO<sub>2</sub>máx) durante a aula e o ensaio de *ballet*. † indica diferenças estatisticamente significativas para o tipo de exercício, aula ou ensaio (p<0,001). \* indica diferenças estatisticamente significativas para o tipo de análise, todo ou picos (p<0,001).

#### 4.2.1.2 Frequência Cardíaca

A análise estatística da FC mostra valores significativamente maiores para o ensaio (todo =  $174,5 \pm 13,8$  / picos =  $186,2 \pm 11,6$ ) do que para a aula de *ballet* (todo =  $145,7 \pm 17,9$  / picos =  $160,7 \pm 18,8$ ) tanto em relação ao efeito principal tipo *exercício* (p<0,001) quanto em relação ao efeito principal tipo de *análise* (p<0,001). O efeito interação *exercício\*análise* (p=0,204), demonstrou, similarmente ao encontrado para o VO<sub>2</sub>, que o comportamento da FC é o mesmo para os dois tipos de exercício (aula e ensaio) e para ambos os tipos de análise (todo e picos).

As mesmas diferenças foram encontradas quando a FC foi analisada em %FC<sub>máx</sub>, tendo os efeitos principais *exercício* e *análise* p<0,001 e o efeito interação *exercício\*análise* p=0,211. Os valores do ensaio foram (todo =  $89,2 \pm 6,9$  / picos =  $95,1 \pm 5,6$ ) e da aula (todo =  $74,5 \pm 9,0$  / picos =  $82,1 \pm 9,6$ ). Os dados de FC (bpm) durante a aula e o ensaio de *ballet* são mostrados nas figuras 4 e 5.

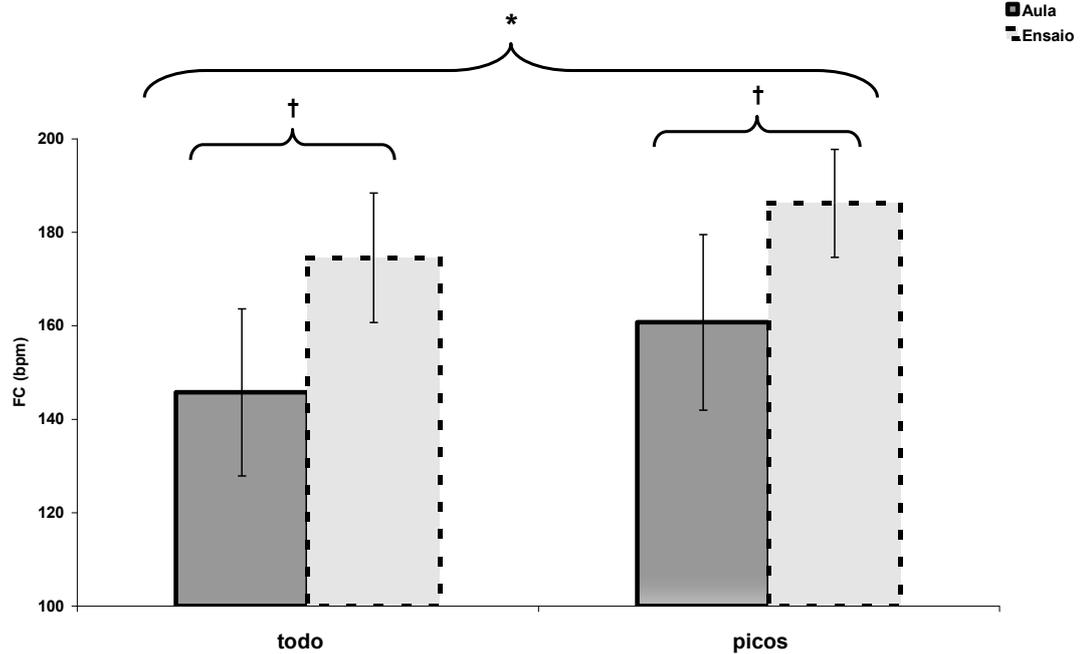


Figura 4 – Frequência Cardíaca (FC) durante a aula e o ensaio deballet. † indica diferenças estatisticamente significativas para o tipo de exercício, aula ou ensaio ( $p < 0,001$ ). \* indica diferenças estatisticamente significativas para o tipo de análise, todo ou picos ( $p < 0,001$ ).

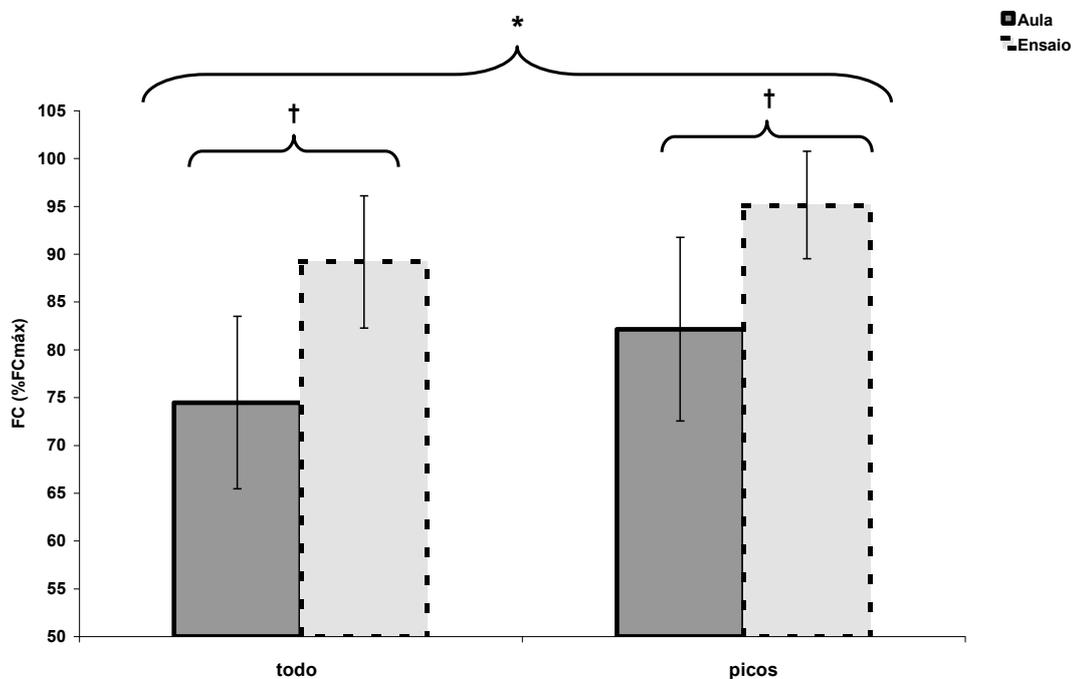


Figura 5 – Frequência Cardíaca (%FC<sub>máx</sub>) durante a aula e o ensaio deballet. † indica diferenças estatisticamente significativas para o tipo de exercício, aula ou ensaio ( $p < 0,001$ ). \* indica diferenças estatisticamente significativas para o tipo de análise, todo ou picos ( $p < 0,001$ ).

#### 4.2.1.3 Lactato

Os valores das concentrações de La sanguíneo na aula e no ensaio de *ballet* apresentaram os seguintes resultados: Aula (La pré =  $1,9 \pm 0,3$  / La 15min =  $3,4 \pm 1,0$  / La 30min =  $4,2 \pm 1,1$ ). Ensaio (La pré =  $2,4 \pm 0,8$  / La 15min =  $5,9 \pm 3,3$  / La 30min =  $5,5 \pm 2,7$ ). Houve diferenças significativas para o efeito tipo de *exercício* ( $p=0,049$ ) e para o efeito *tempo* ( $p=0,002$ ). Para o efeito tempo, ambos os momentos, 15min e 30min da aula e do ensaio foram significativamente maiores que seus respectivos valores pré. Entre os momentos 15 e 30min da aula e do ensaio não houve diferenças significativas. O efeito de interação *exercício\*tempo* não foi significativo ( $p=0,057$ ). Esses dados estão representados na figura 6.

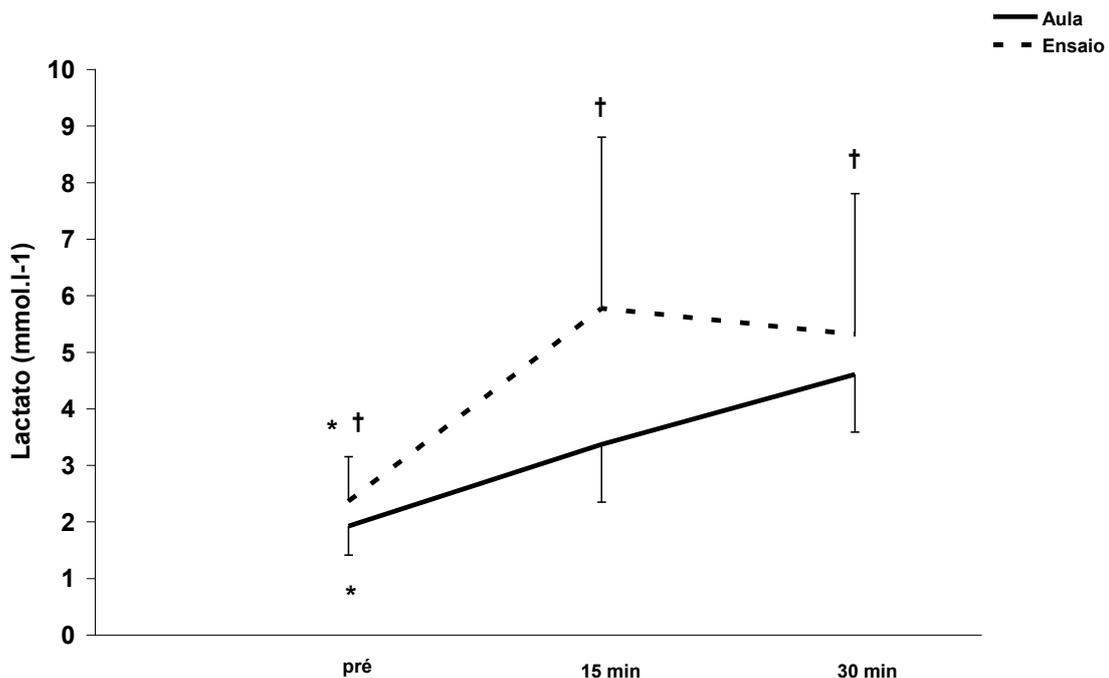


Figura 6 – Concentrações de lactato sanguíneo durante a aula e o ensaio deballet. † indica diferenças estatisticamente significativas para o tipo de exercício, aula ou ensaio ( $p=0,049$ ). \* indica diferenças estatisticamente significativas para o efeito tempo ( $p=0,002$ ).

#### 4.2.2 Aula, Ensaio e Teste VO<sub>2</sub>máx

A aula e o ensaio de *ballet* foram localizadas em relação às suas intensidades de acordo com o desempenho das bailarinas perante os limiares ventilatórios (LV1 e LV2) obtidos no teste de VO<sub>2</sub>máx. A aula de *ballet* foi analisada sob três diferentes formas: aula como um *todo* (30 minutos); o período de exercícios de *barra* (avaliado como um todo, não apenas os picos, duração de 15 minutos); e o período de exercícios de *centro* (também avaliado como um todo, duração de 15 minutos 15 minutos). O ensaio foi analisado como um *todo* (30 min). A tabela 6 mostra os valores respectivos a cada tipo de exercício analisado. As diferenças estatísticas estão representadas nos gráficos correspondentes a cada variável analisada, ilustrados nas páginas seguintes.

Tabela 6 – Valores de consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) e frequência cardíaca (FC) relativos ao teste de consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>máx), à aula e ao ensaio de ballet.

	VO <sub>2</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	% VO <sub>2</sub> máx	FC (bpm)	%FCmáx
<b>MÁX</b>	37,3 ± 4,7		195,7 ± 2,4	
<b>LV1</b>	24,9 ± 2,7	66,9 ± 4,5	161,8 ± 14,9	82,7 ± 7,6
<b>LV2</b>	31,9 ± 3,8	85,5 ± 3,2	183,1 ± 9,9	93,5 ± 4,5
<b>ENSAIO</b>				
* méd todo	19,1 ± 1,7	51,9 ± 7,3	174,5 ± 13,8	89,2 ± 6,9
* méd picos	24,4 ± 2,0	66,2 ± 8,8	186,2 ± 11,6	95,1 ± 5,6
<b>AULA</b>				
* méd todo	14,5 ± 2,1	38,8 ± 5,9	145,7 ± 17,9	74,5 ± 9,0
* méd picos	19,8 ± 2,5	53,4 ± 7,7	160,7 ± 18,8	82,1 ± 9,6
<b>AULA BARRA</b>	14,4 ± 2,0	39,0 ± 6,2	140,9 ± 20	72,0 ± 10,1
<b>AULA CENTRO</b>	16,7 ± 2,5	44,8 ± 5,7	152,0 ± 17,3	77,7 ± 8,8

##### 4.2.2.1 Consumo de Oxigênio

O teste ANOVA *para medidas repetidas* mostrou diferenças significativas ( $p < 0,001$ ) no VO<sub>2</sub> (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) nas seis diferentes situações avaliadas. A seguinte ordem crescente foi verificada: barra, aula todo, centro, ensaio todo, LV1 e LV2. Análise *post hoc* de *Bonferroni* mostrou que barra e aula todo foram iguais entre si; centro e

ensaio todo foram iguais entre si e diferentes da barra e aula todo; LV1 e LV2 foram diferentes entre si e de todos os outros itens. Para  $VO_2$  ( $\%VO_{2m\acute{a}x}$ ) as diferenças também foram significativas para  $p < 0,001$ . A ordem das situações foi diferente apenas para os dois primeiros itens, aula todo foi anterior a aula barra, mas ambos não foram diferentes entre si e mantiveram-se os mais baixos valores da sequência. As figuras 7 e 8 apresentam esses resultados.

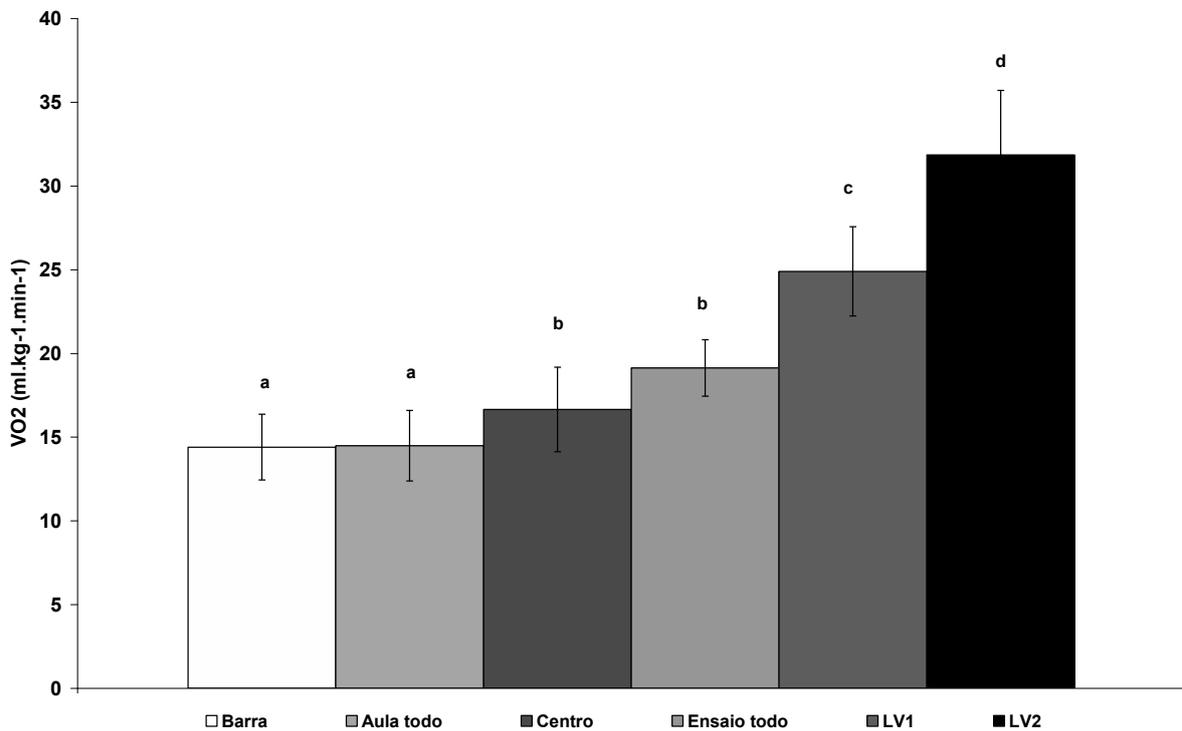


Figura 7 – Resposta do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) comparando-se a aula deballet sob três diferentes formas (barra, todo e centro); o ensaio deballet como um todo e os limiares ventilatórios das bailarinas. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,001$ ).

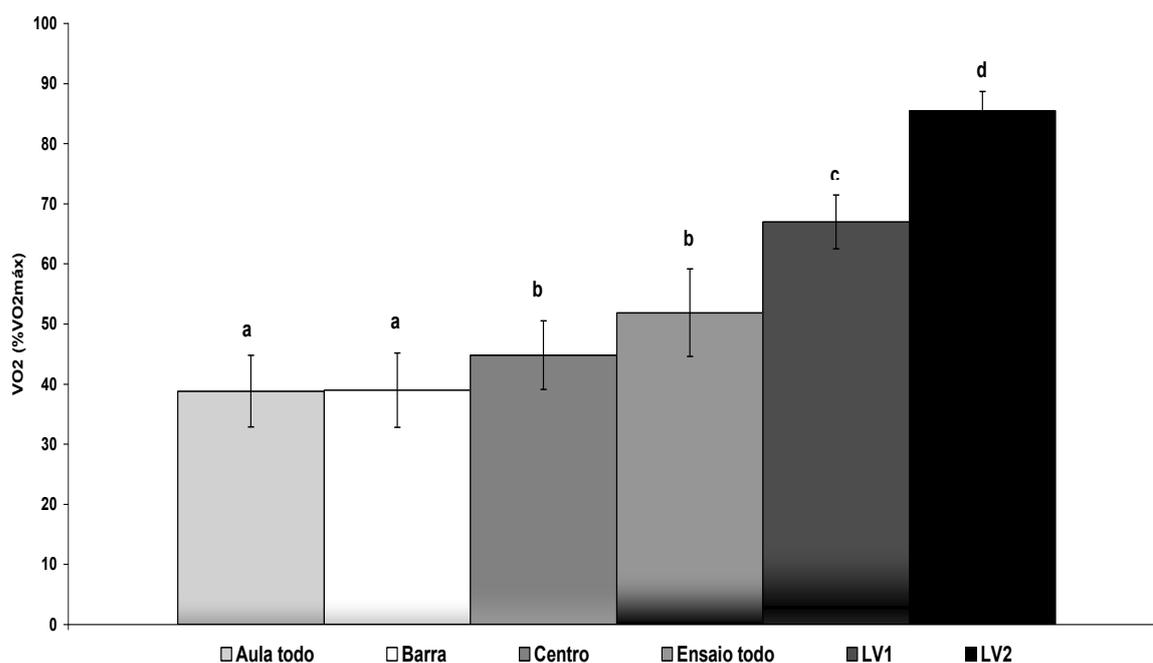


Figura 8 – Resposta do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) comparando-se a aula deballet sob três diferentes formas (barra, todo e centro); o ensaio deballet como um todo e os limiares ventilatórios das bailarinas. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,001$ ).

#### 4.2.2.2 Frequência Cardíaca

O teste *ANOVA para medidas repetidas* mostrou diferenças significativas entre as situações avaliadas ( $p < 0,001$ ). A seguinte ordem crescente de FC (bpm): barra, aula todo, centro, LV1, ensaio todo e LV2. Barra e aula todo foram iguais entre si; todo e centro também não possuem diferenças entre si; LV1 mostrou diferenças em relação à barra, mas não apresentou diferenças em relação ao todo, ao centro e ao ensaio todo; o ensaio todo foi igual ao LV1 e ao LV2; o LV2 foi igual ao ensaio e diferente de todos os demais.

Os valores relativos ao percentual da  $FC_{máx}$  apresentaram diferenças significativas entre as situações avaliadas ( $p < 0,001$ ). Exatamente a mesma ordem de intensidade dos valores absolutos foi verificada. As figuras 9 e 10 apresentam esses resultados.

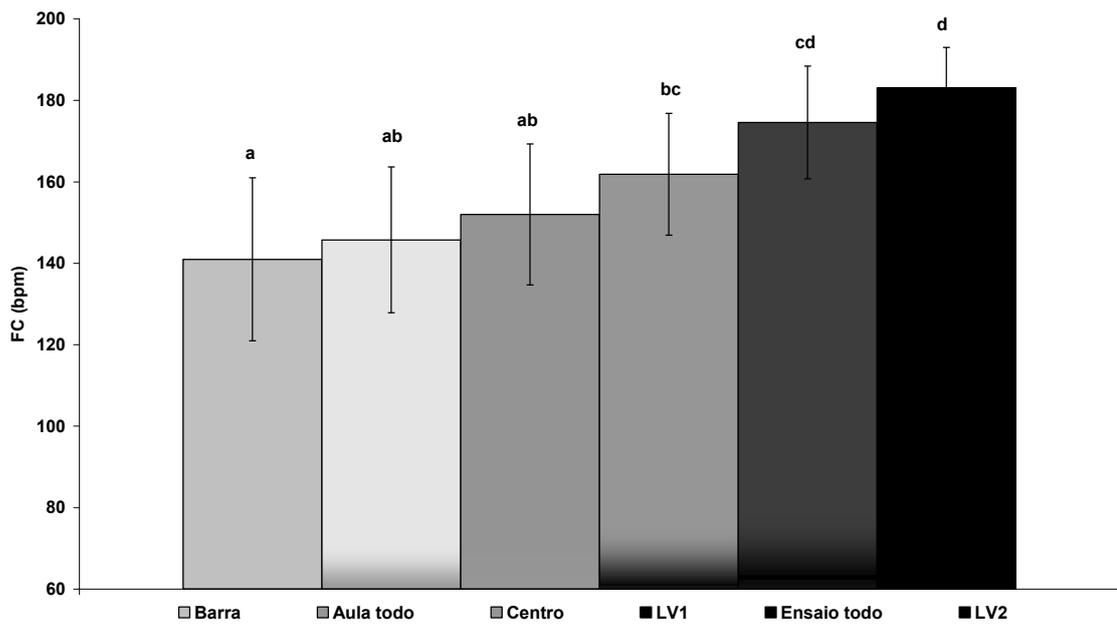


Figura 9 – Resposta da frequência cardíaca (FC) comparando-se a aula deballet sob três diferentes formas (barra, todo e centro); o ensaio deballet como um todo e os limiares ventilatórios das bailarinas. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,001$ ).

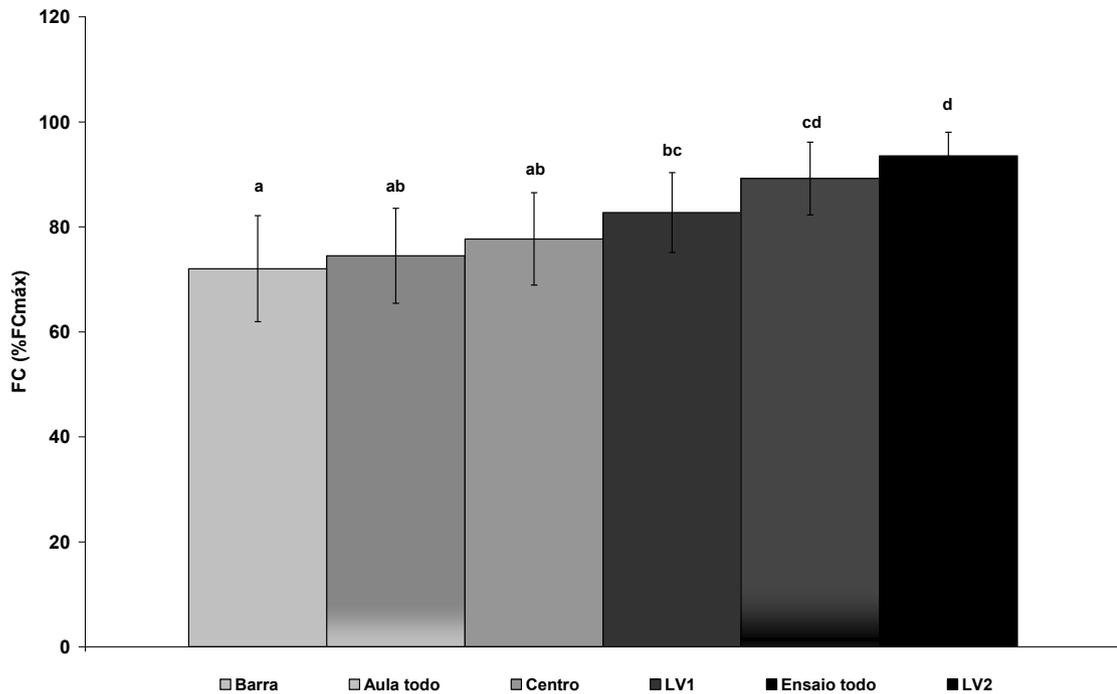


Figura 10 – Resposta da frequência cardíaca (FC) comparando-se a aula deballet sob três diferentes formas (barra, todo e centro); o ensaio deballet como um todo e os limiares ventilatórios das bailarinas. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,001$ ).

### 4.2.2.3 Lactato

O teste *ANOVA para medidas repetidas* também foi utilizado para verificar a relação das concentrações de lactato após a aula e no ensaio de *ballet* em relação ao verificado após o teste de  $VO_{2máx}$ . Diferenças significativas foram observadas ( $p=0,001$ ) e o teste *post hoc* de Bonferroni apontou que os valores de lactato verificados após o teste de  $VO_{2máx}$  ( $8,1 \pm 2,3$ ) foram significativamente maiores do que o verificado após a aula ( $4,2 \pm 1,1$ ) de *ballet*. O ensaio ( $5,5 \pm 2,7$ ) não apresentou diferenças significativas quando comparado a ambos (aula de *ballet* e teste máximo). A figura 11 apresenta esses valores.

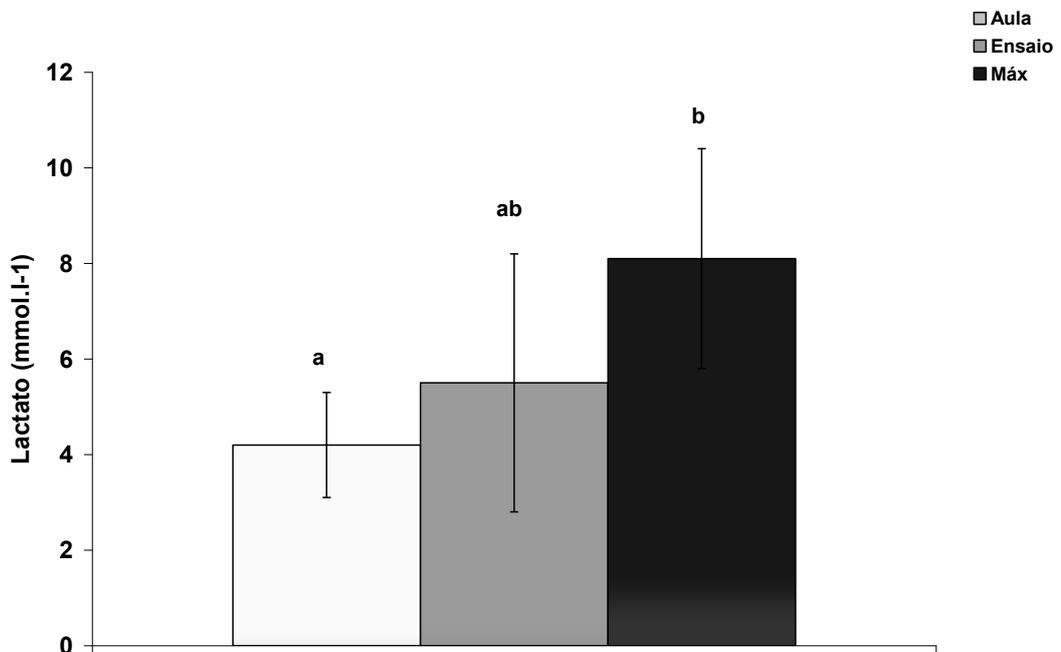


Figura 11 – Concentrações de lactato sanguíneo após a aula, o ensaio e o teste de consumo máximo de oxigênio. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas ( $p=0,001$ ).

## 4.3 Variáveis de Dano Celular

### 4.3.1 Aula e Ensaio

#### 4.3.1.1 Creatina Quinase

Os valores das medidas sanguíneas de CK total (UL) na aula e no ensaio de *ballet* apresentaram os seguintes resultados: Aula (CK pré =  $109,3 \pm 48,5$  / CK pós =  $144 \pm 60,0$  / CK 48h =  $117,2 \pm 64,6$ ). Ensaio (CK pré =  $78,6 \pm 52,1$  / CK pós =  $122 \pm 70,7$  / CK 48h =  $104,9 \pm 89,5$ ).

Para análise estatística da CK foi realizada uma transformação logarítmica dos dados (Log 10) devido à distribuição não-paramétrica dos mesmos, a fim de que os dados atendessem aos pressupostos de normalidade. Dessa forma, a normalidade foi adotada para valores de p até 0,01 uma vez que a ANOVA é robusta o suficiente para isso (196).

A análise estatística apresentou diferença significativa em relação ao efeito principal *exercício* ( $p=0,049$ ), tendo a aula valores de CK mais elevados do que o ensaio. Diferenças também foram observadas em relação ao efeito *tempo* ( $p<0,001$ ). Os valores pós e 48h à aula e ao ensaio não apresentaram diferenças entre si e foram significativamente maiores do que seus respectivos valores pré. O efeito de interação *exercício\*tempo* foi  $p=0,057$ . A figura 12 demonstra essas relações.

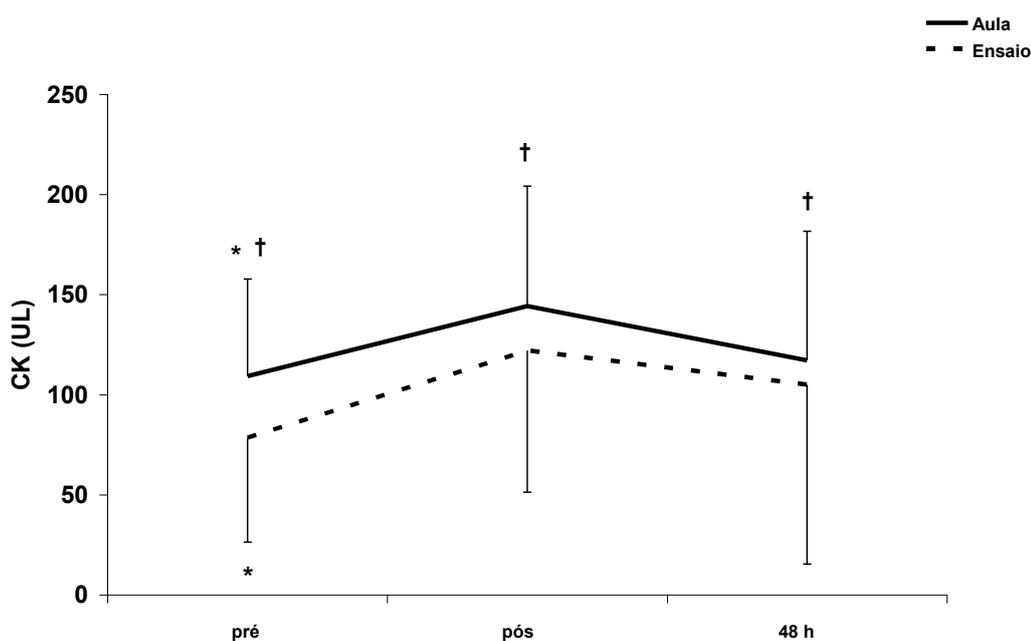


Figura 12 – Concentrações sanguíneas de creatina quinase (CK) relativas à aula e o ensaio deballet. † indica diferenças estatisticamente significativas para o tipo de exercício, aula ou ensaio ( $p=0,049$ ). \* indica diferenças estatisticamente significativas para o efeito tempo ( $p<0,001$ ).

### 4.3.1.2 Glutathiona

Os valores respectivos à análise da glutathiona oxidada (GSSG) mostraram os seguintes valores: Aula (GSSG pré =  $419 \pm 120$  / GSSG pós =  $444 \pm 162$  / GSSG 48h =  $372 \pm 100$ ); Ensaio (GSSG pré =  $371 \pm 153$  / GSSG pós =  $448 \pm 133$  / GSSG 48h =  $324 \pm 79$ ). A análise estatística da GSSG não apresentou diferenças significativas em relação ao efeito principal *exercício* ( $p=0,064$ ). O efeito *tempo* também não foi significativo ( $p=0,056$ ). O efeito de interação *exercício\*tempo* apresentou  $p=0,671$ . A figura 13 apresenta esses dados.

Para a glutathiona reduzida (GSH), verificaram-se os seguintes valores: (GSH pré =  $1549 \pm 372,5$  / GSH pós =  $1433 \pm 282$  / GSH 48h =  $1594 \pm 496,7$ ); Ensaio (GSH pré =  $1460 \pm 387,4$  / GSH pós =  $1334 \pm 328$  / GSH 48h =  $1521 \pm 419,4$ ). A análise estatística não detectou diferenças significativas para GSH. Efeito *exercício* ( $p=0,509$ ); efeito *tempo* ( $p=0,129$ ); efeito de interação *exercício\*tempo* ( $p=0,921$ ). A figura 14 apresenta esses dados.

A relação entre glutathiona oxidada e reduzida (GSSG/GSH) apresentou os seguintes valores: Aula (GSSG/GSH pré =  $0,29 \pm 0,13$  / GSSG/GSH pós =  $0,32 \pm 0,12$  / GSSG/GSH 48h =  $0,26 \pm 0,12$ ); Ensaio (GSSG/GSH pré =  $0,26 \pm 0,11$  / GSSG/GSH pós =  $0,35 \pm 0,14$  / GSSG/GSH 48h =  $0,23 \pm 0,1$ ). Para análise estatística desses dados foi realizada uma transformação logarítmica dos dados (Log 10) devido à distribuição não-paramétrica dos mesmos, a fim de que os dados atendessem aos pressupostos de normalidade. Dessa forma, a normalidade foi adotada para valores de  $p$  até 0,01 uma vez que a ANOVA é robusta o suficiente para isso (196). A partir disso, não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas em relação ao efeito principal *exercício* ( $p=0,860$ ), mas foram verificadas diferenças em relação ao efeito *tempo* ( $p=0,013$ ). Os valores da relação GSSG/GSH pós e 48h à aula e ao ensaio de *ballet* não apresentaram diferenças em relação a seus respectivos valores pré. Os valores pós-aula e pós-ensaio foram significativamente maiores do que seus respectivos valores 48h. O efeito de interação *exercício\*tempo* apresentou  $p=0,480$ . As diferenças em relação ao efeito tempo mostram que este é independente do tipo de exercício, sendo o comportamento da resposta da GSSG/GSH a mesma para a aula e para o ensaio. A figura 15 apresenta a relação GSSH/GSG.

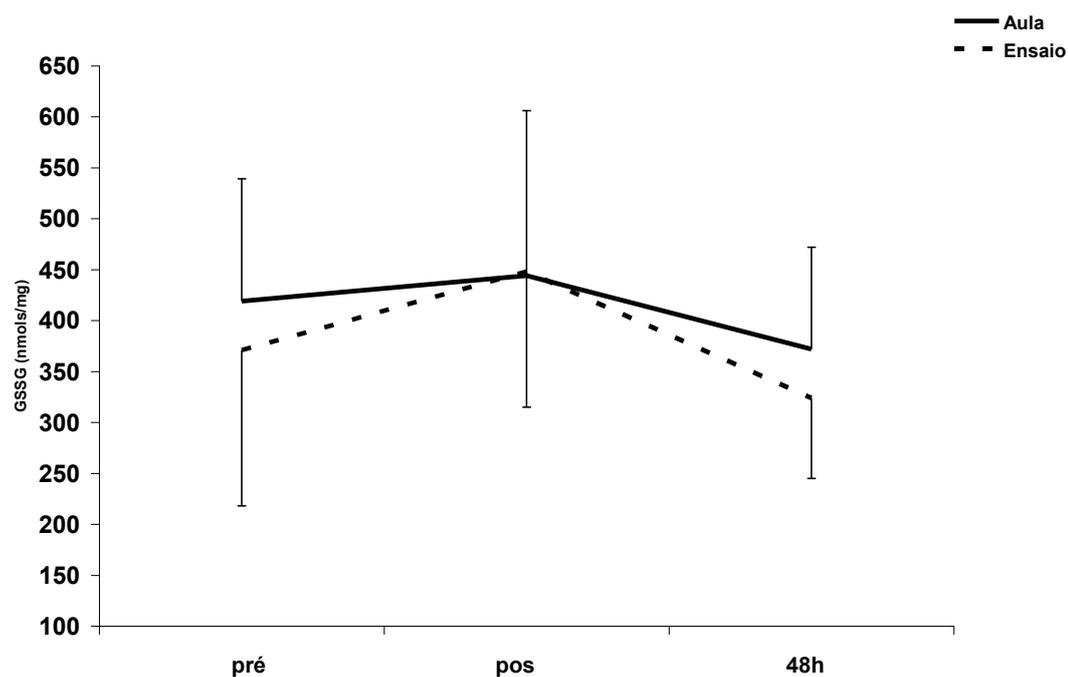


Figura 13 – Glutathiona oxidada (GSSG) relativa à aula e o ensaio deballet. Efeito exercício ( $p=0,064$ ). Efeito tempo ( $p=0,056$ ).

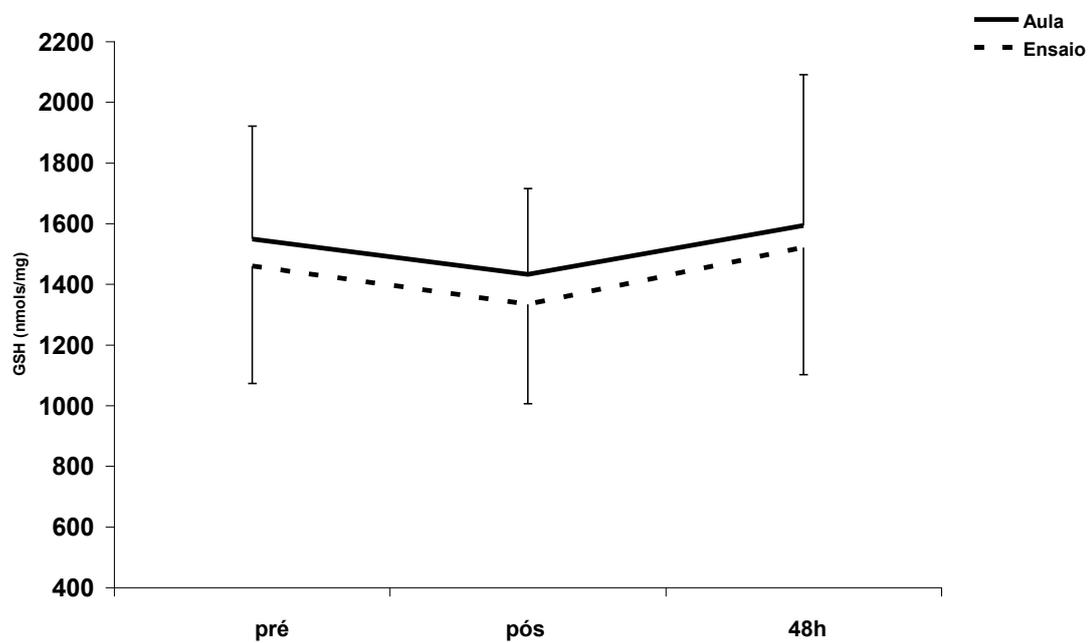


Figura 14 – Glutathiona reduzida (GSH) relativa à aula e o ensaio deballet. Efeito exercício ( $p=0,509$ ). Efeito tempo ( $p=0,129$ ).

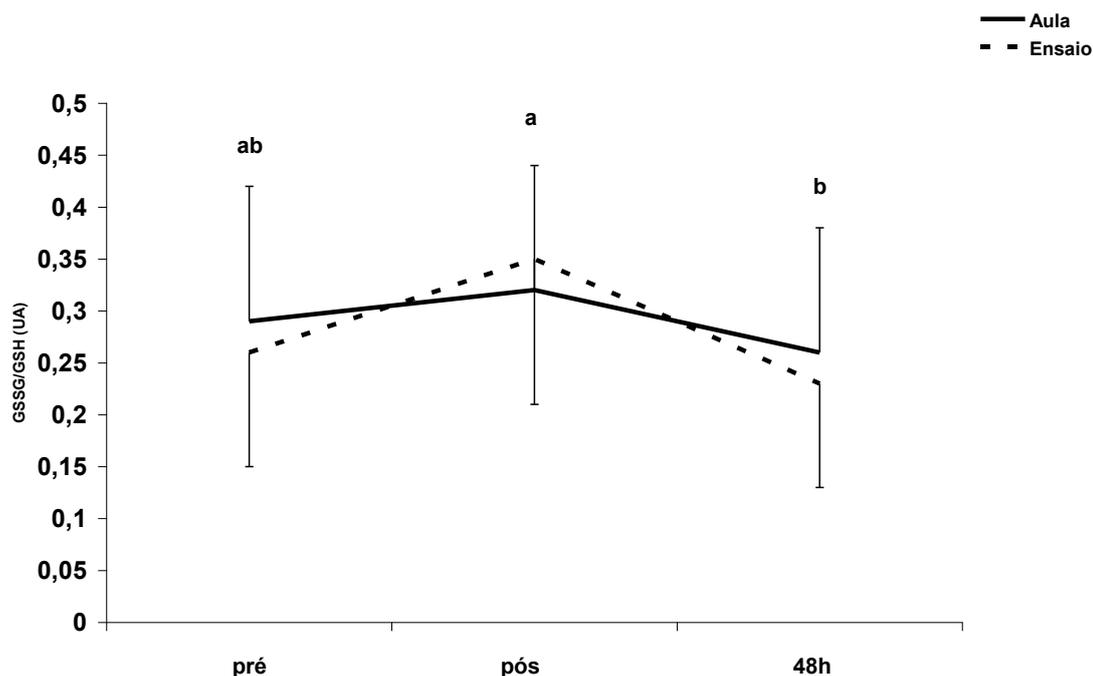


Figura 15 – Relação entre glutatona oxidada e reduzida (GSSG/GSH) relativa à aula e o ensaio deballet. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas em relação ao efeito tempo ( $p=0,013$ ). Pós e 48 h foram diferentes entre si, e ambos iguais ao pré.

#### 4.3.1.3 Lipoperóxidos

Para análise estatística das medidas de lipoperoxidação (LPO) de membrana através da técnica de xilenol-laranja também foi realizada uma transformação logarítmica dos dados (Log 10) devido à distribuição não-paramétrica dos mesmos, a fim de que os dados atendessem aos pressupostos de normalidade. Dessa forma, a normalidade foi adotada para valores de  $p$  até 0,01 uma vez que a ANOVA é robusta o suficiente para isso (196). Os valores para essas medidas foram: Aula (LPO pré =  $0,015 \pm 0,005$  / LPO pós =  $0,016 \pm 0,003$  / LPO 48h =  $0,014 \pm 0,003$ ); Ensaio (LPO pré =  $0,012 \pm 0,004$  / LPO pós =  $0,013 \pm 0,002$  / LPO 48h =  $0,012 \pm 0,002$ ). A análise estatística apresentou diferenças significativas em relação ao efeito principal *exercício* ( $p=0,007$ ). Não foram observadas diferenças em relação ao efeito *tempo* ( $p=0,131$ ). O efeito de interação *exercício\*tempo* foi  $p=0,416$ . A figura 16 demonstra essas relações.

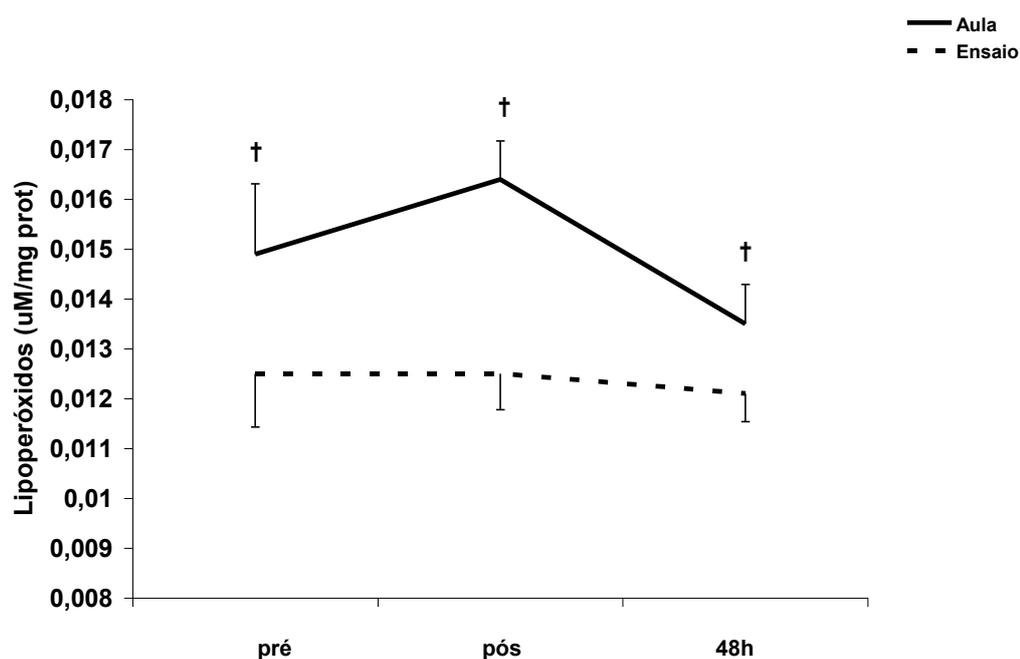


Figura 16 – Medidas de lipoperoxidação de membrana relativas à aula e o ensaio deballet. † indica diferenças estatisticamente significativas em relação ao efeito exercício ( $p=0,007$ ).

#### 4.4 Correlações entre variáveis cardiorrespiratórias e de dano celular

Não foram encontradas correlações significativas entre quaisquer variáveis cardiorrespiratórias e de dano celular mensuradas neste estudo.

## 5 DISCUSSÃO

O *ballet* clássico é um exercício que engloba muitos componentes da aptidão física, possuindo característica intermitente e elementos de componente excêntrico e isométrico que influenciam nas respostas das variáveis cardiorrespiratórias e de dano celular provenientes de seus estímulos. Além disso, estudos vêm relatando diferenças metabólicas entre os treinamentos em aula e o desempenho exigido dos bailarinos em palco (3, 19, 20, 188, 189), representados neste estudo pelo ensaio do corpo de baile do *ballet Paqueta*. A fisiologia da dança é uma área de estudos que vêm crescendo, mas ainda necessita de mais investigações. Devido à complexidade de movimentos, à diversidade de situações coreográficas às quais os bailarinos são submetidos e conseqüentemente diferentes sistemas metabólicos envolvidos, a dança, representada nessa pesquisa pelo *ballet* clássico, torna-se uma modalidade de difícil avaliação. Nesse contexto, o presente estudo levantou a problemática das diferenças metabólicas entre as aulas e os ensaios de dança, propondo-se a investigar isso por meio da análise de variáveis cardiorrespiratórias e de dano celular.

A discussão dos resultados começa com os dados de caracterização da amostra, relativos ao percentual de gordura corporal e ao teste de  $VO_{2máx}$ . Em seguida, passa-se para a análise das variáveis cardiorrespiratórias ( $VO_2$ , FC e La) na aula e do ensaio de *ballet* e suas relações com os limares ventilatórios das bailarinas. O próximo item de discussão refere-se às repostas da CK e, por fim, de EO.

Os valores do percentual de gordura corporal encontrado para as bailarinas do nosso estudo ( $18,4 \pm 2,6$ ) vão ao encontro do verificado na literatura para estudantes de dança. Guidetti et. al (7) verificaram percentual de gordura corporal de  $20,7 \pm 3,4$  para estudantes de dança de nível avançado, utilizando protocolo de McArdle (1996), com medidas de dobras cutâneas (tríceps, supra-ílica, coxa, abdômen e subescapular) semelhante a do protocolo adotado neste estudo (tríceps, supra-ílica e coxa). O corpo de baile do estudo de Wyon et. al (48), mostra valores de massa corporal ( $50,6 \pm 4,86$ ), estatura ( $166 \pm 3,0$ ) e somatório das dobras cutâneas (bíceps, tríceps, supra-ílica e subescapular) ( $50,2 \pm 6,91$ ) semelhantes aos de nosso estudo ( $56,8 \pm 8,9$ ). Pequenas diferenças para valores mais elevados no somatório das dobras de nosso estudo podem ser associados ao fato do estudo de Wyon ter

avaliado bailarinas de nível profissional, com maior carga-horária de treinamento e apresentações, ao passo que nosso estudo avaliou apenas estudantes de dança. A verificação somatório das dobras cutâneas vem sendo cada vez mais utilizada na literatura para avaliação de bailarinos (48, 52, 103) justificando-se pelo fato de que dessa forma, retiram-se os erros embutidos em qualquer fórmula previamente estabelecida para cálculos de percentual de gordura corporal.

O estudo de Eliakim et. al (197) mostrou que o método de dobras cutâneas para avaliação do percentual de gordura é factível para a população de bailarinos. As bailarinas foram avaliadas por meio de quatro diferentes métodos, os quais não apresentaram diferenças significativas entre si quanto aos valores finais encontrados. Foram eles os métodos de dobras cutâneas (Siri,1956), a avaliação do índice de massa corporal (IMC), o método de bioimpedância e o DEXA (*Dual energy X-ray absorptiometry*). Os valores de percentual de gordura corporal verificados foram respectivamente  $24,0\pm 0,01$ ;  $21,6\pm 0,3$ ;  $20,9\pm 0,01$  e  $22,5\pm 0,01$ .

Adicionalmente, Hergenroeder et. al (73), relataram que uma maneira apurada de estimar a massa magra de bailarinas foi através de uma equação elaborada a partir da massa corporal somente, uma vez que esta se correlacionou fortemente com a composição corporal. A simplicidade desta equação facilitaria o estudo clínico e de desempenho de bailarinos, no entanto, esta relação é válida para populações homogêneas, que apresentam pequena variabilidade nas medidas antropométricas, não devendo ser utilizada para a população em geral.

Os valores dos perímetros corporais também vão ao encontro da literatura (73, 103), sendo parâmetros importantes para a estética e para o desempenho de algumas habilidades específicas da dança. Wyon et. al (48) destaca que bailarinos com maiores perímetros de coxa e panturrilha apresentaram melhor desempenho no salto de teste vertical e também possuíam melhores papéis na companhia de dança avaliada. Enquanto os solistas apresentaram valores de perímetro da coxa e da panturrilha de  $49,8\pm 2,63$  e  $35,5\pm 1,17$ , respectivamente, outros artistas apresentaram  $45,6\pm 2,55$  e  $33,2\pm 1,77$  para as mesmas medidas.

Guidetti et. al (7) mostraram ainda correlações negativas entre nível técnico, percentual gordura corporal, massa corporal e IMC, indicando também a influência desses parâmetros no desempenho dos bailarinos.

Desse modo, o valor médio de %GC verificado para as bailarinas deste estudo (18,4%) parece ser adequado para o desempenho no *ballet* clássico.

No que concerne à análise do  $VO_{2m\acute{a}x}$ , observa-se que os valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$  de bailarinos são, em geral, baixos quando comparados a outros atletas na literatura, mas maior ou similar a populações não atletas (198). As estudantes de *ballet* de nível avançado avaliadas nesse estudo apresentaram uma média de  $VO_{2m\acute{a}x}$  de  $37,3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , o que está próximo aos dados da literatura para bailarinas, que variam entre 38 e  $48 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (2, 3, 7, 52, 188). Wyon et. al (52) encontraram valores de  $39,0\pm 4,7$  e  $64,3\pm 21,9$  para o  $VO_{2m\acute{a}x}$  ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) e o limiar anaeróbio ( $\%VO_{2m\acute{a}x}$ ) dos artistas principais, e valores de  $44,5\pm 4,1$  e  $76\pm 7$  para as mesmas variáveis no corpo de baile. Guidetti et. al (7) relataram valores de  $38,1\pm 1,9$  e  $55\pm 5,0$  para essas variáveis em bailarinas de baixo nível técnico e  $46,2\pm 2,1$  e  $60\pm 5,0$  para bailarinas de alto nível técnico. Devido à diversidade de estímulos que o exercício de *ballet* oferece, isto é, um forte componente estático, evidenciado no trabalho de barra, em conjunção com o componente dinâmico que envolve explosões de movimento de curta duração e alta intensidade, é esperado que bailarinos desenvolvam capacidade aeróbia similar a de atletas de esportes com características anaeróbias predominantes.

Apesar do  $VO_{2m\acute{a}x}$  da nossa amostra ter sido baixo, as bailarinas avaliadas neste estudo mostraram melhor desempenho aeróbio referente aos limiares ventilatórios do que os estudos acima citados, apresentando uma média de LV1 em  $66,9 \%VO_{2m\acute{a}x}$  e de LV2 em  $85,5 \%VO_{2m\acute{a}x}$ . Bom desempenho perante os limiares ventilatórios é importante no desempenho de atividades como o *ballet*, uma vez que uma chegada mais tardia ao limiar anaeróbio retarda a fadiga muscular e favorece aspectos técnicos e artísticos importantes para a dança. Baldari e Guidetti (8) referem o limiar anaeróbio como melhor parâmetro de avaliação do desempenho aeróbio para ginastas de ginástica rítmica e bailarinas do que o  $VO_{2m\acute{a}x}$ . Além disso, os limiares são variáveis fisiológicas que podem ser modificadas com o treinamento, enquanto o  $VO_{2m\acute{a}x}$  é predito em sua maior parte geneticamente. Isso parece relevante em uma população em que desenvolvimento do condicionamento físico parece ser mais um produto das aquisições técnicas do que do treinamento em si e onde a principal causa de lesões é a fadiga muscular (199). Guidetti et. al (7) encontraram correlação com o nível técnico das bailarinas e o limiar anaeróbio. Bailarinas de nível técnico mais avançado realizaram mais exercícios de uma aula de *ballet* abaixo do limiar anaeróbio do que bailarinas de nível iniciante, indicando que existem relações entre desempenho técnico e cardiorrespiratório na dança.

Esses autores ainda sugerem que para a entrada no nível de treinamento em sapatilha de pontas, a avaliação cardiorrespiratória deveria ser pré-requisito, como parâmetro de controle do treinamento e também de prevenção de lesões em jovens bailarinas.

Valores absolutos e percentuais de LV1 e LV2 mais elevados após treinamentos intermitentes em comparação a treinamentos contínuos têm sido descritos, e são justificados por aumentos significativos no débito cardíaco (Q),  $FC_{máx}$ , volume de ejeção (VEj) e na diferença artério-venosa de  $O_2$  ( $D_{a-v}O_2$ ) (200). Em outras palavras, parece que o treinamento de característica intervalada é capaz de promover tanto adaptações centrais quanto periféricas em cargas submáximas de trabalho, o que pode explicar os elevados valores de limiares ventilatórios da nossa amostra, visto que o *ballet* é uma atividade intermitente. Londeree (201) relata que treinamentos na intensidade próxima às cargas correspondentes aos limiares ventilatórios promovem estímulos adequados para aumentar o respectivo limiar. Nesse sentido, podemos pensar que os períodos de pico do ensaio do corpo de baile do *ballet Paqueta* ( $24,4 \pm 2,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  /  $66,2 \pm 8,8 \text{ \%VO}_{2máx}$ ), que promovem estímulos similares ao LV1 ( $24,9 \pm 2,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  /  $66,9 \pm 4,5 \text{ \%VO}_{2máx}$ ) podem estar relacionados aos elevados valores deste limiar ventilatório na nossa amostra. Os maiores valores de LV2 podem estar relacionados a estímulos de várias outras coreografias que são ensaiadas por este grupo de bailarinas, e podem ser dançadas consecutivamente ou de forma aleatória, no mesmo ensaio ou em dias distintos.

Os valores de  $FC_{máx}$  verificados em nosso estudo vão ao encontro da literatura (7, 8, 199), no entanto, os valores de FC nos limiares encontrados no nosso estudo parecem mais elevados do que os já reportados em trabalhos anteriores, o que está de acordo com valores percentuais e absolutos mais elevados do  $VO_2$  apresentado pela nossa amostra nos limiares ventilatórios.

Os valores de lactato pré e pós teste de  $VO_{2máx}$  vão ao encontro da literatura para bailarinos e também aos critérios de maximilidade referentes a testes de esforço máximo (199). Essas medidas serviram como parâmetro para comparação com as concentrações sanguíneas de lactato obtidas após a aula e o ensaio de *ballet*.

Outro fator importante a ser ressaltado é em relação aos equipamentos utilizados para as mensurações dos gases. O estudo de Guidetti et. al (7) utilizou o analisador de gases K4b2 Cosmed (Italy); o estudo de Wyon et. al (52) utilizou o Cortex Metamax 3b (Germany); Koutedakis et. al (2) utilizaram o Quinton, Q Plex e

Shantz e Astrand (188) avaliaram as bailarinas por meio de uma Bolsa de Douglas. Para este estudo utilizamos o analisador de gases portátil VO<sub>2</sub>000, que pode ter como limitação o fato de captar as respirações do indivíduo a cada 10 segundos, podendo por isso ter influenciado nos valores finais de VO<sub>2máx</sub> das bailarinas, uma vez que a cada 10 segundos não há critério de seleção para escolha do ponto de valor mais alto, a seleção é aleatória e pré determinada.

Os protocolos utilizados para realização do teste de VO<sub>2máx</sub> em bailarinos são semelhantes na literatura. Geralmente são protocolos progressivos de corrida em esteira rolante, em rampa (2, 7), nos quais o protocolo do presente estudo foi baseado. A escolha por um teste de corrida também se deve a presença do componente excêntrico nessa atividade, indo ao encontro das solicitações excêntricas dos exercícios de dança. Entretanto, Redding et. al (199) sugerem a utilização de protocolos de teste máximo apenas com aumentos de inclinação da esteira para os bailarinos, uma vez que estes parecem resistentes a aumentos de velocidade. Estes autores sugerem manter a velocidade em 6,4 km/h e aumentar a inclinação da esteira em 3% a cada 3 minutos durante o teste. Em nosso estudo foi mantido o protocolo de rampa com aumentos de velocidade para melhor determinação dos limiares ventilatórios posteriormente ao teste.

Há limitações na realização de testes de VO<sub>2máx</sub> em bailarinos relacionadas à especificidade do exercício, uma vez que isto pode ser um fator que também subestima o desempenho aeróbio dessa população. Redding et. al (199) desenvolveram um protocolo de teste de esforço máximo para a dança contemporânea e o compararam com um teste tradicional realizado em esteira rolante. O teste de dança consistia de movimentos de execução técnica simples, para reduzir os efeitos do aprendizado ao longo do tempo e enfatizar a intensidade da rotina, sendo esta similar a das *performances* em dança. O protocolo de teste consistia de saltos na primeira e segunda posições; rolos no solo; transferência de peso dos pés para as mãos; saltos circulares e paralelos com movimentos de braços padronizados. A frase musical com esses movimentos era completada três vezes dentro de 1 min a 106 bpm, sendo repetida após 2 min de descanso. Essa sequência era executada quatro vezes. Os resultados mostraram que os valores de VO<sub>2máx</sub> dos bailarinos no teste de dança foram mais elevados do que no teste de corrida (51±6,6 e 46,4±3,6 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) respectivamente. Embora essa diferença não tenha sido significativa, isso sugere que os bailarinos alcançam melhores

resultados no teste de dança, em função da familiaridade com os movimentos e de parecerem se esforçar mais para tal. A FC (%FC<sub>máx</sub>) mostrou valores significativamente maiores para o teste de esteira (101 e 97%) respectivamente. As concentrações de lactato (mmol.l<sup>-1</sup>) não diferiram entre ambos os testes (6,3 e 6,1) respectivamente. Juntamente com as diferenças não significativas no VO<sub>2</sub>, os valores de lactato similares entre ambos os testes indica que o teste de dança foi de intensidade tão alta quanto o teste de esteira, sendo sim válido para avaliação de parâmetros cardiorrespiratórios nessa população. Valores mais baixos de FC no teste de dança foram atribuídos ao fato dos bailarinos sentirem-se menos ansiosos e mais relaxados ao dançar do que ao correr, sendo os valores de VO<sub>2</sub> e lactato indicativos suficientes para comprovar que o teste de dança pode ser considerado de alta intensidade.

Em relação ao *ballet* clássico, parece ainda não haver testes específicos para avaliação de parâmetros cardiorrespiratórios. Em um estudo recente de nosso grupo (Rodrigues-Krause et al, 2006, dados ainda não publicados) verificamos diferenças significativas no VO<sub>2</sub> de séries isoladas de exercícios de uma aula *ballet*. Uma ordem de intensidade em relação ao VO<sub>2</sub> foi estabelecida, sendo a sequências de *pliés* e *tendus* não diferentes de LV1; seguida das sequências de *adágio*, *rond de jamps*, *fondus*, *jetés* e *sautés* iguais entre si e significativamente maiores do que LV1; e finalmente as sequências de *temps levés* e *grand battements*, que foram diferentes de todas as demais, exceto os *sautés*, e significativamente abaixo de LV2. Esses dados fornecem base para pensar na elaboração de um teste de avaliação cardiorrespiratória específica para o *ballet*, uma vez que dá idéia de progressão das intensidades de cada série e possibilita preservar a característica intermitente da modalidade. Em outras palavras, é possível pensar em um teste que siga um padrão de intensidade do mais simples para o mais complexo, o que aliado a intervalos planejados de acordo com as demandas do *ballet* pode fornecer especificidade e parâmetros fisiológicos fidedignos para avaliação cardiorrespiratória nessa população. Preservar a característica intermitente da modalidade é um fator importante para a avaliação cardiorrespiratória, visto que pode haver diferenças nas respostas de variáveis como a ventilação (VE) e a FC entre protocolos de exercício intermitentes e contínuos (202).

As limitações da elaboração de testes específicos para dança se devem, principalmente, à diversidade de demandas que a dança impõe. Isto é, algumas

peças coreográficas exigem predominantemente do metabolismo aeróbio (Giselle, por exemplo); outras do metabolismo anaeróbio alático (Esmeralda); e o metabolismo anaeróbio glicolítico parece ser requisitado predominantemente nos espetáculos, onde várias coreografias são dançadas com curtos períodos de intervalo entre elas (198). Assim, um único protocolo de teste não é suficiente para avaliar os bailarinos em diferentes temporadas de *performance*, mas conhecendo as intensidade de cada série isoladamente, é possível fazer combinações das mesmas e aplicá-las para avaliação ou treinamento dos bailarinos de acordo com a intensidade representativa das coreografias a serem dançadas naquela temporada ou espetáculo. Testar os bailarinos em seus ambientes de trabalho, com o modo de exercício específico e intensidades representativas de suas performances parece ser fundamental para o desenvolvimento de seu condicionamento físico (199).

Passamos agora à análise das variáveis cardiorrespiratórias na aula e no ensaio de *ballet* e suas relações com os limares ventilatórios das bailarinas. De acordo com o previamente hipotetizado, a intensidade do ensaio de *ballet* em relação ao  $VO_2$  ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  e  $\%VO_{2m\acute{a}x}$ ) e à FC (bpm e  $\%FC_{m\acute{a}x}$ ) foi significativamente maior do que a da aula de *ballet*. ANOVA *Two-way* ainda mostrou, por meio dos efeitos interação *exercício\*análise* que, apesar dos valores absolutos serem significativamente diferentes, o comportamento desta variável é o mesmo ao longo dos dois tipos de exercício analisados. Isso demonstra que o treino de *ballet* (aula) parece não ser diferente da *performance* (ensaio) em relação ao tipo de estímulo, mas sim à magnitude deste.

Diferenças de intensidade entre aulas e ensaios de *ballet* e de dança contemporânea têm sido reportadas na literatura. Nossos dados corroboram com o estudo de Shantz e Astrand (188), uma vez que a aula foi de intensidade significativamente mais baixa do que o ensaio em relação ao  $VO_2$ , à FC e às concentrações de lactato sanguíneo.

Nossos valores médios de  $VO_2$  em  $\%VO_{2m\acute{a}x}$  foram de  $38,8\pm 5,9$  para aula de *ballet* como um todo; de  $39,0\pm 6,2$  para os exercícios e barra e de  $44,8\pm 5,7$  para os exercícios de centro. Shantz e Astrand (188) verificaram um  $VO_2$  médio entre 35 e 45% do  $VO_{2m\acute{a}x}$  durante aulas de *ballet* como um todo, 36% do  $VO_{2m\acute{a}x}$  para os exercícios de barra e 46%  $VO_{2m\acute{a}x}$  para os exercícios de centro com o uso de sapatilhas de pontas. Já nosso ensaio de *ballet* apresentou valores de  $VO_2$  em

$\%VO_{2max}$  de  $51,9\pm 7,3$  (todo) e  $66,2\pm 8,8$  (picos). Tais valores parecem mais baixos comparados aos  $80\%VO_{2max}$  verificados no ensaio proposto por Shantz e Astrand (188). Essas diferenças podem ser devidas aos diferentes desenhos metodológicos, visto que Shantz e Astrand (188) analisaram apenas os períodos de pico das partes coreográficas mais intensas dançadas pelos solistas, o que pode ter levado a uma média mais elevada do  $\%VO_{2max}$  avaliado nas coreografias. Por outro lado, nosso estudo avaliou o ensaio como um todo e os períodos de pico de todas as partes da coreografia, não somente das partes mais intensas.

Nossos valores de  $VO_2$  ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ) e ( $\%VO_{2max}$ ) da aula de *ballet* para barra ( $14,4\pm 2,0$ ) e ( $39\pm 6,2$ ); e centro ( $16,7\pm 2,5$ ) e ( $44,8\pm 5,7$ ); também vão ao encontro do estudo de Cohen et al (3), o qual apresentou média de ( $16,49\pm 3,8$ ) e ( $37,7\pm 7,7$ ) para o período de barra; e de ( $20,06\pm 4,13$ ) e ( $45,9\pm 9,5$ ) para o período de centro, apresentando-se diferenças significativas entre barra e centro para todos os valores apresentados.

Coreografias de dança contemporânea, também apresentam valores médios de  $VO_2$  similares ao *ballet*, ( $23,34\pm 3,83 ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ) o que também é próximo dos valores encontrados para o nosso ensaio, levando-se ainda em consideração que a dança contemporânea envolve dinâmicas diferentes de movimentação, podendo incluir movimentos acrobáticos e no solo que não estão presentes no *ballet* clássico.

As diferenças em relação à FC entre a aula e o ensaio de *ballet* verificadas em nossa pesquisa tendem a corroborar com a literatura. Cohen et al apresentaram diferenças significativas em relação aos valores de FC ( $\%FC_{max}$ ) de  $63,4\pm 11$  para os exercícios de barra e de  $74\pm 9,1$  para os exercícios de centro. Em nosso estudo, apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas entre os valores percentuais e absolutos de FC da barra ( $72\pm 10,1$ ) e do centro ( $77,7\pm 8,8$ ); os valores de centro não foram diferentes de LV1, ao passo que os de barra o foram, podendo assim indicar maior intensidade de trabalho dos exercícios de centro em relação a este parâmetro.

Análises da FC após coreografias de diferentes estilos de dança, têm relatado picos de intensidade de trabalho próximos da  $FC_{max}$ . Rimmer et al (85) verificaram FC média de bailarinas durante aulas de *ballet* em torno de  $70\% FC_{max}$ , enquanto que durante os ensaios estes valores atingiam  $85\% FC_{max}$ . Nessa mesma perspectiva são apresentados nossos dados, onde a aula e o ensaio como um todo

apresentaram demandas significativamente diferentes de  $74,5 \pm 9,0$  e  $89,2 \pm 6,9$  da  $FC_{m\acute{a}x}$  respectivamente. Em valores absolutos de FC (bpm), a maior intensidade do ensaio ( $186,2 \pm 11,6$ ) de nosso estudo também vai ao encontro da literatura, que descreve valores em torno de 180 e 190 bpm (3, 188).

Comparações entre aulas, ensaios e competições de dança têm recebido atenção da literatura, apesar das dificuldades na elaboração de protocolos de avaliação que sejam adaptáveis a uma situação de competição ou apresentação. Avaliações da dança escocesa mostraram diferenças significativas na FC entre esses três momentos: competição ( $195 \pm 6,5$ ); ensaio ( $172,6 \pm 5,4$ ) e aula ( $151,9 \pm 7,4$ ). Como esta modalidade de dança apresenta características similares ao *ballet* clássico (pequenos saltos, rotação externa dos membros inferiores, posições de pés e amplitudes de movimento), parece interessante fazer tais comparações com nossos dados, os quais verificaram FC de aula ( $145,7 \pm 17,9$ ) e de ensaio ( $174,5 \pm 13,8$ ); de acordo com o previamente descrito.

Outro parâmetro que diverge entre as aulas e os ensaios de *ballet* é a concentração sanguínea final de lactato. Shantz e Astrand (188) relataram lactato final de 3 e 10  $\text{mmol.l}^{-1}$  após aula e ensaio de *ballet*, respectivamente, sendo este último estatisticamente igual aos valores encontrados após teste de  $VO_{2m\acute{a}x}$  em esteira (11  $\text{mmol.l}^{-1}$ ). Embora os valores de lactato pós-ensaio ( $5,5 \pm 2,7$   $\text{mmol.l}^{-1}$ ) aparentemente mais baixos em nosso estudo, estes não foram significativamente diferentes dos valores de lactato encontrados após o teste de  $VO_{2m\acute{a}x}$  ( $8,1 \pm 2,3$   $\text{mmol.l}^{-1}$ ), assim como ocorreu no estudo acima citado. No entanto, assim como para o  $\%VO_{2m\acute{a}x}$ , essas pequenas diferenças nos valores de lactato entre ambos os estudos podem ter ocorrido por influências do desenho metodológico.

Os valores de lactato também diferiram após partes da aula de *ballet* entre grupos iniciante e avançado (7) apresentando as bailarinas de mais elevado nível técnico valores de lactato mais baixos após os exercícios de barra, piruetas, *grand adage* e *temps levés*. Para exemplificar, os valores de lactato após a barra e os *temps leves* foram aproximadamente 7 e 8  $\text{mmol.l}^{-1}$  para o nível iniciante e 5 e 6  $\text{mmol.l}^{-1}$  para o nível avançado. Nossos valores médios de lactato pós-barra foram  $3,4 \pm 1,0$   $\text{mmol.l}^{-1}$  e pós-centro (*temps levés*) foram  $4,6 \pm 1,5$   $\text{mmol.l}^{-1}$ . As pequenas diferenças provavelmente se devem às influências da quantidade de exercícios executados em ambos os protocolos (nove para o nosso estudo e dezenove para o

estudo de Guidetti), uma vez que os níveis de lactato provenientes de exercícios prévios podem aumentar as respostas lactacidêmicas dos exercícios posteriores.

As concentrações de lactato ( $\text{mmol.l}^{-1}$ ) do nosso ensaio de *ballet* ( $5,5 \pm 2,7$ ) também são similares às verificadas na fase mista de baixo e alto impacto de uma aula de dança aeróbica ( $5,7 \pm 2,7$ ) (203). Ageliz et. al (203) sugerem maior participação do metabolismo anaeróbio nessa fase da aula de aeróbica, o que é atribuído aos movimentos de saltos e às co-contrações dos músculos agonistas e antagonistas solicitados continuamente, uma vez que os alunos são instruídos a se movimentarem contra-resistência. Os *sprints* do *ballet* Paqueta também envolvem muitos saltos, de grande amplitude ou velocidade, e provavelmente também solicitam co-contrações constantemente, a fim de manterem padrões posturais e membros inferiores em rotações externas de amplitude máxima no *ballet*. Pela similaridade desses estímulos, pode-se especular que o ensaio de *ballet* venha também a apresentar uma contribuição significativa do metabolismo anaeróbio.

Dando continuidade à análise da aula e do ensaio de *ballet*, agora em relação aos limiares ventilatórios das bailarinas, observa-se que os requerimentos de energia dos exercícios de *ballet* variam ao longo da aula, sendo que esta parece estar estruturada de forma que os exercícios aumentam gradativamente sua complexidade, refletindo a progressiva demanda energética dos mesmos (7). Passmore e Durnin (apud Cohen et. al (3)) classificaram os exercícios de barra como de intensidade moderada e os de centro como de alta intensidade. Entretanto, ao relacionar o  $\text{VO}_2$  e a FC dos períodos de barra e centro da aula de *ballet* aos limiares ventilatórios das bailarinas, nosso estudo mostra que a aula de *ballet* está em uma zona submáxima de trabalho, apresentando valores significativamente inferiores a LV1 em relação aos períodos de barra, de centro e da análise da aula como um todo. Já os valores de FC do centro, pelo fato de não serem significativamente diferentes de LV1, podem ser considerados de intensidade maior do que os exercícios de barra em relação a este parâmetro, mas não de alta intensidade. De acordo com nossos dados, o período de barra parece estar em zona de trabalho submáxima e o período de centro em zona de trabalho aeróbia de baixa intensidade. É importante lembrar que, em nosso estudo, assim como no desenho metodológico de Cohen et. al (3) , as medidas do  $\text{VO}_2$  e da FC incluíram os períodos de recuperação entre os exercícios, o que pode ter subestimado os valores dessas variáveis tanto no aula quanto no ensaio de *ballet*. No entanto, em uma tentativa de

reproduzir a realidade da forma mais fidedigna possível, fizemos esta opção ao invés de submeter nossos dados a superestimados valores, como o que pode ter ocorrido no estudo de Shantz e Astrand (188), previamente citado.

Dessa forma, a FC e o  $VO_2$  dos bailarinos durante uma aula de *ballet* geralmente não alcança, ou quando alcança, não é capaz de manter os exercícios em níveis elevados suficientes para causar adaptações significativas em relação ao sistema cardiorrespiratório (3, 188). Os exercícios de centro, que provocam estímulos metabólicos mais significativos, acabam por não conseguir estimular adaptações significativas recorrentes do treinamento, devido aos longos períodos de intervalo entre as séries de exercícios.

Guidetti et. al (7) ao avaliarem cada sequência de exercícios em uma aula de *ballet* mostraram que em relação ao  $VO_2$ , houve correlações significativas e negativas entre o número de exercícios realizados acima do limiar anaeróbio e o nível técnico das bailarinas. As bailarinas de nível avançado realizaram sete exercícios acima do LAn, enquanto as iniciantes realizaram quinze. Já em relação à FC, houve uma tendência comum entre os grupos, sendo que dezesseis exercícios (dezenove no total) apresentaram FC acima do limiar anaeróbio. Isso pode sugerir que o  $VO_2$  é um parâmetro mais adequado do que a FC para detectar diferenças na intensidade dos exercícios ou no desempenho técnico dos bailarinos em várias intensidades de exercício (no limiar aeróbio, anaeróbio ou no esforço máximo). Isso também remete ao fato de que a FC, um parâmetro usualmente utilizado para controlar a intensidade dos treinamentos em diversas modalidades, pode não ser uma ferramenta adequada para a dança, devido à característica intermitente e ao forte componente estático do *ballet*, que podem influenciar as respostas agudas da FC.

Os percentuais de carga de trabalho relativos à FC mais elevados do que os percentuais de trabalho relativos ao  $VO_2$  encontrados em nossos resultados, tanto para a aula quanto para o ensaio, elucidam as características intermitentes do *ballet*. Por exemplo, observa-se o ensaio abaixo de LV1 em relação ao  $VO_2$  e entre LV1 e LV2 em relação à FC (figuras 6 e 8).

As características intermitentes podem ser identificadas pelas sequências de movimento de curta duração que envolvem grande potência muscular intercaladas com períodos de intervalo que variam de acordo com a coreografia dançada ou o papel interpretado pela bailarina. No *ballet* Paquita, que possui duração de 15

minutos, as bailarinas do corpo de baile movimentavam-se em média, 7 minutos e 15 segundos, intercalados com períodos sem movimentação de 8 minutos e 45 segundos. Durante os períodos em que as bailarinas estavam em movimento, haviam sequências coreográficas (similares a *sprints*) que variavam de 10 a 50 segundos (média 23,6 segundos) e períodos de intervalo que variavam de 15 a 50 segundos.

Diante de estímulos intermitentes, o  $VO_2$  parece responder de forma mais rápida do que a FC. Os valores de  $VO_2$  decrescem consideravelmente durante os períodos de intervalo, ao passo que aumentam progressivamente à medida que a intensidade do exercício aumenta. Por outro lado, a FC permanece elevada ao longo dos períodos de intervalo. Isso pode ser atribuído à ativação constante do sistema nervoso simpático em modalidades intermitentes (200, 202), o que pode ser observado por uma FC elevada das bailarinas ao longo de todo o ensaio.

Buchheit et. al (202) verificaram as respostas cardiorrespiratórias e autonômicas de indivíduos fisicamente ativos praticantes de esportes de natureza intermitente (basquete, handebol e futebol) após a realização de dois protocolos de teste de  $VO_{2máx}$ , um contínuo e um intermitente (*30-15s intermittent fitness test*). O estudo mostrou que a função parassimpática foi significativamente mais prejudicada após o exercício intermitente do que o contínuo, o que foi verificado por mais elevados tempos de recuperação da FC em longo prazo e menores valores da média de sucessivos intervalos R-R representados no eletrocardiograma. Isso pode estar relacionado aos valores percentuais mais elevados da resposta da FC do que a do  $VO_2$  tanto para a aula quanto para o ensaio de *ballet*, uma vez que ambos possuem características intermitentes.

Estudos recentes têm mostrado uma interação da reativação parassimpática com a redução da atividade simpática, onde a reativação parassimpática ocorre mais rapidamente e, por isso, tendo mais importante papel na desaceleração da FC durante a recuperação após exercícios de intensidade moderada (204, 205). Entretanto, durante exercícios com intensidades suficientemente altas, o sistema nervoso simpático é significativamente estimulado e a atividade simpática pós-exercício pode permanecer elevada e contribuir para uma taquicardia sustentada nos períodos de recuperação, apesar de uma reativação concomitante do sistema nervoso parassimpático (204). Estas respostas podem ser atribuídas às baterias de

sequências coreográficas de mais alta intensidade intercaladas com os períodos de recuperação entre os *sprints* do *ballet Paqueta*.

O componente isométrico, por sua vez, era observado durante a coreografia em momentos em que as bailarinas não estavam se movimentando rapidamente, mas sustentavam posições estáticas de equilíbrio, postura e graus de rotação externa dos membros inferiores em amplitudes máximas que requeriam elevado grau de trabalho muscular.

A influência do componente isométrico na resposta da FC e do  $VO_2$  pode ser atribuída a mudanças no comportamento do fluxo sanguíneo. A elevação da FC e diminuição do  $VO_2$  atribuídos ao trabalho isométrico de um único membro durante um teste de *step*, exemplifica essa resposta (Bell e Bassay 1993, apud Angelis (203)). As adaptações hipertróficas no ventrículo esquerdo do coração de bailarinos também refletem a influência do trabalho isométrico realizado na dança (206). Mudanças da resposta cardiovascular durante exercícios isométricos já foram demonstradas em estudos utilizando tanto contrações com membros superiores quanto em membros inferiores (207-210). As respostas que se seguem após este tipo de contração são de aumentos do volume de ejeção e de débito cardíaco imediato e, de forma interessante, sem nenhuma mudança na condutância vascular sistêmica (207). Os mecanismos fisiológicos para explicar essa resposta de aumento do retorno venoso parecem envolver uma rápida vasoconstrição visceral, especialmente renal (207) e esplâncnico (209), por um rápido aumento da ativação do sistema nervoso simpático (211), levando assim a uma redistribuição do fluxo sanguíneo, aumento do retorno venoso, e finalmente por mecanismos já bem conhecidos como o de Frank-Starling resultam em aumentos no volume de ejeção, de frequência cardíaca e, conseqüentemente, do débito cardíaco. Dessa forma, exercícios isométricos e/ou exercícios com um componente isométrico bastante acentuado, como é o caso do *ballet*, podem resultar em aumentos do retorno venoso seguidos por aumentos na frequência cardíaca que se mantêm sustentados após os exercícios. Desse modo, a FC durante os exercícios de *ballet* pode estar mais associada com as contrações isométricas do músculo esquelético do que com a demanda metabólica aeróbia da atividade (7).

Séries de exercícios intermitentes de alta intensidade mostram a rápida cinética do  $VO_2$  entre períodos de elevada carga de trabalho e períodos de recuperação (212). Sendo o  $VO_2$  diretamente relacionado ao trabalho muscular, é

esperada a resposta quase imediata de aumento  $\text{VO}_2$  perante explosões de movimento e o retorno do mesmo a valores próximos do repouso nos períodos de descanso. Isso pode estar associado a uma resposta do  $\text{VO}_2$  em percentuais mais baixos de trabalho em comparação aos percentuais relacionados à FC tanto na aula quanto no ensaio de *ballet*. O treinamento intervalado está associado a uma variação das demandas de  $\text{O}_2$  e requer adaptações centrais que mantêm o suprimento de  $\text{O}_2$  e o débito cardíaco (Q). No entanto, a FC permanece elevada durante estímulos intermitentes, apesar de adaptações como aumentados Q,  $\text{FC}_{\text{máx}}$  e volume de ejeção (VEj), após treinamento intermitente comparado com contínuo (200). Isso pode ser atribuído à manutenção da ativação simpática constante e redução da ativação parassimpática durante protocolos intermitentes, como mencionando previamente (202), o que é elucidado em nosso estudo por uma FC que permanece elevada mesmo durante os períodos sem movimentação da coreografia.

Além disso, deve-se levar em consideração que os períodos de intervalo das coreografias de dança em geral, incluindo o *ballet* Paqueta, envolvem contrações musculares isométricas para manutenção das poses coreográficas ou movimentação de baixa intensidade em torno do palco, as quais possuem cunho artístico. Isso sugere que, entre as baterias de explosões de movimentos, que variam de 10 a 40 segundos no *ballet* Paqueta, há períodos durante a própria coreografia que podem ser considerados uma recuperação ativa, facilitando o restabelecimento da capacidade anaeróbia ou diminuindo a contribuição do metabolismo anaeróbio ao total de energia requerido, a partir de uma manutenção do fluxo sanguíneo nos períodos de recuperação (212). Esses momentos de recuperação ativa também mantêm o  $\text{VO}_2$  elevado suficientemente para preparar a bailarina para a próxima bateria de exercícios ou sequência coreográfica. A recuperação ativa pode aprimorar a cinética do  $\text{VO}_2$  por meio do aumento de fluxo sanguíneo nos membros inferiores e conseqüente aumento da oferta de  $\text{O}_2$  antes de uma bateria de exercício de alta intensidade, o que pode ser demonstrado por uma aumentada  $D_{a-v}\text{O}_2$  foi verificada após um período de treinamento de 8 semanas de corrida intermitente com recuperação ativa (200). Além disso, a manutenção de enzimas regulatórias do metabolismo aeróbio em elevados níveis de ativação, reduzindo o tempo requerido para estas enzimas alcançarem ativação completa no começo da próxima bateria de exercícios também contribui para o aprimoramento da

cinética do  $\text{VO}_2$  mediada por uma recuperação ativa (212). Esses períodos de recuperação ativa do corpo de baile do *ballet Paqueta* também podem estar associados aos valores de lactato mais baixos de nosso estudo ( $5,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ ) em comparação com o estudo de Shantz e Astrand (188) ( $10 \text{ mmol.l}^{-1}$ ) anteriormente mencionado, uma vez que a recuperação ativa mantém o fluxo sanguíneo elevado, acelera a remoção de íons  $\text{H}^+$  (213) e promove a ressíntese de PCr (212, 214).

Retornando-se à análise do comportamento do  $\text{VO}_2$  e da FC em atividades intermitentes, já é sabido da literatura que as relações entre ambos os parâmetros não são lineares (200, 202, 215). Quanto mais estável uma atividade em termos de intensidade, maior a relação  $\text{FC}/\text{VO}_2$ , o que poderia sugerir que na dança, durante os exercícios de barra ou de aquecimento de uma aula, possivelmente haveria uma relação  $\text{FC}/\text{VO}_2$  mais forte do que durante os exercícios de centro, de características mais intermitentes (215). Nessa perspectiva, esses mesmos autores (215) testaram a validade do uso da FC como preditor do  $\text{VO}_2$  em dança, comparando essas duas variáveis a diferentes cargas de trabalho em um teste de cargas progressiva em esteira e em uma aula de dança contemporânea. Os dados desse estudo mostraram diferenças significativas na relação  $\text{FC}/\text{VO}_2$  entre o teste de esteira e de dança em intensidades abaixo de  $20 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , e paradoxalmente, mostraram diferenças em intensidades acima desta, o que vai de encontro à hipótese dos autores. Lothian e Farrally (216) sugerem que estimativa do  $\text{VO}_2$  através da FC é possível para exercícios intermitentes se o protocolo de teste utilizado for realizado com exercícios específicos da modalidade. No entanto, Redding et. al (215) ressaltam ainda que a variabilidade individual da FC é muito ampla nos exercícios intermitentes, mostrando um mínimo de 30 bpm de diferença em cada intensidade do  $\text{VO}_2$  avaliada no teste de esteira e de dança. Desse modo, parece inviável prever o  $\text{VO}_2$  pelos valores de FC em dança a partir de uma relação  $\text{FC}/\text{VO}_2$  estabelecida em um teste de esteira (215). Medidas da FC também têm falhado como parâmetro de intensidade em sessões de dança aeróbica, mostrando uma FC significativamente mais elevada em relação ao  $\text{VO}_2$  (217, 218). Embora a dança aeróbica seja uma atividade mais contínua do que o *ballet*, mantida a maior parte do tempo em intensidade moderada (203), a diversidade de ritmos, direções e movimentos de alto e baixo impacto podem influenciar a resposta da FC.

Perante este complexo contexto metabólico em que a dança em geral está inserida (balé, dança contemporânea, dança escocesa, jazz e outras formas de

dança), observa-se que há, sim, diferenças entre os estímulos dos treinamentos e das *performances* em dança (81).

As aulas de dança requerem predominantemente o metabolismo aeróbio (3); as coreografias, por sua vez, solicitam também contribuição significativa do metabolismo aeróbio alático (20); e por fim, os espetáculos exigem desempenho do metabolismo anaeróbio láctico, devido as sucessivas coreografias que têm de ser dançadas com insuficientes intervalos de recuperação (198). Isso pode ser verificado pelos moderados valores de FC durante as aulas de dança (3, 198) em contrapartida a valores de FC mais próximos da  $FC_{máx}$  e por valores mais elevados nas concentrações de lactato sanguíneo após coreografias (19, 20, 188, 198). Nossos valores de lactato do ensaio e da aula demonstram que o ensaio tem uma tendência a estímulos mais anaeróbios do que a aula, uma vez que o ensaio não é significativamente diferente da aula nem do máximo, mas o máximo é significativamente maior do que a aula.

A avaliação separada da concentração de lactato após três diferentes coreografias durante uma competição de dança escocesa demonstrou que os níveis de lactato final de cada uma foram significativamente influenciados (aumentados) pelas danças anteriores (198). Isso pode ser atribuído aos espetáculos de *ballet*, onde muitas coreografias são possivelmente dançadas com intervalos não suficientes para uma recuperação completa dos sistemas energéticos, isto é, diante de uma situação aumentada de fadiga muscular. Desse modo, é provável que o tempo de recuperação entre uma coreografia e outra durante um espetáculo de dança é insuficiente para recuperar o déficit de  $O_2$  e retornar os níveis de lactato e outros metabólitos a valores próximos do repouso. Por isso é importante um bom desempenho aeróbio dos bailarinos perante o limiar anaeróbio, evitando a fadiga muscular precoce nessas situações. Além disso, quando várias coreografias tem de ser dançadas sucessivamente, pensar em métodos de recuperação ativa (50 a 60% do  $VO_{2máx}$ ) para remoção mais rápida dos metabólitos derivados da acidose láctica, também parece ser interessante (198). Visto que as coreografias de dança solicitam também desempenho do metabolismo anaeróbio alático, pensar em tempos de recuperação adequados parece fundamental, visto que há relações do metabolismo aeróbio com a ressíntese de creatina fosfato (CrP) e a remoção de fosfato inorgânico (Pi) acumulado após trabalhos que envolvem *sprints* sucessivos (214).

Em outras palavras, o condicionamento aeróbio parece estar ligado aos mecanismos de fadiga muscular em modalidades intermitentes, como é o caso do *ballet*.

Guidetti et. al (7) demonstraram que ambos metabolismos aeróbio e anaeróbio são solicitados no *ballet* de elevado nível técnico, visto que a maioria dos exercícios é realizado em cargas de trabalho significativamente acima do limiar aeróbio e não significativamente abaixo do limiar anaeróbio, tanto em relação ao  $VO_2$  quanto à FC e ao lactato. Um limiar anaeróbio mais elevado, sob esse ponto de vista, é importante para a realização de exercícios com menor gasto de energia e melhor desempenho técnico. Guidetti et. al (6) observaram que uma sequência de *pique tours* teve maior contribuição do metabolismo aeróbio e menores valores de lactato quando executada após um aquecimento que envolvia uma série *pré barre* e uma série de *pliés*, sendo esta uma estratégia simples de planejamento para retardar o trabalho em limiar anaeróbio nas rotinas de dança.

Desse modo, parece que a periodização do treinamento de dança precisa ser investigada. Nosso estudo fornece indicativos de que o treinamento de *ballet*, não contempla a magnitude dos estímulos cardiorrespiratórios solicitados nas coreografias durante os ensaios, e especula que essa diferença de magnitude seja ainda maior para os espetáculos, tanto em relação ao  $VO_2$ , quanto à FC e ao lactato.

Planejar os períodos de descanso durante uma aula e um ensaio de *ballet*, bem como selecionar exercícios de intensidades correspondentes à das coreografias a serem dançadas em um espetáculo pode ser um começo. Isso não exclui as partes de trabalho técnico das aulas (barra) e ensaios (correções técnicas e artísticas), mas sugere a elaboração de treinamentos paralelos com as próprias rotinas de dança, mantendo a característica intermitente da modalidade e estimulando adaptações específicas e de maior magnitude em relação ao treinamento.

Começaremos agora a discussão das respostas das variáveis de dano celular após a aula e o ensaio de *ballet*. Referente à análise da CK, numerosos estudos têm demonstrado a ocorrência de dano muscular através da análise dos níveis séricos de CK em exercícios dinâmicos excêntricos (71, 219-221). Entretanto, geralmente estes utilizam em seus desenhos experimentais protocolos de alta intensidade de exercício. Como resultados desse tipo de estímulo, há um aumento do influxo de cálcio gerando seu acúmulo intracelular e dano a membrana celular, o que leva ao

extravasamento de proteínas como a CK no plasma ou no soro (221). Entretanto, estudos com protocolos submáximos e de característica intermitente têm recebido menos atenção da literatura. Além disso, não há estudos de nosso conhecimento que tenham avaliado a resposta da CK ao exercício de *ballet* clássico ou de dança em geral. Nossos dados em relação a esse parâmetro, assim como os dados de estresse oxidativo, parecem ser inovadores nesta modalidade.

Os valores de CK encontrados em nosso estudo são relativamente baixos (média pós aula e ensaio  $144 \pm 60,0$  e  $122 \pm 70,7$ , respectivamente) perante o ponto de corte da liberação sérica de CK após lesão muscular induzida por exercício, entre 300 e 500 UL, sugerido na literatura (116).

Entretanto, estudos têm mostrado que os níveis de CK estão associados com propriedades musculares individuais distintas. Sujeitos podem ser classificados como de alta e baixa responsividade, tendo sido mostrado que indivíduos de alta responsividade apresentam área de secção transversa e volume do quadríceps significativamente mais baixos do que os indivíduos de baixa responsividade (145). É possível que as bailarinas avaliadas em nosso estudo sejam indivíduos de baixa responsividade, devido a uma possível grande área de secção transversa dos músculos seus membros inferiores, intensamente trabalhados no *ballet*. Os baixos valores da dobra cutânea e o perímetro da coxa de nossas bailarinas, similares ao de bailarinas profissionais (48) podem ser indicativos de uma área de secção transversa considerável do quadríceps das mesmas. O fato de serem do sexo feminino também pode contribuir para essa baixa responsividade, uma vez que o estrógeno pode ser um fator responsável pela manutenção da estabilidade da membrana pós-exercício, limitando o extravasamento de CK do músculo lesionado (168, 222). Schroeder (223) avaliou mulheres submetidas a treinamento com pesos livres e descreveu valores de CK variando entre 70 e 180 UL ao longo de 16 semanas, o que está de acordo com nossos dados. Jamurtas et al. (71), colocam que ações excêntricas submáximas podem desencadear lesão prévia ao músculo, o que pode produzir efeito profilático e, associado ao fato de mulheres estarem mais protegidas da LM pelo efeito do estrógeno (89, 103, 183), provocam liberação mais atenuada de CK. Shumate et. al (120) verificaram aumentos na CK de  $664 \pm 541$  e  $153 \pm 11$  U/L para homens e mulheres, respectivamente, após teste progressivo em cicloergômetro. Esses valores para mulheres também corroboram com os nossos dados.

Além disso, apesar dos níveis de CK em repouso de indivíduos treinados serem mais elevados, os aumentos que ocorrem após o exercício são de menor magnitude do que sujeitos não treinados. As adaptações ao treinamento também estão relacionadas aos níveis de extravasamento de CK para a circulação e à sua variabilidade. Atletas que apresentam baixa responsividade à CK apresentam menor variabilidade deste marcador, o que pode estar associado à manutenção do aumento significativo da CK de imediatamente após até 48 horas após ambos os exercícios, aula e ensaio de *ballet*.

Seguindo-se na análise do efeito tempo, uma das razões pela escolha da medida da CK em 48h após a aula e o ensaio de *ballet* é o seu já conhecido aparecimento tardio no sangue pós-exercício, o que é atribuído à passagem dessa proteína aos vasos linfáticos, antes de entrar na corrente sanguínea. Proteínas grandes como a CK são liberadas no espaço intersticial, mas por causa de seu tamanho elas não entram facilmente no endotélio microvascular e são então levadas aos vasos linfáticos. O sistema linfático é um sistema lento em comparação ao sistema circulatório e depende de forças externas, como a atividade muscular, para facilitar o seu movimento (221). Essa resposta tardia parece estar relacionada aos protocolos de alta intensidade. Diferentemente de ações excêntricas com sobrecarga, máximas ou supra-máximas, que apresentam picos tardios (de 48 a 96 horas pós-exercício) exercícios com cargas excêntricas submáximas parecem ter picos de liberação da CK logo após o exercício em magnitude similar aos de cargas excêntricas mais elevadas, no entanto, a recuperação dos níveis de repouso é mais rápida, mantendo-se elevada apenas até 48h pós exercício (224). Isso justifica nossos dados que mostram aumento da CK pós-aula e pós-ensaio de *ballet*, o qual se manteve nas 48h seguintes às duas situações. Embora nossos valores estejam em torno dos valores de referência para mulheres (30-135 UL), observa-se que os estímulos provenientes dos exercícios propostos foram capazes de gerar mudanças significativas nos valores de repouso da CK, mudanças estas que se mantiveram ao longo tempo. Pantoja et. al (221) verificaram que a resposta da CK às ações excêntricas verificadas em ambiente aquático significativamente menores do que àquelas verificadas em ambiente terrestre, indo ao encontro do fato de que ações excêntricas submáximas causam rupturas menos severas nas fibras musculares, levando a danos de menor magnitude. Paschalis et. al (225) verificaram aumentos de magnitude similar nos níveis séricos de CK em 24, 48, 72 e 96 horas após

exercícios excêntricos de alta e baixa intensidade, sendo todos estes aumentos significativamente maiores que os valores pré. Entretanto, o protocolo de alta intensidade causou maiores perturbações no desempenho da tarefa de extensão do joelho, sugerindo que volumes iguais de exercícios excêntricos de alta e baixa intensidade tem efeitos similares no dano muscular, mas protocolos de alta intensidade tem efeitos mais prejudiciais na *performance*. Os aumentos relativos ao protocolo submáximo vão ao encontro dos nossos aumentos em 48 horas após a aula e ao ensaio de *ballet*, o que provavelmente não interferiria em posteriores performances das bailarinas, visto que nossos aumentos foram significativos, mas ainda dentro da normalidade.

Em relação às diferenças relativas ao tipo de exercício, a CK mais elevada na aula do que no ensaio de *ballet* pode estar associada à elevada atividade muscular excêntrica verificada nos exercícios de *ballet* analisados isoladamente. Trepman et. al (77), em análises eletromiográficas de membros inferiores de bailarinos, verificaram que a flexão de joelhos e a abdução da coxa do exercício *grand-plié* foram controladas essencialmente pelas contrações excêntricas dos músculos quadríceps e adutores, respectivamente. Do mesmo modo, foram as ações excêntricas que controlaram o *demi-plié* e que mantiveram as posições de rotação externa da articulação coxo-femoral das bailarinas durante a execução dos movimentos avaliados. Além disso, bailarinos de *ballet* apresentaram maior ativação excêntrica do quadríceps no movimento *demi-plié* do que bailarinos de dança contemporânea, que apresentaram maior atividade concêntrica do mesmo (Reilly et. al 1972, apud Trepman (77)). Bailarinos clássicos também apresentaram atividade antecipatória do quadríceps previamente à realização do *grand-plié* mais freqüente do que os bailarinos contemporâneos (226). Assim, a prevalência de contrações musculares excêntricas parece ser uma característica do treinamento de *ballet* clássico, que pode estar evidenciada nas aulas, onde se realizam repetidas vezes as sequências de exercício isoladamente, com ênfase na técnica, estética e controle dos movimentos. As coreografias dançadas nos ensaios envolvem o mesmo tipo de movimento das aulas, porém combinados em rotinas que requerem maior coordenação motora e desenvoltura artística, além de maiores demandas cardiorrespiratórias devido a combinações de saltos, giros e grandes deslocamentos no palco. Além disso, nas coreografias ou espetáculos de *ballet*, os bailarinos revezam papéis e participações, repetindo apenas uma vez cada sequência

coreográfica, enquanto na aula de dança todos tem de executar os exercícios do início ao final da sessão. Isso sugere que a sobrecarga excêntrica possa ser mais elevada na aula de dança, uma vez que as sequências técnicas isoladas são controladas primariamente por esse tipo de contração (77, 226).

Schroeder et. al (223), ao avaliarem duas intensidades de treinamento de força excêntrico; alta intensidade (6 repetições - 125% 1RM) e baixa intensidade (10 repetições – 75% 1RM), verificaram que o treinamento de baixa intensidade e mais longa duração gerou dano muscular maior ao longo de 16 semanas do que o treino de alta intensidade. Isso pode ser atribuído aos maiores valores de CK relativos à aula de *ballet*, uma vez que as microlesões provocadas pelas repetições dos exercícios de mais baixa tensão muscular parecem produzir valores mais elevados e constantes de CK ao longo do tempo (223). Diferentemente do que têm sido reportado na literatura (227), parece que o maior número de contrações excêntricas, no nosso caso ocorrido durante a aula de *ballet*, em intensidades submáximas, pode representar um nível ótimo para adaptações músculo-esqueléticas (223). Assim, observa-se que sobrecarregar um mesmo grupo muscular por mais longa duração pode gerar tanto quanto ou mais dano celular do que exercícios de curta duração para grupos musculares variados (223).

Desse modo, parece que as bailarinas são submetidas a uma sobrecarga mecânica e neuromuscular adequada em seus treinamentos, o que é representado nesse estudo pelos valores de CK mais elevados, porém dentro da normalidade, após a aula de *ballet*.

No que concernem as mudanças induzidas no metabolismo da glutathiona nos eritrócitos, nossos resultados demonstraram apenas diferenças significativas na razão GSSG/GSH, que se encontrou significativamente diminuída em 48 horas após a aula e o ensaio, não havendo, no entanto, diferenças entre as duas modalidades de exercício (Figura14). Alguns estudos sugerem que a relação GSSG/GSH aumenta durante o exercício devido a sua utilização contra a produção de RL (144, 146) e que em indivíduos altamente treinados, em diferentes tipos de modalidade esportiva (aeróbia, anaeróbia ou mista) ela decai significativamente nas horas seguintes ao exercício, corroborando com nossos valores de 48 horas significativamente mais baixos do que o pós aula e ensaio de *ballet* (24).

O significado fisiológico da razão GSSG/GSH é que esta representa um índice geral do estado redox celular (133). Quando avaliada nos eritrócitos, células

altamente suscetíveis a mudanças pró-oxidantes no sangue, a razão GSSG/GSH se torna um indicativo ainda mais importante no que concerne a variações dos sistemas anti e pró-oxidantes que podem decorrer de situações tais como inflamações, infecções, outras respostas imunológicas ou mesmo de exercício físico (228). Mudanças na razão GSSG/GSH obviamente são decorrentes da oxidação do grupo tiol da glutathiona por radicais livres e/ou de mudanças nas atividades e/ou expressão de enzimas envolvidas na síntese de GSH tais como GSH redutase, GSH peroxidase,  $\gamma$ -glutamil-cisteina sintetase, glutathiona sintetase, enzimas da via das pentoses (envolvidas na síntese de NADPH, essencial para a síntese de glutathiona), entre outras (228).

No presente trabalho, não foram avaliadas a atividade destas enzimas, no entanto, os conteúdos de glutathiona reduzida e oxidada foram mensurados. Curiosamente, não encontramos diferenças significativas nas concentrações de GSH e GSSG em nenhum período avaliado, tampouco entre a aula e o ensaio. Apesar disso, não devemos ignorar o fato de que houve tendências claras (um valor de  $p$  quase significativo – figura 13) de aumentos no conteúdo de GSSG imediatamente após os exercícios e que diminuem significativamente em 48 horas. O mesmo comportamento, mas inverso, foi observado para os valores de GSH, com uma diminuição imediata após o exercício e com recuperação em 48 horas. Se a tendência da GSSG, aliada ao comportamento da GSH forem levadas em consideração, nossos resultados apontam para uma possível adaptação dos sistemas anti-oxidantes de bailarinas que ocorrem em resposta às alterações oxidativas após suas aulas e ensaios, demonstrando que bailarinas podem sim estar adaptadas a geração de RL decorrentes da carga de trabalho imposta nestas duas situações.

Comportamento similar da GSSG, GSH e da relação GSSG/TGSH pós-exercício é verificado no estudo de Bloomer et. al (157) e suportado por outros estudos na literatura (229, 230). A diminuição significativa da GSSG/TGSH em 24 horas após exercício em cicloergômetro e exercícios de agachamento suporta nosso decréscimo significativo da mesma relação em 48 horas.

Além disso, a tendência observada no conteúdo GSSG pode estar relacionada com a produção de óxido nítrico, o mais potente vasodilatador produzido em exercício. Este gás apresenta meia-vida de poucos segundos, atuando localmente onde é produzido. Recentemente foi sugerido que a ligação deste gás a

grupos tios da glutathione em eritrócitos pode prolongar sua meia-vida e representar uma estratégia de transporte deste vasodilatador a outros leitos capilares (231), no entanto, essa relação, neste trabalho, é meramente especulativa. Para complementar, parece que exercícios que envolvem grandes amplitudes musculares, com forças passivas atuando durante o movimento, podem induzir maior estresse de cisalhamento e conseqüente liberação de óxido nítrico (232). Nessas condições, um processo de isquemia-reperfusão é representado. É como se o alongamento e as contrações estáticas envolvidas causassem um curto período de isquemia, o qual poderia induzir uma elevação transiente do fluxo sanguíneo muscular durante o exercício de alongamento, seguido por uma hiperemia no período de relaxamento (reperfusão) (233), onde a formação de NO é importante. Visto que o *ballet* envolve movimentos em grandes amplitudes articulares, aliados a contrações isométricas repetidas, é possível que haja um elevado estresse de cisalhamento seguido de maior liberação de óxido nítrico.

Os resultados de lipoperoxidação demonstram que não houve mudanças significativas em nenhum momento (pós ou 48h) de ambos os exercícios. No entanto foram encontrados valores significativamente aumentados na aula em comparação ao ensaio. Apesar da diferença estatística, cabe ressaltar que os valores encontrados, além de já partirem de um nível basal mais elevado na aula que no ensaio, fisiologicamente não representam mudanças significativas, uma vez que estes já se encontram, inclusive, abaixo do valor normal para indivíduos saudáveis (valores de referência para plasmas humanos são de  $4,9 \pm 1,7 \mu\text{M}$  de lipoperóxidos (195) contra  $1,4 \pm 0,2$  da aula e  $0,95 \pm 0,16$  do ensaio).

Quando levamos em consideração o fato de que os valores de CK também foram mais elevados na aula em relação ao ensaio, poder-se-ia sugerir que um maior dano a membrana celular decorrente da produção de RL induziu lipoperoxidação na membrana celular e que esta pode ter desencadeado em uma perda de fluidez da mesma seguida de seu rompimento, possibilitando o extravasamento de CK ao meio extracelular em maior quantidade durante a aula, resultando assim em maior indicativo de lesão muscular (127, 128). Por esta razão, a carga excêntrica submáxima provocada pela aula de *ballet* parece ser suficiente para provocar adaptações mínimas associando-se os danos de LPO aos aumentos da CK, representando uma possível maior formação de ERO e micro-lesões adaptativas da membrana celular, respectivamente. Esse raciocínio, embora correto

do ponto de vista bioquímico, deve ser feito com cuidado, uma vez que, apesar da análise de lipoperoxidação pela técnica do xilenol laranja ter indicado um aumento, este não parece ser fisiológico, sendo necessária, a análise desta variável bioquímica por outras técnicas mais sensíveis, como por exemplo, a medida de 8-isoprostanos plasmáticos. De fato, poucos trabalhos na literatura utilizam a técnica do xilenol laranja para mensurar lipoperóxidos em situações de exercício quando comparados com outras técnicas disponíveis. Além disso, não foram encontradas correlações estatísticas entre as concentrações séricas de CK e de lipoperóxidos.

No entanto, medidas de outros marcadores de lipoperoxidação (MDA, TBARS) também não têm verificado mudanças tempo-dependentes após exercícios aeróbios ou anaeróbios (154, 157, 234). Parece que aumentos de lipoperoxidação são intensidade-dependentes, tendo os protocolos de intensidades acima de 80%VO<sub>2máx</sub> mostrado diferenças significativas nesses marcadores (157).

Exercícios de baixa a moderada intensidade (abaixo de 50 até 70% do VO<sub>2máx</sub>) como a aula (todo = 38,8±5,9 / picos = 53,4±7,7 %VO<sub>2máx</sub>) e o ensaio (todo = 51,9±7,3 / picos = 66,2±8,8 %VO<sub>2máx</sub>) de *ballet* parecem não exercer efeitos de EO ou LM, ligados à intensidade do exercício e ao nível de condicionamento físico dos indivíduos. Ações musculares excêntricas e isométricas não apresentam aumentos significativos no VO<sub>2</sub>, em função de grande parte da energia utilizada para este tipo de contração ser proveniente dos elementos passivos da junção músculo-tendínea. No entanto, alguns estudos têm relatado relações entre a execução de exercícios excêntricos, marcadores periféricos de lesão e EO, especulando-se que essas relações estariam ligadas ao mecanismo de isquemia-reperfusão (23). Entretanto, a intensidade submáxima do *ballet* parece gerar EO em níveis suficientes para estimular os mecanismos de adaptação muscular, o que pode ser proveniente da formação de ERO via cadeia de transporte de elétrons e/ou mecanismos de isquemia-reperfusão.

A análise do metabolismo da glutatona parece ser um marcador sensível de estresse oxidativo para diversos tipos de exercícios, anaeróbios e/ou aeróbios de moderada a alta intensidade. Nossos resultados de EO corroboram com os achados de Bloomer (157), uma vez que após 30 minutos de ambos os protocolos de exercícios, aeróbio e anaeróbio, foram encontradas mais mudanças no metabolismo da glutatona do que danos a lipídeos de membrana.

Indo em encontro aos achados deste estudo, sabe-se que indivíduos bem treinados, seja em relação à potência aeróbia, anaeróbia ou mista, embora expostos a maiores cargas de trabalho, freqüentemente apresentam variações de menor magnitude nas respostas aos índices de EO e LM induzida por exercício (24). Um sistema antioxidante e mecanismos de adaptação e reparo muscular mais eficientes podem justificar esse fato (23, 24, 28). As ERO têm um importante papel na sinalização e biogênese das células porque elas podem servir como mensageiros celulares ou modificar o estado redox da célula (24, 122, 123). A formação de ERO também está envolvida na ativação enzimática, na detoxificação de drogas ou na facilitação da reposição de glicogênio (24). A inibição da produção de ERO pode levar à perda de força de contração das fibras musculares.

Niess e Simon (23) propõem uma integração ótima entre a formação de ERO e a atividade do sistema antioxidante. Demonstram que níveis aumentados de ERO, gerados no trabalho muscular, podem levar a mudanças no balanço redox celular, o qual tem sua extensão resultante da relação de formação das ERO e da capacidade do sistema antioxidante. Mudanças moderadas no estado redox parecem exercer propriedades regulatórias, desencadeando os mecanismos de transcrição gênica necessários à adaptação, visto que quantidades mínimas de ERO são necessárias para a contração muscular (23, 103). A geração excessiva de ERO sem adequada compensação do sistema antioxidante pode levar à fadiga muscular e conseqüente efeitos danosos à membrana celular, como LPO, oxidação de proteínas e dano ao DNA, podendo desencadear LM induzida, dessa forma, por EO.

Deste modo, as baixas concentrações de lipoperóxidos (mesmo com aumentos significativos); as variações na liberação de CK (que aumentam após a aula e ensaio, mas que quando comparadas as concentrações encontradas após outras modalidades de exercício estão abaixo do ponto de corte da liberação sérica de CK após lesão muscular induzida por exercício, entre 300 e 500 UL, sugerido na literatura); e as baixas respostas de variação no metabolismo da glutathione, sugerem que as bailarinas avaliadas estão adaptadas do ponto de vista de dano celular ao exercício a qual são submetidas, tanto aula quanto no ensaio. Isso demonstra que seu treinamento em aula promove as adaptações mínimas requeridas para execução dos exercícios, pelo menos do ponto de vista da formação de radicais livres, defesas antioxidantes e da manutenção da integridade da célula muscular.

## 6 CONCLUSÕES

A hipótese inicial do presente estudo foi parcialmente confirmada pelos nossos achados. As variáveis cardiorrespiratórias ( $VO_2$ , FC e La) vão ao encontro do previamente hipotetizado, visto que o ensaio foi mais intenso do que a aula em relação a esses parâmetros. Por outro lado, a aula de *ballet* foi mais intensa no que se refere aos parâmetros de dano celular (CK e LPO). Devido aos modestos valores verificados, parece que as bailarinas avaliadas estão adaptadas ao exercício a que se propõe em relação aos parâmetros de dano celular. Desse modo, os resultados sugerem que o treinamento das bailarinas prepara-as adequadamente para suas performances do ponto de vista neuromuscular, entretanto, parece que as bailarinas necessitam de treinamento mais específico do ponto de vista cardiorrespiratório para seu desempenho em palco.

As relações do  $VO_2$  e da FC com os limiares ventilatórios das bailarinas mostram que elas trabalham predominantemente em zona aeróbia de trabalho, estando ambos, aula e ensaio de *ballet* em intensidade subaeróbia em relação ao  $VO_2$ . Em relação à FC, a aula como um todo e o centro estão em zona aeróbia de baixa intensidade, uma vez que são estatisticamente iguais a LV1; e o ensaio está em zona aeróbia de intensidade intermediária, uma vez que é estatisticamente igual a LV1 e a LV2. Ressalta-se também a participação do metabolismo anaeróbio alático nas coreografias (verificado pela análise dos *sprints* da coreografia Paquita) e a maior participação do metabolismo anaeróbio láctico no ensaio do que na aula de *ballet* (especulado a partir da comparação da aula e do ensaio com o La pós teste  $VO_{2máx}$ , sendo o ensaio estatisticamente igual à aula e ao máximo, e estes dois últimos estatisticamente diferentes entre si).

Nessa perspectiva, os percentuais de carga de trabalho relativos ao  $VO_2$  parecem ser mais baixos do que em relação à FC, indicando que a FC não é um parâmetro adequado para controle e prescrição de treinamento em dança.

Os valores de  $VO_{2máx}$  foram baixos quando comparados a outras modalidades esportivas, no entanto, as bailarinas avaliadas mostraram bom desempenho cardiorrespiratório perante as limiares ventilatórios. Os valores de percentual de gordura corporal foram ao encontro da literatura.

Finalizando, visto que há diferenças cardiorrespiratórias significativas entre o treino (aula) e as situações de desempenho das bailarinas (ensaios, coreografias, espetáculos), é importante pensar em planejamento das aulas e dos ensaios de modo a se reproduzir o que

irá ser feito na situação seguinte. Isto é, organizar a aula ou sessões paralelas de treinamento com os próprios exercícios de aula, com intensidade similares ao que será exigido nas coreografias. Do mesmo modo, organizar e planejar os ensaios não somente do ponto de vista técnico, mas também fisiológico, com taxas de exercício e recuperação pertinentes e previamente planejadas de acordo com o que será exigido na *performance* a ser apresentada. Enfatizar os exercícios de centro nos treinamentos das bailarinas parece ser uma alternativa para o desenvolvimento da capacidade cardiorrespiratória das mesmas, uma vez que tais sequências de movimentos demonstram respostas mais similares ao ensaio no que concerne às variáveis cardiorrespiratórias (VO<sub>2</sub>, FC e La).

## 7 PERSPECTIVAS

Perante melhores respostas adaptativas encontradas em atletas de elevado nível técnico, tanto em relação aos parâmetros de LM quanto a um sistema antioxidante mais eficiente, seria interessante comparar tais dados em bailarinos de diferentes níveis de habilidade técnica. Além disso, as comparações entre bailarinos do sexo masculino e feminino também engrandeceriam o conhecimento da fisiologia da dança, uma vez que o homem bailarino tem papel protagonista em muitas montagens de *ballet* clássico e contemporâneo. Outra perspectiva interessante seria analisar a influência de *performances* em dança com e sem a realização de aquecimento, em função da melhora do desempenho aeróbio e conseqüente retardo da lactacidemia e, ainda, das possíveis relações do aquecimento com lesões do tecido muscular.

## 8. REFERENCIAS

- [1] KOUTEDAKIS Y, JAMURTAS A. The dancer as a performing athlete: physiological considerations. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2004;34:651-61.
- [2] KOUTEDAKIS Y, MYSZKEWYCZ L, SOULAS D, PAPAPOSTOLOU V, SULLIVAN I, SHARP NC. The effects of rest and subsequent training on selected physiological parameters in professional female classical dancers. *Int J Sports Med*. 1999;20:379-83.
- [3] COHEN JL, SEGAL KR, WITRIOL I, MCARDLE WD. Cardiorespiratory responses to ballet exercise and the VO<sub>2</sub>max of elite ballet dancers. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14:212-7.
- [4] SCHANTZ P AND ASTRAND P. Physiological characteristics of classical ballet. *Med and Science in Sports and Exercise* 1984: 472-78.
- [5] KOUTEDAKIS Y, SHARP NC. Thigh-muscles strength training, dance exercise, dynamometry, and anthropometry in professional ballerinas. *J Strength Cond Res*. 2004;18:714-8.
- [6] GUIDETTI L, EMERENZIANI GP, GALLOTTA MC, BALDARI C. Effect of warm up on energy cost and energy sources of a ballet dance exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2007;99:275-81.
- [7] GUIDETTI L, GALLOTTA MC, EMERENZIANI GP, BALDARI C. Exercise Intensities during a Ballet Lesson in Female Adolescents with Different Technical Ability. *International journal of sports medicine*. 2007;28:736-42.
- [8] BALDARI C, GUIDETTI L. VO<sub>2</sub>max, ventilatory and anaerobic thresholds in rhythmic gymnasts and young female dancers. *J Sports Med Phys Fitness*. 2001;41:177-82.
- [9] GUIDETTI L GM, EMERENZIANI GP, BALDARI C. Exercise Intensities during a Ballet Lesson in Female Adolescents with Different Technical Ability. *International journal of sports medicine*. 2007;28:1 - 7.
- [10] WESTBLAD P T-FL, JOHANSSON C. Eccentric and concentric knee extensor muscle performance in professional ballet dancers. *Clin J Sport Med* 1995;5:48 - 52.
- [11] KELMAN BB. Occupational hazards in female ballet dancers. Advocate for a forgotten population. *Aaohn J*. 2000;48:430-4.
- [12] ARENDT YD, KERSCHBAUMER F. [Injury and overuse pattern in professional ballet dancers]. *Zeitschrift fur Orthopadie und ihre Grenzgebiete*. 2003;141:349-56.
- [13] NILSSON C, LEANDERSON J, WYKMAN A, STRENDER LE. The injury panorama in a Swedish professional ballet company. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2001;9:242-6.
- [14] COPLAN JA. Ballet dancer's turnout and its relationship to self-reported injury. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2002;32:579-84.
- [15] HILLIER JC, PEACE K, HULME A, HEALY JC. Pictorial review: MRI features of foot and ankle injuries in ballet dancers. *The British journal of radiology*. 2004;77:532-7.
- [16] TAJET-FOXELL BER, FD. Pain and Pain Tolerance in Professional Ballet Dancers. *Br J Sports Med*. 2002;29:31 - 4.
- [17] RAMEL E, MORITZ U. Self-reported musculoskeletal pain and discomfort in professional ballet dancers in Sweden. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*. 1994;26:11-6.

- [18] RAMEL E, THORSSON O, WOLLMER P. Fitness training and its effect on musculoskeletal pain in professional ballet dancers. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 1997;7:293-8.
- [19] WYON MA, ABT G, REDDING E, HEAD A, SHARP NC. Oxygen uptake during modern dance class, rehearsal, and performance. *J Strength Cond Res*. 2004;18:646-9.
- [20] WYON MA, REDDING E. Physiological monitoring of cardiorespiratory adaptations during rehearsal and performance of contemporary dance. *J Strength Cond Res*. 2005;19:611-4.
- [21] ASKLING C, LUND H, SAARTOK T, THORSTENSSON A. Self-reported hamstring injuries in student-dancers. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2002;12:230-5.
- [22] SORICHTER S, A. KOLLER, C. HAID, K. WICKE, W. JUDMAIER, P. WERNER, AND E. RAAS. . Light concentric exercise and heavy eccentric muscle loading: effects on CK, MRI and markers of inflammation. *Int J Sports Med*. 1995;16:288-95.
- [23] NIESS AM, SIMON P. Response and adaptation of skeletal muscle to exercise--the role of reactive oxygen species. *Front Biosci*. 2007;12:4826-38.
- [24] FINAUD J, LAC G, FILAIRE E. Oxidative stress : relationship with exercise and training. *Sports Med*. 2006;36:327-58.
- [25] NIESS AM, DICKHUTH HH, NORTHOFF H, FEHRENBACH E. Free radicals and oxidative stress in exercise--immunological aspects. *Exercise immunology review*. 1999;5:22-56.
- [26] FEHRENBACH E, NIESS AM. Role of heat shock proteins in the exercise response. *Exercise immunology review*. 1999;5:57-77.
- [27] DOLEZAL BA, POTTEIGER JA, JACOBSEN DJ, BENEDICT SH. Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. *Medicine and science in sports and exercise*. 2000;32:1202-7.
- [28] SCHNEIDER CEO, AR. Radicais livres de oxigênio e exercício: mecanismos de formação e adaptação ao treinamento físico. *Rev Bras Med Esporte*. 2004;10:308 - 13.
- [29] LEAL M. A Preparação Física na Dança. Rio de Janeiro, 1998.
- [30] MENDES M. A Dança. São Paulo, 1978.
- [31] GREINER C. Corpos em Crise uma In-tradução. *Repertório Teatro & Dança Universidade Federal da Bahia*. 1999;2:06 -11.
- [32] RODRIGUES E. A Trajetória Dialética da Dança Pós-Moderna *Repertório Teatro & Dança Universidade Federal da Bahia*. 1999;2:12 - 17.
- [33] SHELL C. The Dancer as Athlete. In: ED, ed. Olympic Scientific Congress Proceedings. 1984: 101 - 07.
- [34] KUNO M, FUKUNAGA T, HIRANO Y, MIYASHITA M. Anthropometric variables and muscle properties of Japanese female ballet dancers. *International journal of sports medicine*. 1996;17:100-5.
- [35] CALABRESE LH KD, FLOYD M. Menstrual abnormalities, nutritional patterns, and body composition in female classical ballet dancers. *Physician Sports Med* 1983;11:86 - 98.
- [36] CHMELAR RD FS, SCHULTZ BB. Body composition and comparison of measurement techniques in different levels and styles of dancers. *Dance Res J* 1988;20:37 - 41.

- [37] CLARKSON PM FP, SKRINAR M. Anthropometric measurements of adolescent and professional classical ballet dancers. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 1989;29:157 - 62.
- [38] COHEN JL KC, MAY PB. Exercise, body weight, and amenorrhea in professional ballet dancers. *Physician Sports Med*. 1982;10:92 - 101.
- [39] COHEN JL PL, FRANK O. A nutritional and hematologic assessment of elite ballet dancers. *Physician Sports Med*. 1985;13:43 -54.
- [40] KUSHNER S, SABOE L, REID D, PENROSE T, GRACE M. Relationship of turnout to hip abduction in professional ballet dancers. *The American journal of sports medicine*. 1990;18:286-91.
- [41] BENNELL K, KHAN KM, MATTHEWS B, et al. Hip and ankle range of motion and hip muscle strength in young female ballet dancers and controls. *British journal of sports medicine*. 1999;33:340-6.
- [42] MOSTARDI RA PJ, GREENBERG B. Musculoskeletal and cardiopulmonary characteristics of the professional ballet dancers. *Physician Sports Med*. 1983;11:53 - 61.
- [43] CHATFIELD SJ BW, FOSTER V. Effects of intermediate modern-dance training on select physiologic performance parameters. *Kines Med dance*. 1992;14:13 - 26.
- [44] PEKKARINEN H, LITMANEN H, MAHLAMAKI S. Physiological profiles of young boys training in ballet. *British journal of sports medicine*. 1989;23:245-9.
- [45] PRATI SRA PA. Níveis de Aptidão Física e Análise de Tendências Posturais em Bailarinas Clássicas. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2006;8:80 -87.
- [46] GUIDETTI L, BALDARI C, CAPRANICA L, PERSICHINI C, FIGURA F. Energy cost and energy sources of ball routine in rhythmic gymnasts. *International journal of sports medicine*. 2000;21:205-9.
- [47] WHYLE GP GK, REDDING E, ET AL. Electrocardiography and echocardiography findings in contemporary dancers. *J Dance Med Sci* 2003;7:91 - 95.
- [48] WYON M AN, ANGIOI M, NEVILL A, TWITCHETT E. Anthropometric Factors Affecting Vertical Jump Height in Ballet Dancers. *J Dance Med Sci* 2006;10:106-10.
- [49] COHEN JL, GUPTA PK, LICHSTEIN E, CHADDA KD. The heart of a dancer: noninvasive cardiac evaluation of professional ballet dancers. *Am J Cardiol*. 1980;45:959-65.
- [50] DAVIDSON M. Dance and Cardiorespiratory Fitness. In: ED, ed. Olympic Scientific Congress Proceedings. 1984: 133 - 37.
- [51] SALTIN B, ASTRAND PO. Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol*. 1967;23:353-8.
- [52] WYON MA, DEIGHAN MA, NEVILL AM, et al. The cardiorespiratory, anthropometric, and performance characteristics of an international/national touring ballet company. *J Strength Cond Res*. 2007;21:389-93.
- [53] BRAGADA JA. Avaliação da intensidade dos exercícios de treino, em modalidades desportivas de esforços de média e longa duração. *Treino Desportivo, Bragança*. 2001;14:18 - 26.
- [54] METRA M, RADDINO R, DEI CAS L, VISIOLI O. Assessment of peak oxygen consumption, lactate and ventilatory thresholds and correlation with resting and exercise hemodynamic data in chronic congestive heart failure. *Am J Cardiol*. 1990;65:1127-33.

- [55] MEYER T, GABRIEL HH, KINDERMANN W. Is determination of exercise intensities as percentages of VO<sub>2</sub>max or HRmax adequate? *Medicine and science in sports and exercise*. 1999;31:1342-5.
- [56] MEYER T, LUCIA A, EARNEST CP, KINDERMANN W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters--theory and application. *International journal of sports medicine*. 2005;26 Suppl 1:S38-48.
- [57] WASSERMAN K M. Detecting the threshold of anaerobic metabolism. *The American journal of cardiology*. 1964;14:844 - 52.
- [58] SVEDAHL K, MACINTOSH BR. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee*. 2003;28:299-323.
- [59] BOSQUET L, LEGER L, LEGROS P. Methods to determine aerobic endurance. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2002;32:675-700.
- [60] GLADDEN LB. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *The Journal of physiology*. 2004;558:5-30.
- [61] URHAUSEN A, KINDERMANN W. Diagnosis of overtraining: what tools do we have? *Sports Med*. 2002;32:95-102.
- [62] BALDARI C, GUIDETTI L. A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. *Medicine and science in sports and exercise*. 2000;32:1798-802.
- [63] WASSERMAN K, WHIPP BJ, KOYL SN, BEAVER WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol*. 1973;35:236-43.
- [64] DENADAI BSEA. Limiar Anaeróbico: Considerações Fisiológicas e Metodológicas. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde, São Paulo*. 1995;1:74-88.
- [65] EDWARDS AM. Lactate and Ventilatory thresholds reflect the training status of professional soccer players where maximum aerobic power is unchanged. *Journal of sports science and medicine*. 2003;2:23 - 29.
- [66] ALEXANDER MJL. The physiological characteristics of elite rhythmic sportive gymnasts. *J Hum Mov Stud*. 1989;17:49 - 69.
- [67] COSTILL DL BG, EDDY D, SPARKS K. Determinant of marathon running success. *Int Z Angew Physiol*. 1971;29:248-54.
- [68] NUTTER DO, SCHLANT RC, HURST JW. Isometric exercise and the cardiovascular system. *Modern concepts of cardiovascular disease*. 1972;41:11-5.
- [69] TUTTLE WW, HORVATH SM. Comparison of effects of static and dynamic work on blood pressure and heart rate. *J Appl Physiol*. 1957;10:294-6.
- [70] FIRETTI P. Traumatismos na Dança. *Você e a Dança, São Paulo*. 1999;19:24-5.
- [71] JAMURTAS AZ, THEOCHARIS, T. TOFAS, A. TSIOKANOS, C. YFANTI, V. PASCHALIS, Y. KOUTEDAKIS, AND K. NOSAKA. . Comparison between leg and arm eccentric exercise for the same relative intensity on indices of muscle damage. . *Eur J Appl Physiol*. 2005;95:179-85.
- [72] SOHL P, BOWLING A. Injuries to dancers. Prevalence, treatment and prevention. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 1990;9:317-22.
- [73] HERGENROEDER AC, BROWN B, KLISH WJ. Anthropometric measurements and estimating body composition in ballet dancers. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25:145-50.
- [74] KHAN K, BROWN J, WAY S, et al. Overuse injuries in classical ballet. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 1995;19:341-57.

- [75] MCCORMACK M, BRIGGS J, HAKIM A, GRAHAME R. Joint laxity and the benign joint hypermobility syndrome in student and professional ballet dancers. *The Journal of rheumatology*. 2004;31:173-8.
- [76] GARRICK JG, LEWIS SL. Career hazards for the dancer. *Occupational medicine (Philadelphia, Pa)*. 2001;16:609-18, iv.
- [77] TREPAN E, GELLMAN RE, MICHELI LJ, DE LUCA CJ. Electromyographic analysis of grand-plie in ballet and modern dancers. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30:1708-20.
- [78] FOSTER C, HOYOS J, EARNEST C, LUCIA A. Regulation of energy expenditure during prolonged athletic competition. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37:670-5.
- [79] CLARKSON PM FP, KELLER B, CARNEY D, SKRINAR M. Maximal oxygen uptake, nutritional patterns and body composition of adolescent female ballet dancers. *Res Q Exercise Sport*. 1985;56:180 - 84.
- [80] FITT S. Conditioning for dancers: investigating some assumptions. *Dance Res J*. 1982;14:32-38.
- [81] DAHLSTROM M IJ, JANSSON E, KAIJSER L. Physical fitness and physical effort in dancers: a comparison of four major dance styles. *Impulse*. 1996;4:103-209.
- [82] BRINSON P DF. *Fit to dance?* London, 1996.
- [83] KIRKENDALL DT, CALABRESE LH. Physiological aspects of dance. *Clin Sports Med*. 1983;2:525-37.
- [84] HAKKINEN K. Neuromuscular responses in male and female athletes to two successive strength training sessions in one day. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 1992;32:234-42.
- [85] RIMMER JH JD, PLOWMAN SA. Physiological characteristics of trained dancers and intensity level of ballet class and rehearsal. *Impulse*. 1994;2:97-105.
- [86] BENNELL KL, KHAN KM, MATTHEWS BL, SINGLETON C. Changes in hip and ankle range of motion and hip muscle strength in 8-11 year old novice female ballet dancers and controls: a 12 month follow up study. *British journal of sports medicine*. 2001;35:54-9.
- [87] HAMILTON WG, HAMILTON LH, MARSHALL P, MOLNAR M. A profile of the musculoskeletal characteristics of elite professional ballet dancers. *The American journal of sports medicine*. 1992;20:267-73.
- [88] MOSTARDI RP, JA; GREENBERG, B. Musculoskeletal and cardiopulmonary characteristics of the professional ballet dancers *Physician Sports Med*. 1983;11:53 - 61.
- [89] WARREN GL, LOWE DA, INMAN CL, et al. Estradiol effect on anterior crural muscles-tibial bone relationship and susceptibility to injury. *J Appl Physiol*. 1996;80:1660-5.
- [90] FRIDEN J, LIEBER RL. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. *Medicine and science in sports and exercise*. 1992;24:521-30.
- [91] BARNETT A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2006;36:781-96.
- [92] BRYER SC, GOLDFARB AH. Effect of high dose vitamin C supplementation on muscle soreness, damage, function, and oxidative stress to eccentric exercise. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2006;16:270-80.
- [93] STUPKA N, TARNOPOLSKY MA, YARDLEY NJ, PHILLIPS SM. Cellular adaptation to repeated eccentric exercise-induced muscle damage. *J Appl Physiol*. 2001;91:1669-78.

- [94] NIKOLAIDIS MG, V. PASCHALIS, G. GIAKAS, I. G. FATOUROS, Y. KOUTEDAKIS, D. KOURETAS, AND A. Z. JAMURTAS. Decreased blood oxidative stress after repeated muscle-damaging exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1080-89.
- [95] ENOKA RM. Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *J Appl Physiol.* 1996;81:2339-46.
- [96] GIBALA MJ, MACDOUGALL JD, TARNOPOLSKY MA, STAUBER WT, ELORRIAGA A. Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *J Appl Physiol.* 1995;78:702-8.
- [97] LIEBER RL, FRIDEN J. Mechanisms of muscle injury gleaned from animal models. *American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists.* 2002;81:S70-9.
- [98] BELCASTRO AN, SHEWCHUK LD, RAJ DA. Exercise-induced muscle injury: a calpain hypothesis. *Molecular and cellular biochemistry.* 1998;179:135-45.
- [99] LIEBER RL, THORNELL LE, FRIDEN J. Muscle cytoskeletal disruption occurs within the first 15 min of cyclic eccentric contraction. *J Appl Physiol.* 1996;80:278-84.
- [100] LYNCH GS, FARY CJ, WILLIAMS DA. Quantitative measurement of resting skeletal muscle  $[Ca^{2+}]_i$  following acute and long-term downhill running exercise in mice. *Cell calcium.* 1997;22:373-83.
- [101] MAIR J, DIENSTL F, PUSCHENDORF B. Cardiac troponin T in the diagnosis of myocardial injury. *Critical reviews in clinical laboratory sciences.* 1992;29:31-57.
- [102] TORRES RC, P; DUARTE, JA. Influência da aplicação de um programa de estiramentos estáticos, após contracções excêntricas, nas manifestações clínicas e bioquímicas de lesão muscular esquelética. *Rev Port Cien Desp.* 2005;3:274-87.
- [103] CLARKSON PM, FREEDSON PS, SKRINAR M, KELLER B, CARNEY D. Anthropometric measurements of adolescent and professional classical ballet dancers. *J Sports Med Phys Fitness.* 1989;29:157-62.
- [104] MAIR J, KOLLER A, ARTNER-DWORZAK E, et al. Effects of exercise on plasma myosin heavy chain fragments and MRI of skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 1992;72:656-63.
- [105] SCHWANE JA, ARMSTRONG RB. Effect of training on skeletal muscle injury from downhill running in rats. *J Appl Physiol.* 1983;55:969-75.
- [106] EVANS WJ MC, CANNON JG, ET AL. Metabolic changes following eccentric exercise in trained and untrained men. *J Appl Physiol.* 1986;61:1864-8.
- [107] EHLERS GG, BALL TE, LISTON L. Creatine Kinase Levels are Elevated During 2-A-Day Practices in Collegiate Football Players. *J Athl Train.* 2002;37:151-56.
- [108] HAVAS E, KOMULAINEN J, VIHKO V. Exercise-induced increase in serum creatine kinase is modified by subsequent bed rest. *International journal of sports medicine.* 1997;18:578-82.
- [109] HASSELBLATT M, MOOREN FC, VON AHSEN N, et al. Serum S100beta increases in marathon runners reflect extracranial release rather than glial damage. *Neurology.* 2004;62:1634-6.
- [110] EBBELING CB, CLARKSON PM. Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports medicine (Auckland, NZ).* 1989;7:207-34.
- [111] LEE J, CLARKSON PM. Plasma creatine kinase activity and glutathione after eccentric exercise. *Medicine and science in sports and exercise.* 2003;35:930-6.
- [112] MCNEIL PL, KHAKEE R. Disruptions of muscle fiber plasma membranes. Role in exercise-induced damage. *Am J Pathol.* 1992;140:1097-109.

- [113] SAYERS SP, CLARKSON PM, LEE J. Activity and immobilization after eccentric exercise: II. Serum CK. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:1593-7.
- [114] APPLE FR, MA; CASAL, DC ET AL. . Skeletal muscle creatine kinase-MB alterations in women marathon runners. *European journal of applied physiology.* 1987;56:49-52.
- [115] FOLEY JM, JAYARAMAN RC, PRIOR BM, PIVARNIK JM, MEYER RA. MR measurements of muscle damage and adaptation after eccentric exercise. *J Appl Physiol.* 1999;87:2311-8.
- [116] BRANCACCIO P, MAFFULLI N, LIMONGELLI FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br Med Bull.* 2007;81-82:209-30.
- [117] HARTMANN UAJM. Training and overtraining markers in selected sport events. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:209-15.
- [118] CHAFIELD S.J. BW, FOSTER V., . Effects of intermediate modern-dance training on select physiologic performance parameters. . *Kines Med Dance* 1992;14:13 - 26.
- [119] KOMULAINEN J, KOSKINEN SO, KALLIOKOSKI R, TAKALA TE, VIHKO V. Gender differences in skeletal muscle fibre damage after eccentrically biased downhill running in rats. *Acta Physiol Scand.* 1999;165:57-63.
- [120] SHUMATE JB, BROOKE MH, CARROLL JE, DAVIS JE. Increased serum creatine kinase after exercise: a sex-linked phenomenon. *Neurology.* 1979;29:902-4.
- [121] CLANTON TL, ZUO L, KLAWITTER P. Oxidants and skeletal muscle function: physiologic and pathophysiologic implications. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine Society for Experimental Biology and Medicine (New York, NY.* 1999;222:253-62.
- [122] RIMBACH G, HOHLER D, FISCHER A, et al. Methods to assess free radicals and oxidative stress in biological systems. *Archiv fur Tierernahrung.* 1999;52:203-22.
- [123] REID MB. Invited Review: redox modulation of skeletal muscle contraction: what we know and what we don't. *J Appl Physiol.* 2001;90:724-31.
- [124] COOPER CE, VOLLAARD NB, CHOUEIRI T, WILSON MT. Exercise, free radicals and oxidative stress. *Biochemical Society transactions.* 2002;30:280-5.
- [125] ALESSIO HM. Exercise-induced oxidative stress. *Medicine and science in sports and exercise.* 1993;25:218-24.
- [126] YOUNG IS, MCENENY J. Lipoprotein oxidation and atherosclerosis. *Biochemical Society transactions.* 2001;29:358-62.
- [127] RADAK Z, KANEKO T, TAHARA S, et al. The effect of exercise training on oxidative damage of lipids, proteins, and DNA in rat skeletal muscle: evidence for beneficial outcomes. *Free radical biology & medicine.* 1999;27:69-74.
- [128] LAURSEN PB, KNEZ WL, SHING CM, LANGILL RH, RHODES EC, JENKINS DG. Relationship between laboratory-measured variables and heart rate during an ultra-endurance triathlon. *J Sports Sci.* 2005;23:1111-20.
- [129] SZWEDA PA, FRIGUET B, SZWEDA LI. Proteolysis, free radicals, and aging. *Free radical biology & medicine.* 2002;33:29-36.
- [130] PACKER L. Oxidants, antioxidant nutrients and the athlete. *Journal of sports sciences.* 1997;15:353-63.
- [131] STADTMAN ER, LEVINE RL. Protein oxidation. *Annals of the New York Academy of Sciences.* 2000;899:191-208.
- [132] LEVINE RL. Carbonyl modified proteins in cellular regulation, aging, and disease. *Free radical biology & medicine.* 2002;32:790-6.

- [133] SVENSSON MB, EKBLÖM B, COTGREAVE IA, et al. Adaptive stress response of glutathione and uric acid metabolism in man following controlled exercise and diet. *Acta Physiol Scand.* 2002;176:43-56.
- [134] PETIBOIS C, CAZORLA G, POORTMANS JR, DELERIS G. Biochemical aspects of overtraining in endurance sports: a review. *Sports medicine (Auckland, NZ).* 2002;32:867-78.
- [135] ORTENBLAD N, MADSEN K, DJURHUUS MS. Antioxidant status and lipid peroxidation after short-term maximal exercise in trained and untrained humans. *The American journal of physiology.* 1997;272:R1258-63.
- [136] DAWSON B, HENRY GJ, GOODMAN C, et al. Effect of Vitamin C and E supplementation on biochemical and ultrastructural indices of muscle damage after a 21 km run. *International journal of sports medicine.* 2002;23:10-5.
- [137] VARLET-MARIE E, MASO F, LAC G, BRUN JF. Hemorheological disturbances in the overtraining syndrome. *Clinical hemorheology and microcirculation.* 2004;30:211-8.
- [138] MASTALLOUDIS A, LEONARD SW, TRABER MG. Oxidative stress in athletes during extreme endurance exercise. *Free radical biology & medicine.* 2001;31:911-22.
- [139] LOVLIN R, COTTLE W, PYKE I, KAVANAGH M, BELCASTRO AN. Are indices of free radical damage related to exercise intensity. *European journal of applied physiology and occupational physiology.* 1987;56:313-6.
- [140] AGUILO A, TAULER P, FUENTESPINA E, TUR JA, CORDOVA A, PONS A. Antioxidant response to oxidative stress induced by exhaustive exercise. *Physiology & behavior.* 2005;84:1-7.
- [141] ASHTON T, ROWLANDS CC, JONES E, et al. Electron spin resonance spectroscopic detection of oxygen-centred radicals in human serum following exhaustive exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology.* 1998;77:498-502.
- [142] PALAZZETTI S, RICHARD MJ, FAVIER A, MARGARITIS I. Overloaded training increases exercise-induced oxidative stress and damage. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee.* 2003;28:588-604.
- [143] CHEVION S, MORAN DS, HELED Y, et al. Plasma antioxidant status and cell injury after severe physical exercise. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2003;100:5119-23.
- [144] INAL M, AKYUZ F, TURGUT A, GETSFRID WM. Effect of aerobic and anaerobic metabolism on free radical generation swimmers. *Medicine and science in sports and exercise.* 2001;33:564-7.
- [145] TOTSUKA M, NAKAJI S, SUZUKI K, SUGAWARA K, SATO K. Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. *J Appl Physiol.* 2002;93:1280-6.
- [146] POWERS SK, LENNON SL. Analysis of cellular responses to free radicals: focus on exercise and skeletal muscle. *The Proceedings of the Nutrition Society.* 1999;58:1025-33.
- [147] LIU ML, BERGHOLM R, MAKIMATTILA S, et al. A marathon run increases the susceptibility of LDL to oxidation in vitro and modifies plasma antioxidants. *The American journal of physiology.* 1999;276:E1083-91.
- [148] ELOSUA R, MOLINA L, FITO M, et al. Response of oxidative stress biomarkers to a 16-week aerobic physical activity program, and to acute physical activity, in healthy young men and women. *Atherosclerosis.* 2003;167:327-34.

- [149] VENDITTI P, DI MEO S. Effect of training on antioxidant capacity, tissue damage, and endurance of adult male rats. *International journal of sports medicine*. 1997;18:497-502.
- [150] HOLLANDER J, FIEBIG R, GORE M, et al. Superoxide dismutase gene expression in skeletal muscle: fiber-specific adaptation to endurance training. *The American journal of physiology*. 1999;277:R856-62.
- [151] MIYAZAKI H, OH-ISHI S, OOKAWARA T, et al. Strenuous endurance training in humans reduces oxidative stress following exhausting exercise. *European journal of applied physiology*. 2001;84:1-6.
- [152] MARZATICO F, PANSARASA O, BERTORELLI L, SOMENZINI L, DELLA VALLE G. Blood free radical antioxidant enzymes and lipid peroxides following long-distance and lactacidemic performances in highly trained aerobic and sprint athletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 1997;37:235-9.
- [153] POWERS SK, JI LL, LEEUWENBURGH C. Exercise training-induced alterations in skeletal muscle antioxidant capacity: a brief review. *Medicine and science in sports and exercise*. 1999;31:987-97.
- [154] CHILD R, BROWN S, DAY S, DONNELLY A, ROPER H, SAXTON J. Changes in indices of antioxidant status, lipid peroxidation and inflammation in human skeletal muscle after eccentric muscle actions. *Clin Sci (Lond)*. 1999;96:105-15.
- [155] GROUSSARD C, RANNOU-BEKONO F, MACHEFER G, et al. Changes in blood lipid peroxidation markers and antioxidants after a single sprint anaerobic exercise. *European journal of applied physiology*. 2003;89:14-20.
- [156] KAYATEKIN BM, GONENC S, ACIKGOZ O, UYSAL N, DAYI A. Effects of sprint exercise on oxidative stress in skeletal muscle and liver. *European journal of applied physiology*. 2002;87:141-4.
- [157] BLOOMER RJ, GOLDFARB AH, WIDEMAN L, MCKENZIE MJ, CONSITT LA. Effects of acute aerobic and anaerobic exercise on blood markers of oxidative stress. *J Strength Cond Res*. 2005;19:276-85.
- [158] RAMEL A, WAGNER KH, ELMADFA I. Plasma antioxidants and lipid oxidation after submaximal resistance exercise in men. *European journal of nutrition*. 2004;43:2-6.
- [159] MCBRIDE JM, KRAEMER WJ, TRIPLETT-MCBRIDE T, SEBASTIANELLI W. Effect of resistance exercise on free radical production. *Medicine and science in sports and exercise*. 1998;30:67-72.
- [160] HEUNKS LM, VINA J, VAN HERWAARDEN CL, FOLGERING HT, GIMENO A, DEKHUIJZEN PN. Xanthine oxidase is involved in exercise-induced oxidative stress in chronic obstructive pulmonary disease. *The American journal of physiology*. 1999;277:R1697-704.
- [161] GROUSSARD C, MACHEFER G, RANNOU F, et al. Physical fitness and plasma non-enzymatic antioxidant status at rest and after a wingate test. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee*. 2003;28:79-92.
- [162] VINCENT KR, VINCENT HK, BRAITH RW, LENNON SL, LOWENTHAL DT. Resistance exercise training attenuates exercise-induced lipid peroxidation in the elderly. *European journal of applied physiology*. 2002;87:416-23.
- [163] SELAMOGLU S, TURGAY F, KAYATEKIN BM, GONENC S, YSLEGEN C. Aerobic and anaerobic training effects on the antioxidant enzymes of the blood. *Acta physiologica Hungarica*. 2000;87:267-73.

- [164] CAZZOLA R, RUSSO-VOLPE S, CERVATO G, CESTARO B. Biochemical assessments of oxidative stress, erythrocyte membrane fluidity and antioxidant status in professional soccer players and sedentary controls. *European journal of clinical investigation*. 2003;33:924-30.
- [165] SCHRODER H, NAVARRO E, TRAMULLAS A, MORA J, GALIANO D. Nutrition antioxidant status and oxidative stress in professional basketball players: effects of a three compound antioxidative supplement. *International journal of sports medicine*. 2000;21:146-50.
- [166] CHANG CK, TSENG HF, HSU UW YD, CHAN WH, SHIEH LC. Higher LDL oxidation at rest and after a rugby game in weekend warriors. *Annals of nutrition & metabolism*. 2002;46:103-7.
- [167] BRITES FD, EVELSON PA, CHRISTIANSEN MG, et al. Soccer players under regular training show oxidative stress but an improved plasma antioxidant status. *Clin Sci (Lond)*. 1999;96:381-5.
- [168] TIIDUS PM. Estrogen and gender effects on muscle damage, inflammation, and oxidative stress. *Can J Appl Physiol*. 2000;25:274-87.
- [169] PROSKE U, ALLEN TJ. Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. *Exercise and sport sciences reviews*. 2005;33:98-104.
- [170] PEAKE JM, NOSAKA K, MUTHALIB M, SUZUKI K. Systemic inflammatory responses to maximal versus submaximal lengthening contractions of the elbow flexors. *Exercise immunology review*. 2006;12:72-85.
- [171] CLOSE GL, ASHTON T, MCARDLE A, MACLAREN DP. The emerging role of free radicals in delayed onset muscle soreness and contraction-induced muscle injury. *Comparative biochemistry and physiology*. 2005;142:257-66.
- [172] DUARTE JA, CARVALHO F, BASTOS ML, SOARES JM, APPELL HJ. Do invading leucocytes contribute to the decrease in glutathione concentrations indicating oxidative stress in exercised muscle, or are they important for its recovery? *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1994;68:48-53.
- [173] VOLLAARD NB, SHEARMAN JP, COOPER CE. Exercise-induced oxidative stress: myths, realities and physiological relevance. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2005;35:1045-62.
- [174] MCKENNA MJ, MEDVED I, GOODMAN CA, et al. N-acetylcysteine attenuates the decline in muscle Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-pump activity and delays fatigue during prolonged exercise in humans. *The Journal of physiology*. 2006;576:279-88.
- [175] BAEUERLE PA, HENKEL T. Function and activation of NF-kappa B in the immune system. *Annual review of immunology*. 1994;12:141-79.
- [176] JAKEMAN P, MAXWELL S. Effect of antioxidant vitamin supplementation on muscle function after eccentric exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1993;67:426-30.
- [177] THOMPSON D, WILLIAMS C, MCGREGOR SJ, et al. Prolonged vitamin C supplementation and recovery from demanding exercise. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2001;11:466-81.
- [178] LEE J, GOLDFARB AH, RESCINO MH, HEGDE S, PATRICK S, APPERSON K. Eccentric exercise effect on blood oxidative-stress markers and delayed onset of muscle soreness. *Medicine and science in sports and exercise*. 2002;34:443-8.
- [179] STAUBER WT, CLARKSON PM, FRITZ VK, EVANS WJ. Extracellular matrix disruption and pain after eccentric muscle action. *J Appl Physiol*. 1990;69:868-74.
- [180] MCHUGH MP, CONNOLLY DA, ESTON RG, GLEIM GW. Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 1999;27:157-70.

- [181] MORGAN DL, ALLEN DG. Early events in stretch-induced muscle damage. *J Appl Physiol*. 1999;87:2007-15.
- [182] CLARKSON PM, HUBAL MJ. Are women less susceptible to exercise-induced muscle damage? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2001;4:527-31.
- [183] AMELINK GJ, BAR PR. Exercise-induced muscle protein leakage in the rat. Effects of hormonal manipulation. *J Neurol Sci*. 1986;76:61-8.
- [184] COMYNS TM, HARRISON AJ, HENNESSY LK, JENSEN RL. The optimal complex training rest interval for athletes from anaerobic sports. *J Strength Cond Res*. 2006;20:471-6.
- [185] THOMAS TR, LONDEREE BR, LAWSON DA. Prolonged recovery from eccentric versus concentric exercise. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee*. 1994;19:441-50.
- [186] GUIDETTI L, EMERENZIANI GP, GALLOTTA MC, DA SILVA SG, BALDARI C. Energy cost and energy sources of a ballet dance exercise in female adolescents with different technical ability. *Eur J Appl Physiol*. 2008;103:315-21.
- [187] KOUTEDAKIS Y, HUKAM H, METSIOS G, et al. The effects of three months of aerobic and strength training on selected performance- and fitness-related parameters in modern dance students. *J Strength Cond Res*. 2007;21:808-12.
- [188] SCHANTZ PG, ASTRAND PO. Physiological characteristics of classical ballet. *Med Sci Sports Exerc*. 1984;16:472-6.
- [189] WYON MA, HEAD, A., SHARP, C., REDDING, E. The cardiorespiratory responses to modern dance classes: differences between university, graduate and professional classes. *J Dance Med Sci*. 2002;6:41 - 5.
- [190] HEYWARD VS, L. Avaliação da Composição Corporal Aplicada, 2000.
- [191] DUNCAN GE, HOWLEY ET, JOHNSON BN. Applicability of VO<sub>2</sub>max criteria: discontinuous versus continuous protocols. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29:273-8.
- [192] AMANN M, SUBUDHI AW, WALKER J, EISENMAN P, SHULTZ B, FOSTER C. An evaluation of the predictive validity and reliability of ventilatory threshold. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:1716-22.
- [193] ANDERSON ME. Determination of glutathione and glutathione disulfide in biological samples. *Methods in enzymology*. 1985;113:548-55.
- [194] JIANG ZY, WOOLLARD AC, WOLFF SP. Lipid hydroperoxide measurement by oxidation of Fe<sup>2+</sup> in the presence of xylenol orange. Comparison with the TBA assay and an iodometric method. *Lipids*. 1991;26:853-6.
- [195] ARAB K, STEGHENS JP. Plasma lipid hydroperoxides measurement by an automated xylenol orange method. *Analytical biochemistry*. 2004;325:158-63.
- [196] DC M. Design and analysis of experiments, 1991.
- [197] ELIAKIM A, ISH-SHALOM S, GILADI A, FALK B, CONSTANTINI N. Assessment of body composition in ballet dancers: correlation among anthropometric measurements, bio-electrical impedance analysis, and dual-energy X-ray absorptiometry. *Int J Sports Med*. 2000;21:598-601.
- [198] BAILLIE Y, WYON M, HEAD A. Highland dance: heart-rate and blood lactate differences between competition and class. *Int J Sports Physiol Perform*. 2007;2:371-6.
- [199] REDDING E, WELLER P, EHRENBERG S, et al. The development of a high intensity dance performance fitness test. *J Dance Med Sci*. 2009;13:3-9.
- [200] DAUSSIN FN, PONSOT E, DUFOUR SP, et al. Improvement of VO<sub>2</sub>max by cardiac output and oxygen extraction adaptation during intermittent versus continuous endurance training. *Eur J Appl Physiol*. 2007;101:377-83.

- [201] LONDEREE BR. Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29:837-43.
- [202] BUCHHEIT M, AL HADDAD H, MILLET GP, LEPRETRE PM, NEWTON M, AHMAIDI S. Cardiorespiratory and cardiac autonomic responses to 30-15 intermittent fitness test in team sport players. *J Strength Cond Res.* 2009;23:93-100.
- [203] DE ANGELIS M, VINCIGUERRA G, GASBARRI A, PACITTI C. Oxygen uptake, heart rate and blood lactate concentration during a normal training session of an aerobic dance class. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1998;78:121-7.
- [204] BORRESEN J, LAMBERT MI. Autonomic control of heart rate during and after exercise : measurements and implications for monitoring training status. *Sports Med.* 2008;38:633-46.
- [205] JAVORKA M, ZILA I, BALHAREK T, JAVORKA K. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Braz J Med Biol Res.* 2002;35:991-1000.
- [206] WHYLE GP, GEORGE, K., REDDING, E., ET AL. Electrocardiography and echocardiography findings in contemporary dancers. . *J Dance Med Sci.* 2003;7:91 - 5.
- [207] FRANCES MF, DUJIC Z, SHOEMAKER JK. Splenic constriction during isometric handgrip exercise in humans. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008;33:990-6.
- [208] KAPITANIAK B, GRUCZA R. Cardiac responses to maximal anisotonic isometric contractions during handgrip and leg extension. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1995;71:369-72.
- [209] SHOEMAKER JK, MATTAR L, KERBECI P, TROTTER S, ARBEILLE P, HUGHSON RL. WISE 2005: stroke volume changes contribute to the pressor response during ischemic handgrip exercise in women. *J Appl Physiol.* 2007;103:228-33.
- [210] MATON B, THINEY G, OUCHENE A, FLAUD P, BARTHELEMY P. Intramuscular pressure and surface EMG in voluntary ankle dorsal flexion: Influence of elastic compressive stockings. *J Electromyogr Kinesiol.* 2006;16:291-302.
- [211] MOMEN A, THOMAS K, BLAHA C, et al. Renal vasoconstrictor responses to static exercise during orthostatic stress in humans: effects of the muscle mechano- and the baroreflexes. *J Physiol.* 2006;573:819-25.
- [212] DORADO C, SANCHIS-MOYSI J, CALBET JA. Effects of recovery mode on performance, O<sub>2</sub> uptake, and O<sub>2</sub> deficit during high-intensity intermittent exercise. *Can J Appl Physiol.* 2004;29:227-44.
- [213] SIGNORILE JF, INGALLS C, TREMBLAY LM. The effects of active and passive recovery on short-term, high intensity power output. *Can J Appl Physiol.* 1993;18:31-42.
- [214] GLAISTER M. Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med.* 2005;35:757-77.
- [215] REDDING E WM, SHEARMAN J, DOGGART L. Validity of Using Heart Rate as a Predictor of Oxygen Consumption in Dance. *Journal of Dance Medicine and Science.* 2004;8:69-72.
- [216] LOTHIAN F, FARRALLY MR. A comparison of methods for estimating oxygen uptake during intermittent exercise. *J Sports Sci.* 1995;13:491-7.
- [217] PARKER SB, HURLEY BF, HANLON DP, VACCARO P. Failure of target heart rate to accurately monitor intensity during aerobic dance. *Med Sci Sports Exerc.* 1989;21:230-4.

- [218] SCHARFF-OLSON M, WILLIFORD HN, SMITH FH. The heart rate VO<sub>2</sub> relationship of aerobic dance: a comparison of target heart rate methods. *J Sports Med Phys Fitness*. 1992;32:372-7.
- [219] LAVENDER AP, NOSAKA K. Changes in fluctuation of isometric force following eccentric and concentric exercise of the elbow flexors. *Eur J Appl Physiol*. 2006;96:235-40.
- [220] NOSAKA K, CLARKSON PM. Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28:953-61.
- [221] PANTOJA PD, ALBERTON CL, PILLA C, VENDRUSCULO AP, KRUEL LF. Effect of resistive exercise on muscle damage in water and on land. *J Strength Cond Res*. 2009;23:1051-4.
- [222] AMELINK GJ, KOOT RW, ERICH WB, VAN GIJN J, BAR PR. Sex-linked variation in creatine kinase release, and its dependence on oestradiol, can be demonstrated in an in-vitro rat skeletal muscle preparation. *Acta Physiol Scand*. 1990;138:115-24.
- [223] SCHROEDER ET, HAWKINS SA, JAQUE SV. Musculoskeletal adaptations to 16 weeks of eccentric progressive resistance training in young women. *J Strength Cond Res*. 2004;18:227-35.
- [224] NOSAKA K, NEWTON M. Difference in the magnitude of muscle damage between maximal and submaximal eccentric loading. *J Strength Cond Res*. 2002;16:202-8.
- [225] PASCHALIS V, KOUTEDAKIS Y, JAMURTAS AZ, MOUGIOS V, BALZPOPOULOS V. Equal volumes of high and low intensity of eccentric exercise in relation to muscle damage and performance. *J Strength Cond Res*. 2005;19:184-8.
- [226] TREPMAN E, GELLMAN RE, SOLOMON R, MURTHY KR, MICHELI LJ, DE LUCA CJ. Electromyographic analysis of standing posture and demi-plie in ballet and modern dancers. *Med Sci Sports Exerc*. 1994;26:771-82.
- [227] ARMSTRONG RB. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Med Sci Sports Exerc*. 1984;16:529-38.
- [228] WU G, FANG YZ, YANG S, LUPTON JR, TURNER ND. Glutathione metabolism and its implications for health. *J Nutr*. 2004;134:489-92.
- [229] INAYAMA T, OKA J, KASHIBA M, et al. Moderate physical exercise induces the oxidation of human blood protein thiols. *Life Sci*. 2002;70:2039-46.
- [230] LAAKSONEN DE, ATALAY M, NISKANEN L, UUSITUPA M, HANNINEN O, SEN CK. Blood glutathione homeostasis as a determinant of resting and exercise-induced oxidative stress in young men. *Redox Rep*. 1999;4:53-9.
- [231] LI X, BAZER FW, GAO H, et al. Amino acids and gaseous signaling. *Amino Acids*. 2009;37:65-78.
- [232] BANGSBO J, KRUSTRUP P, GONZALEZ-ALONSO J, BOUSHEL R, SALTIN B. Muscle oxygen kinetics at onset of intense dynamic exercise in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2000;279:R899-906.
- [233] OSADA T, KATSUMURA T, MURASE N, et al. Post-exercise hyperemia after ischemic and non-ischemic isometric handgrip exercise. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*. 2003;22:299-309.
- [234] HELLSTEN Y, FRANDBSEN U, ORTHENBLAD N, SJODIN B, RICHTER EA. Xanthine oxidase in human skeletal muscle following eccentric exercise: a role in inflammation. *J Physiol*. 1997;498 ( Pt 1):239-48.

## ANEXOS

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidada a participar de um estudo que tem como objetivo analisar as relações entre capacidade cardiorrespiratória e dados sanguíneos representativos de lesão muscular em bailarinas.

Para isso, será necessário que você se envolva com o projeto de mestrado *Respostas cardiorrespiratórias, oxidativas e de lesão muscular em bailarinas após aulas e ensaios de ballet* durante 8 semanas, as incluirão sessões de coleta de dados no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física (ESEF) da UFRGS.

Os procedimentos a serem realizados serão os seguintes: avaliação da composição corporal; teste de esforço máximo em esteira; realização de uma aula e de um ensaio de *ballet*. Haverá uma semana de intervalo entre as sessões de exercícios. Além disso, serão coletadas amostras de sangue para avaliação dos dados sanguíneos indicadores de lesão da célula muscular, após as sessões respectivas à aula e ao ensaio de *ballet*. Os momentos das coletas de sangue serão: em repouso; imediatamente após e em 48 horas após a aula e o ensaio de *ballet*. Todas as coletas de sangue serão realizadas no LAPEX por um profissional da saúde capacitado, certificado e experiente.

Você receberá os resultados sobre o seu percentual de gordura corporal, sua capacidade cardiorrespiratória, e o seu desempenho nos exercícios de *ballet*. Você também terá acesso aos resultados referentes às coletas de sangue, os quais mostrarão os dados sanguíneos indicadores de lesão muscular (creatina quinase, lipoperoxidação de membrana e estado redox) verificados após a aula e o ensaio de *ballet*.

Você não deverá ser portadora de qualquer doença crônica, fazer uso de alguma medicação ou suplementação nutricional que possam interferir nos resultados do estudo.

Durante a realização do teste de esforço máximo você poderá sentir algum desconforto como náuseas e enjôo, bem como desconfortos musculares e articulares, devido à alta intensidade imposta pelo exercício. Durante as coletas de sangue, há risco de rompimento de algum vaso sanguíneo, náusea, enjôo ou queda da pressão arterial. Nesses casos, você terá um acompanhamento adequado com um profissional capacitado da área da saúde para o seu restabelecimento.

A participação no estudo é voluntária, e os participantes têm direito a acessar seus resultados ao longo do estudo. Os resultados deste estudo serão mantidos confidenciais e quando divulgados preservarão o anonimato dos participantes. Você é livre para realizar perguntas antes, durante e após o estudo, estando livre para desistir do mesmo em qualquer momento, sem prejuízo algum.

O pesquisador responsável se compromete a acompanhar os participantes e prestar eventuais informações a qualquer momento do estudo. Também se compromete, caso houver uma nova informação que altere o que foi previsto durante a obtenção deste consentimento informado, avisar imediatamente aos participantes e ao Comitê de Ética em Pesquisa, providenciando uma nova versão deste termo de consentimento.

Qualquer dúvida ou dificuldade entre em contato com os pesquisadores responsáveis Josianne da Costa Rodrigues Krause (9689-6090) ou Alvaro Reischak de Oliveira (33085861). O comitê de ética em pesquisa da UFRGS também está a sua disposição pelo telefone 3308-3629.

Este termo de consentimento livre e esclarecido deverá ser preenchido em duas vias, sendo uma retida pelo sujeito da pesquisa, ou por seu representante legal, e outra arquivada pelo pesquisador.

Este documento está cadastrado e será revisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, com protocolo número 2008056, em 01/06/2009.

#### DECLARAÇÃO

Declaro estar ciente dos benefícios, riscos e conseqüências deste estudo. Não receberei qualquer pagamento pela minha participação, além do acesso aos meus resultados. Aceito, dessa forma, participar deste estudo.

\_\_\_\_\_  
Assinatura da voluntária

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

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2009.

## Ficha de Dados Gerais

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

Endereço: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_

Telefones: \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_

Data da Entrevista: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Data de Nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

- 1) Qual sua escola de dança?
  
- 2) Qual o nome do(a) seu(a) atual professor(a)?
  
- 3) Há quanto tempo praticas *ballet* clássico (ininterruptamente)?
  
- 4) Praticas outras modalidades de dança?
  
- 5) Qual a sua carga horária de aulas e ensaios por semana? Especifique a modalidade.
  
- 6) O teu grupo de dança possui algum tipo de treinamento paralelo às aulas de *ballet* clássico?
  
- 7) Praticas outros esportes? Caso afirmativo, qual (is)? Qual a carga horária semanal?
  
- 8) Você participa de espetáculos, apresentações e/ou festivais de dança? Quantas vezes por ano?
  
- 9) Quais as coreografias estás ensaiando no momento?

## Ficha de Anamnese

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

Data Entrevista: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Data Nascimento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

- 1) Possui alguma lesão muscular, articular ou tendinosa crônica?
  - 2) Já sofreu alguma lesão grave no decorrer da vida (infância, adolescência, vida adulta)?
  - 3) Quando foi a sua última lesão? Em que parte do corpo ocorreu?
  - 4) Sente dores musculares freqüentemente? Em que parte do corpo? Qual a freqüência (diariamente; 24 horas após as aulas e ensaios de dança; 48 horas após as aulas e ensaios; ou outros)?
  - 5) É fumante? Caso afirmativo, quantos cigarros consumidos por dia?
  - 6) Realiza algum tipo de dieta? Caso afirmativo, de que tipo? Que tipo de alimentos são consumidos com mais freqüência?
  - 7) Realiza algum tipo de suplementação alimentar? Caso afirmativo, que tipo de suplementos utiliza (vitaminas, minerais, etc)?
  - 8) Faz uso diário de algum método anticoncepcional? Caso afirmativo, qual? Há quanto tempo?
  - 9) Possui alguma doença respiratória como asma, bronquite, etc?
  - 10) Possui alguma doença como diabetes ou hipertensão?
  - 11) Faz uso diário de algum tipo de medicamento? Caso afirmativo, qual (is) (anti-inflamatórios, analgésicos, remédios para pressão arterial, administração de insulina, etc)?
  - 12) Possui histórico de doença familiar (diabetes, hipertensão, osteoporose, etc)?
  - 13) Outras observações sobre sua saúde que queira acrescentar:
-

## Ficha de Avaliação da Composição Corporal

**Data:**

**Horário:**

**Avaliador:**

**Bailarina:**

**Massa Corporal (kg):**

**Estatura (cm):**

### Dobras Cutâneas (mm):

	1ª	2ª	3ª	Moda/Mediana
1. Tríceps				
2. Subescapular				
3. Bíceps				
4. Supra ilíaca				
5. Abdominal				
6. Coxa (1/3 ant.)				
7. Panturrilha				

### Perímetros (cm):

	Direito	Esquerdo
1. Bíceps - relaxado		
2. Bíceps - contraído		
3. Tórax - mesoesternal		
4. Cintura		
5. Abdômen		
6. Quadril		
7. Coxa – média		
8. Panturrilha		

## Ficha das Sessões de Exercícios

### Teste $VO_{2máx}$

Bailarina:

Massa Corporal (kg):

Estatura (cm):

Escola:

Horário:

Data:

$La$  ( $mmol.l^{-1}$ ) repouso:

FC (bpm):

<b>Vel (Km/h)</b>	<b>5,0</b>	<b>5,5</b>	<b>6,0</b>	<b>6,5</b>	<b>7,0</b>	<b>7,5</b>	<b>8,0</b>	<b>8,5</b>	<b>9,0</b>	<b>9,5</b>
FC bpm 30s										
	<b>10,0</b>	<b>10,5</b>	<b>11,0</b>	<b>11,5</b>	<b>12,0</b>	<b>12,5</b>	<b>13,0</b>	<b>13,5</b>	<b>14,0</b>	<b>14,5</b>

Tempo total:

$La$  ( $mmol.l^{-1}$ ) final:



### **Exercícios de Ballet Clássico – Definições**

- *Plié*: significa dobrar. O movimento consiste de uma flexão de joelhos, a qual pode ser executada na primeira, segunda, terceira, quarta e quinta posições de pés do *ballet* clássico.
- *Battement Jetté*: *jetté* significa jogado, lançado. A perna é lançada ao ar rapidamente, nesse caso, com altura de 45°.
- *Rond de Jamb*: consiste em fazer semi-círculos com os joelhos estendidos, sem perder o contato com o solo e com o peso do corpo sobre a perna de base.
- *Battement Fondu*: *fondu* vem de fusão. São batimentos amalgamados ao *plié* ou *fondu*.
- *Adágio*: movimentos lentos, pausados e suaves. Podem ser simples ou complexos e são fundamentais para aprimorar a estética, a postura, desenvolver o equilíbrio e elevar a capacidade de sustentação.
- *Grand Battements*: grande batimento. O movimento consiste em elevar o membro inferior do solo o mais alto possível, através de uma flexão de quadril. Os joelhos permanecem estendidos e o corpo parado. Pode ser feito à frente do corpo (*devant*), ao lado (*à la second*) e atrás (*derrière*).
- *Allegros*: séries de movimentos velozes que consistem passos rápidos com saltos e baterias. Consiste em movimentos como *sissones*, *glissades*, *tanlevés*, *jettés*, dentre outros. Também pode envolver os grandes saltos (*grands allegros*) e as piruetas.

## **Ballet Paquita**

Esse *ballet* em dois atos, conta a história de Paquita, criada por ciganos, que salva a vida do filho de um general francês, Lucien. Sua estréia foi em 1 de Abril de 1846, na Academia Real de Música de Paris, com libreto de Joseph Mazilier e Pierre Foucher e coreografia de Joseph Mazilier, com música de Edouard Marie Ernest Deldevez. No ano seguinte, Petipa o produziu como seu trabalho de estréia para o *ballet* Imperial e, em 1881, pediu a Minkus, que adicionasse música para um Pas de Trois (coda), que foi levado para Ato I e uma mazurka para crianças e um Grand Pas, ambos a serem acrescentados ao final do *ballet*, daí o porquê de muitas músicas lembrarem Don Quixote. É por essas peças que o *ballet* é, mas conhecido. Com Carlotta Grisi no papel – título e Lucien Petipa como Lucien. Foi fruto dos gostos exóticos do *ballet* romântico que prezavam tons de outras culturas. A história se passa na Espanha, durante o período em que o país enfrentava a invasão napoleônica e conta a história de Paquita, uma moça que foi raptada na infância por ciganos, que mataram seus pais e a criaram. Ela conhece Lucien d'Hervilly, filho de um general francês, que logo se apaixona por ela. Lucien, porém, está comprometido com Serafina, filha de um governador espanhol, D. Lopez de Mendonza. Um compromisso feito por razões políticas e que não empolga a nenhum dos dois envolvidos e enfurece Mendonza, que não deseja ver sua filha casada com um francês. No começo, Paquita não aceita as investidas de Lucien, por ser de um nível social inferior ao do rapaz. O casal também tem que lidar com Inigo, um cigano apaixonado por Paquita e que trama com governador para matar Lucien. O nobre é levado à casa de Inigo para ser assassinado, mas Paquita o alerta, frustrando os planos do cigano. O clímax surge quando os apaixonados descobrem que Paquita é nobre, prima de Lucien e os dois podem se casar. A coreografia por Mazilier foi criada para explorar as grandes habilidades de Carlotta Grisi, que já havia encantado platéias com sua Giselle cinco anos antes da estréia de Paquita. De Giselle também veio o intérprete de Lucien, o bailarino Lucien Petipa, que havia sido o Albretch de Carlotta. O divertissimant final acrescentado por Petipa é uma mostra do mais puro classicismo, com brilhantes passagens de virtuosismo. Como o *ballet* logo desapareceu dos palcos de Paris na segunda metade do século XIX, mas na Rússia continuou a ser encenado até os anos XX, a coreografia de Mazilier se perdeu e o *ballet* passou a ser conhecido pelo Grand Pas de Petipa. Na Rússia o então diretor do Kirov, Oleg Vinagrodov, transformou o Pas de Trois e o Grand Pas em um divertissimant, em 1978. Antes disso, o *ballet* havia recebido versões de Danilova, Balanchine e Nureyev. Sua versão, no entanto, utiliza a história de uma maneira ligeira, como um mero pretexto para as danças. Inclusive variações virtuosas para homens, que no original eram feitas por mulheres em travesti. Em 2001, Pierre Lacotte recriou o *ballet* em sua pantomima original. Essa versão utiliza bastante mímica para contar a história e resgata, se não a coreografia de Mazilier, o estilo de dançar do século XIX. Além de contar com um figurino bastante fiel ao ambiente e época que retrata. Essa versão foi feita para o *ballet* da Ópera de Paris.

Ato I, cena I: O grupo de um nobre, Lucien, para em um acampamento cigano para descansar. Lá, ele conhece Paquita e logo se apaixona por ela. A moça, no entanto é alvo das atenções de Inigo, o chefe dos ciganos e começa a tramar contra a vida do rapaz e o convida para jantar. Lucien, por sua vez, já está comprometido.

Ato I, cena II: Mostra a casa de Inigo e Paquita. Inigo e o governador conspiram para matar Lucien. O plano consiste em drogar Lucien durante um jantar para poder esfaqueá-lo. No entanto, Paquita ouve a conversa e avisa a Lucien e os dois fogem da casa. Essa cena é feita de mímica na maior parte.

Ato II: Enquanto acontecem os preparativos para o casamento entre Lucien e Serafina, ele chega com Paquita e pede que ela se case com ele. Ela não quer aceitar por ser cigana, mas ela percebe um retrato igual ao que ela leva em um camafeu, descobrindo que além de nobre, é prima de Lucien. Dessa forma, eles podem casar. É nesse ato que podemos ver o famoso Grand Pas Classique.

\* Referência: site `Le Monde Du Ballet`

Fotos das Sessões de Coleta de Dados

