



UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**Influência de diferentes tipos de treinamento físico sobre a modulação  
autônoma da frequência cardíaca e a capacidade funcional aeróbia de  
mulheres jovens**

**Nayara Yamada Tamburús**

**2011**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

NAYARA YAMADA TAMBURÚS

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE  
TREINAMENTO FÍSICO SOBRE A  
MODULAÇÃO AUTONÔMICA DA  
FREQUÊNCIA CARDÍACA E A CAPACIDADE  
FUNCIONAL AERÓBIA DE MULHERES  
JOVENS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, da Universidade Metodista de Piracicaba, para obtenção do título de Mestre em Fisioterapia. Área de concentração: Intervenção Fisioterapêutica. Linha de pesquisa: Processos de Intervenções Fisioterapêuticas nos Sistemas Cardiovascular, Respiratório, Muscular e Metabólico. Projeto desenvolvido com apoio da FAPESP (2006/56788-1), CNPq (370448/2007-3) e CAPES/PROSUP.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ester da Silva

PIRACICABA  
2011

### Ficha Catalográfica

Tamburús, Nayara Yamada.

Influência de diferentes tipos de treinamento físico sobre a modulação autonômica da frequência cardíaca e a capacidade funcional aeróbia de mulheres jovens / Nayara Yamada Tamburús – Piracicaba, 2011.

74 f.; il.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências da Saúde – Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia / Universidade Metodista de Piracicaba.

Orientador(a): Profa. Dra. Ester da Silva.

I. Variabilidade da Frequência cardíaca . 2. Treinamento físico.  
3. Análise não linear. 4. Capacidade funcional aeróbia – Mulher jovem.  
I. Silva, Ester da. II. Título.

CDU: 613.72

Os membros da Banca Examinadora da Defesa de Dissertação de Mestrado de **NAYARA YAMADA TAMBURÚS** apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, em Sessão Pública realizada em Aos quinze dias do mês de fevereiro de 2011, consideraram o(a) candidato(a) aprovado(a).

BANCA EXAMINADORA:

  
Prof. Dra. Ester da Silva - UNIMEP

  
Profa. Dra. Aparecida Maria Catai - UFSCar

  
Prof. Dr. Marcelo de Castro César - UNIMEP

Dedico este trabalho, com muito carinho, aos meus queridos pais, Aquibaldo e Teruko, pelo amor e dedicação, sempre me incentivando e apoiando a realizar meus projetos de vida, que contribuíram muito para minha formação. Tudo o que sou e o que tenho devo a vocês.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente á Deus, pela sua presença constante guiando meus passos, me iluminando sempre em minhas decisões e por ter me dado sustento para conseguir mais esta conquista.

Aos meus pais, Aquibaldo e Teruko, pelas inúmeras provas de amor incondicional que tem me dado durante toda a vida, pelo incentivo e apoio em todas as minhas atividades e por proporcionarem a constituição de uma ambiente familiar único, do qual eu me orgulho de fazer parte.

Às minhas irmãs, Dayane e Amanda, pela amizade preciosa e eterna e pelos momentos de descontração que vivenciamos. Tenho certeza que poderei contar com vocês sempre.

Aos meus avôs e avós paternos e maternos, pelo incentivo e orações realizadas pela minha proteção e pelo sucesso deste trabalho.

À professora orientadora, Dr<sup>a</sup> Ester da Silva, pela seriedade e competência na minha condução pelos caminhos da pesquisa e principalmente pela oportunidade oferecida. Agradeço pela paciência, amizade, ensinamentos e pela credibilidade depositada em mim.

À Ana Cristina, pela amizade, co-orientação e grande colaboração neste trabalho dedicando tempo, paciência e por acreditar e confiar em meu potencial. Agradeço por todo conhecimento compartilhado comigo, incentivo e palavras de conforto.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Aparecida Maria Catai e Anielle Takahashi, pela disposição em repassar os novos métodos de análise da variabilidade da frequência cardíaca. Ao Prof<sup>o</sup> Dr Marcelo de Castro César pela ajuda nos experimentos.

Agradeço também pelas importantes contribuições que tornaram esse trabalho melhor e mais completo.

Ao Profº Dr. Alberto Porta, por disponibilizar o programa de rotina de análise da variabilidade da frequência cardíaca, bem como aos seus colaboradores do Departamento de Ciências Clínicas da Universidade de Milão, Itália.

Aos meus grandes amigos do laboratório: Vandeni, Mariana, Roberta Fernanda, Tarcísio, Beto, Taís, Juliana, Vanessa, Carol, Keila, Roberta Zuttin, que de alguma forma participaram da de pós-graduação e sempre estiveram dispostos a ajudar. Obrigada pela força, pela torcida, apoio e companhia, que tornaram mais fácil e prazerosa a realização deste trabalho. Espero de coração que nossa amizade dure por muito tempo.

A todos os amigos do Mestrado em Fisioterapia da UNIMEP, obrigada pelos momentos de alegria e descontração.

Aos meus amigos extracurriculares, pela paciência, companheirismo e suporte dado nessa fase da minha vida. Vocês sabem que podem contar comigo sempre! Essas amizades valem muito pra mim. Muito obrigada por tudo.

À Raquel e Marilene, pelos ensinamentos durante todo o período de convivência, pela força, companhia e palavras incentivadoras. Vocês sempre irão morar no meu coração

A todas as voluntárias que participaram desse estudo, sem as quais teria sido impossível concretizá-lo. Agradeço por terem cedido o seu tempo para a formação deste trabalho.

Aos funcionários, colegas e docentes do Programa de Pós- Graduação em Fisioterapia. Obrigada por toda ajuda, sempre que precisei, pela presteza e pela amizade desenvolvida.

Aos órgãos de fomento CAPES/PROSUP, pela bolsa cedida, e ao CNPq e FAPESP, pelo apoio financeiro.

A todas as pessoas, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero Muito Obrigado!

“Feliz aquele que transfere o que  
sabe e aprende o que ensina”

(Cora Coralina)

## RESUMO

**Objetivos:** avaliar e comparar a modulação autonômica da frequência cardíaca (FC) em repouso e as variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas durante o teste ergoespirométrico de mulheres jovens treinadas em diferentes tipos de treinamento físico e correlacionar os índices da variabilidade da FC (VFC) com o consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). **Metodologia:** Foram estudadas 92 mulheres jovens, divididas em cinco grupos: treinamento intermitente (GIN, n=19), treinamento intervalado (GTI, n=15), treinamento combinado (GTC, n=17), treinamento de força (GTF, n=17) e controle (GC, n=24). Os procedimentos experimentais foram realizados entre 7<sup>o</sup> e 10<sup>o</sup> dia do ciclo menstrual. Protocolo experimental: a) teste ergoespirométrico do tipo rampa (TE-R) máximo, com incremento de potência de 20 a 25 W/min; b) captação da FC e dos intervalos R-R, a partir do registro do eletrocardiograma de repouso em tempo real, na postura supina. A análise da VFC foi realizada a partir dos cálculos da entropia de Shannon (ES), padrões da análise simbólica (0V, 1V, 2VS e 2VD) e entropia condicional corrigida (índice de complexidade (IC) e IC normalizado (ICN)). Análise estatística: Teste de Kruskal-Wallis com *post hoc* de Dunn e correlação de Spearman ( $p < 0,05$ ). **Resultados:** As variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas obtidos no pico do TE-R e no limiar de anaeróbios (LA) ( $\dot{V}O_2$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> e L.min<sup>-1</sup>), produção de dióxido de carbônico ( $\dot{V}CO_2$  L.min<sup>-1</sup>), ventilação (VE L.min<sup>-1</sup>) e potência (W)), apresentaram valores superiores nos grupos GIN, GTI e GTC se comparado ao GC ( $p < 0,05$ ), enquanto que o GTF apresentou valores similares ao GTC e GC ( $p > 0,05$ ), com valores de FC semelhantes ( $p > 0,05$ ). Observa-se também que, o GTF apresentou valores inferiores de  $\dot{V}O_2$  (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> e L.min<sup>-1</sup>),  $\dot{V}CO_2$  (L.min<sup>-1</sup>), em relação aos grupos GIN e GTI ( $p < 0,05$ ), e similar ao GTC, somente no pico do TE-R. Quanto a análise da VFC, a ES foi similar entre os quatro tipos de treinamento e superior ao GC ( $p < 0,05$ ), porém os grupos GIN, GTI e GTC apresentaram valores inferiores para o padrão 0V%, e superiores para os índices 2VD% e IC em relação ao GC ( $p < 0,05$ ). Já o padrão 1V%, somente os grupos GIN e GTI apresentaram valores superiores ao GC ( $p < 0,05$ ), enquanto que o padrão 2VS% e ICN foram similares em todos os grupos. Foi encontrada correlação negativa e significativa entre o padrão 0V% e os índices de complexidade, sendo moderada para ES e fraca para o IC e ICN ( $p < 0,05$ ). O padrão 2VD% apresentou correlação positiva para o ICN ( $p < 0,05$ ). O padrão 1V% apresentou correlação negativa somente com a ES ( $p < 0,05$ ). Na análise de correlação entre os índices da VFC com o  $\dot{V}O_2$  obtido no pico do exercício, foi encontrada correlação significativa entre a ES, IC, ICN e padrões 0V% e 2VD% com o  $\dot{V}O_2$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> ( $p < 0,05$ ). **Conclusão:** As adaptações do  $\dot{V}O_2$  e da VFC foram mais evidentes nos treinamentos físicos de moderada a alta intensidade com predomínio aeróbio. Sendo que no treinamento de força a modulação autonômica da FC e o  $\dot{V}O_2$  foram semelhantes ao controle. Assim, os resultados sugerem que a capacidade funcional aeróbia está associada com a modulação autonômica da FC.

**Palavras-chave:** Variabilidade da frequência cardíaca, Análise não linear, Capacidade funcional aeróbia, Treinamento físico, Mulheres jovens.

## ABSTRACT

**Objectives:** to evaluate and compare autonomic heart rate (HR) modulation at rest and cardiorespiratory and metabolic variables during an ergospirometric test in young women with different types of physical training, as well as to the relationship of HR variability (HRV) index with oxygen uptake ( $\dot{V}O_{2\text{peak}}$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). **Methods:** A total of 92 young women were divided into five groups: intermittent training (ING, n=19), interval training (ITG, n=15), combined training (CTG, n=17), strength training (STG, n=17) and control (CG, n=24). The experimental procedures were performed between the 7<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> days of the menstrual cycle. Experimental protocols included: a) maximum continuous ramp ergospirometric test (R-ET), with power output increments of 20 to 25 W/min; b) HR and R-R intervals being recorded in real time via electrocardiogram in the supine position. HRV was analyzed by Shannon entropy (SE), symbolic analysis (0V, 1V, 2LV e 2ULV) and corrected conditional entropy (complexity index (CI) and normalized CI (NCI)). Statistical analysis included: Kruskal-Wallis with Dunn's *post hoc* and Spearman correlation tests ( $p < 0.05$ ). **Results:** The metabolic and cardiorespiratory variables obtained at peak exercise and the anaerobic threshold (AT):  $\dot{V}O_{2\text{peak}}$  (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> and L.min<sup>-1</sup>), carbon dioxide output ( $\dot{V}CO_2$  L.min<sup>-1</sup>), ventilation (VE L.min<sup>-1</sup>) and power output (W), presented higher values in ING, ITG and CTG than CG ( $p < 0.05$ ), while STG presented similar values to CG ( $p > 0.05$ ), including similar values for HR ( $p > 0.05$ ). Moreover, at peak exercise, STG presented lower values of  $\dot{V}O_2$  (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> e L.min<sup>-1</sup>) and  $\dot{V}CO_2$  (L.min<sup>-1</sup>) than ING and ITG ( $p < 0.05$ ), and similar values to CG. The HRV analysis, SE was similar among the four training groups and higher than CG, but the ING, ITG and CTG presented lower 0V% pattern values and higher of the 2ULV% pattern and CI than CG ( $p < 0.05$ ). For the 1V% pattern, only ING and ITG presented higher values than CG ( $p < 0.05$ ), while the 2LV% pattern and NCI were similar among all groups. There was a significant and negative correlation between 0V% pattern and complexity index, with moderate SE, and weak CI and NCI ( $p < 0.05$ ). The 2ULV% pattern was positively correlated with NCI ( $p < 0.05$ ), while the 1V% pattern was negatively correlated only with SE ( $p < 0.05$ ). In the correlation analysis between HRV indexes and  $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ , a significant correlation was found between SE, CI, NCI, 0V% and 2ULV% patterns with  $\dot{V}O_2$  ( $p < 0.05$ ). **Conclusion:**  $\dot{V}O_2$  and HRV adaptation was more evident in predominantly aerobic moderate to high intensity exercise training. In the strength training group autonomic heart rate modulation and  $\dot{V}O_2$  were similar to control. The results suggest, therefore that functional aerobic capacity is associated with autonomic HR modulation.

**Keywords:** Heart rate variability, Nonlinear analysis, Functional aerobic capacity, Exercise training, Young women.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1	Aspectos éticos	18
3.2	Local de realização do estudo	18
3.3	Cálculo amostral	18
3.4	Critérios de seleção da amostra	19
3.5	Casuística	20
3.5.1	Treinamento físico	21
3.6	Procedimento experimental	23
3.7	Medidas antropométricas	24
3.8	Protocolo experimental	25
3.8.1	Teste ergoespirométrico do tipo rampa (TE-R)	25
3.8.2	Captação da frequência cardíaca e dos intervalos R-R	29
3.9	Análise da variabilidade da frequência cardíaca	31
3.9.1	Análise simbólica	32
3.9.2	Entropia de Shannon (ES)	33
3.9.3	Entropia condicional (EC)	34
3.10	Análise estatística	35
4	RESULTADOS	36
4.1	Casuística	36
4.2	Análise das variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas obtidas no TE-R	38
4.3	Análise da frequência cardíaca e sua variabilidade	41

4.4	Correlação entre os padrões simbólicos com a entropia de Shannon e os índices da entropia condicional	46
4.5	Correlação entre o consumo de oxigênio no pico e no LA do TE-R e variabilidade da frequência cardíaca	46
5	DISCUSSÃO	52
6	CONCLUSÃO	62
	REFERÊNCIAS	63
	ANEXO	70
	APÊNDICE	72

## 1. INTRODUÇÃO

A prática regular de atividade física tem como fator principal à prevenção de doenças, especialmente na redução dos riscos relacionado à morbimortalidade cardiovascular.

Os efeitos crônicos diretos provenientes do exercício físico estão diretamente relacionados com sistema cardiovascular, ou seja, redução da frequência cardíaca (FC) e pressão arterial (PA) em repouso e durante o exercício físico (Collier, 2008), redução da demanda de oxigênio do miocárdio durante exercícios submáximos, aumento do tônus venoso periférico, da contratilidade miocárdica, vasodilatação endotélio-dependente, aumento do fluxo sanguíneo coronariano (Jones e Carter, 2000; Jurca et al., 2004) e da capacidade funcional aeróbia (Carter, Bannister e Blader, 2003). Já os indiretos refletem em alguns fatores de risco modificáveis como: redução da obesidade, aumento da tolerância à glicose, melhora do perfil lipídico (Durstine e Thompson, 2001) e mudança no estilo de vida (Shephard e Balady, 1999; Bouchard e Rankinen 2001; Aubert, Seps e Beckers, 2003).

No que se refere às modificações crônicas na regulação e controle autonômico cardíaco, a prática regular de exercício físico promove tanto aumento da modulação parassimpática como diminuição da modulação simpática. Esses achados têm sido observados, a partir da análise da variabilidade da FC (VFC) em jovens e idosos (Uusitalo et al., 2002; Hautala et al., 2003; Lee, Wood e Welsch, 2003; Middleton e De Vito, 2005; Raczak et al., 2006; Sloan et al., 2009), pacientes cardiopatas (Buchheit et al., 2004, 2005; Gademan et al, 2007; Collier, 2008; Hua et al, 2009) como em atletas (Verlinda et al, 2001; Kouidi et al, 2002;

Aubert, Seps e Beckers; 2003; Martinelli et al, 2005; Bricout, DeChenaud e Favre-Juvin, 2010).

Em relação especificidade do treinamento físico (aeróbio e de força), tanto as adaptações autonômicas como metabólicas são distintas (Cooke e Carter, 2003; Martinelli et al. 2005; Kang et al. 2005; Karavirta et al. 2008; Sloan et al. 2009; Knoepfli-Lenzin et al. 2010; Krstrup et al. 2010). Dessa forma, a literatura aponta que o treinamento aeróbio promove adaptações na modulação autonômica da FC de repouso, evidenciada pelo predomínio da modulação parassimpática, bem como aumento do consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) (Dixon et al., 1992; Puig et al., 1993; Aubert, Beckers e Ramaekers, 2001; Verlinde et al. 2001; Martinelli et al., 2005; Middleton e De Vito 2005; Sztajzel et al., 2008; Bangsbo et al., 2010; Bricout et al., 2010). Não obstante, os protocolos intervalados com baixa e alta intensidade e/ou intermitente de alta intensidade têm mostrado aumento na VFC e na capacidade funcional aeróbia mais expressiva, comparado ao protocolo contínuo (intensidade constante) (Van Zant e Bouillon, 2007; Bangsbo et al., 2010; Krstrup et al., 2010; Knoepfli-Lenzin et al., 2010).

Quanto ao treinamento de força, nenhuma mudança foi observada na VFC em repouso nos estudos de Cooke e Carter (2003), Forte, De Vito e Figura (2003) e Madden, Levy e Stratton (2006), assim como na capacidade funcional aeróbia (Kraemer et al., 1995; Dolezal and Potteiger 1998; Bell et al., 2000; Sloan et al., 2009). Porém, quando há a combinação de ambos os treinamentos (força e aeróbio) observa-se tanto de ganhos de força muscular como aumento da capacidade funcional aeróbia e predomínio da modulação parassimpática (Dolezal e Potteiger, 1998; Docherty e Sporer, 2000; Balabinis et al., 2003; Karavirta et al., 2008).

Alguns estudos têm pesquisado a relação da capacidade funcional aeróbia com a VFC, analisada por métodos tradicionais no domínio do tempo e da frequência (Hedelin, Bjerle e Henriksson-Larsen 2001; Hauatala et al., 2003; Bosquet, Gamelin e Berthoin, 2007; Grant et al., 2009). No estudo de Bosquet, Gamelin e Berthoin (2007) foi evidenciado correlação negativa do  $\dot{V}O_2$  com os índices no domínio do tempo e da frequência, assim como Grant et al. (2009) os quais verificaram correlação negativa com a banda de baixa frequência (BF), a qual é atribuída à modulação simpática. Já Hedelin, Bjerle e Henriksson-Larsen (2001) e Hauatala et al. (2003) referem que o  $\dot{V}O_2$  apresenta correlação positiva com a banda de alta frequência (AF) que é atribuída à modulação parassimpática.

Quanto à forma de análise da VFC, os métodos lineares têm sido utilizados convencionalmente, somente em condições caracterizadas por mudanças recíprocas na modulação simpática e parassimpática, identificadas nas bandas BF e AF, respectivamente, expressas em unidades normalizadas (Task Force, 1996). Recentemente têm sido propostos métodos não lineares por identificar alterações ou adaptações não aparentes do sistema nervoso autônomo que são consideradas relevantes, as quais são sensíveis à detecção e não se enquadram nas bandas de AF e BF (Huikuri, Mäkikallio e Perkiomki, 2003; Heffernan et al., 2007; 2008; Karavirta et al., 2008). Considerando a importância de reprodutibilidade da quantificação e da complexidade da regulação cardiovascular em diferentes situações (Perseguini et al., 2011; Takahashi et al., 2011) tem sido utilizado análises não linear a partir do cálculo de entropia (Porta et al., 1998; 2001) e da dinâmica simbólica (Guzzetti et al., 2005). Essas análises quantificam as informações carreadas em uma série temporal, ou seja, quanto maior a informação maior a complexidade. Assim, uma modificação dos índices

de complexidade pode ser capaz de quantificar mudanças no controle autonômico cardíaco promovido por diferentes estímulos, adaptações, durante um programa de treinamento físico e/ou condições patológicas. No entanto, não há relatos na literatura desse método de análise não linear da VFC em mulheres jovens treinadas em diferentes tipos de treinamento físico.

Assim, testamos as seguintes hipóteses: 1) de que as adaptações da modulação autonômica da FC causadas pelo treinamento aeróbio (intervalo e/ou intermitente), combinado (treino aeróbio e força) e somente de força podem ser detectadas pela análise simbólica, entropia de Shannon e entropia condicional; 2) e quanto maior a capacidade funcional aeróbia, maior a complexidade da série e do predomínio da modulação parassimpática.

## 2. OBJETIVOS

Este estudo teve como objetivos:

- Avaliar e comparar a modulação autonômica da FC em repouso e as variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas durante o exercício em mulheres jovens treinadas em diferentes tipos de treinamento físico.
- Correlacionar os índices da análise da VFC, a partir de métodos não lineares com a capacidade funcional aeróbia.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Aspectos éticos**

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, protocolo nº43/06 (Anexo I).

Todas as voluntárias foram informadas sobre os objetivos da pesquisa, os procedimentos experimentais aos quais seriam submetidas, do caráter não invasivo dos testes, bem como do fato destes não afetar sua saúde. Foram também esclarecidos quanto ao sigilo das informações colhidas durante a realização do trabalho, resguardando suas identidades. Após concordarem em participar da pesquisa, cada voluntária leu e assinou o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice I), conforme a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

#### **3.2 Local de realização do estudo**

Os procedimentos de avaliação das voluntárias e os protocolos experimentais foram realizados no Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Cardiovascular e Provas Funcionais do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia em nível de Mestrado da UNIMEP. Os exames bioquímicos foram realizados no Laboratório de Análises Clínicas CEMIM na cidade de Piracicaba.

#### **3.3 Cálculo amostral**

Foi aplicado o cálculo amostral para os índices da VFC obtidas da análise dos intervalos R-R (iR-R) por meio de métodos não-lineares: entropia de Shannon, e os padrões 0V% e 2VD%, obtidos pela análise simbólica, a partir do aplicativo GraphPad StatMate, versão 2.0" *for Windows*, *power* de 80% e  $\alpha = 5\%$ , sendo sugerido o número de 14 voluntárias para cada grupo.

### 3.4 Critérios de seleção da amostra

Foram incluídas apenas voluntárias que apresentaram eletrocardiograma (ECG) normal, ou seja, ausência de arritmias, infra e/ou supra desnivelamento do segmento ST, tanto em repouso como durante o teste ergoespirométrico, exames bioquímicos normais, ausência de gravidez, doenças cardiovasculares, respiratória, metabólica ou osteomioarticulares que contra indicassem a participação no estudo e/ou que possa comprometer o desempenho do protocolo aplicado nesta pesquisa, não fossem tabagistas, etilista e usuárias de medicamentos anti-hipertensivos, cardioativos e antivertiginosos, ou drogas que causem dependência química, devido às repercussões destes nos sistemas orgânicos e influência nas variáveis coletadas e analisadas para este estudo.

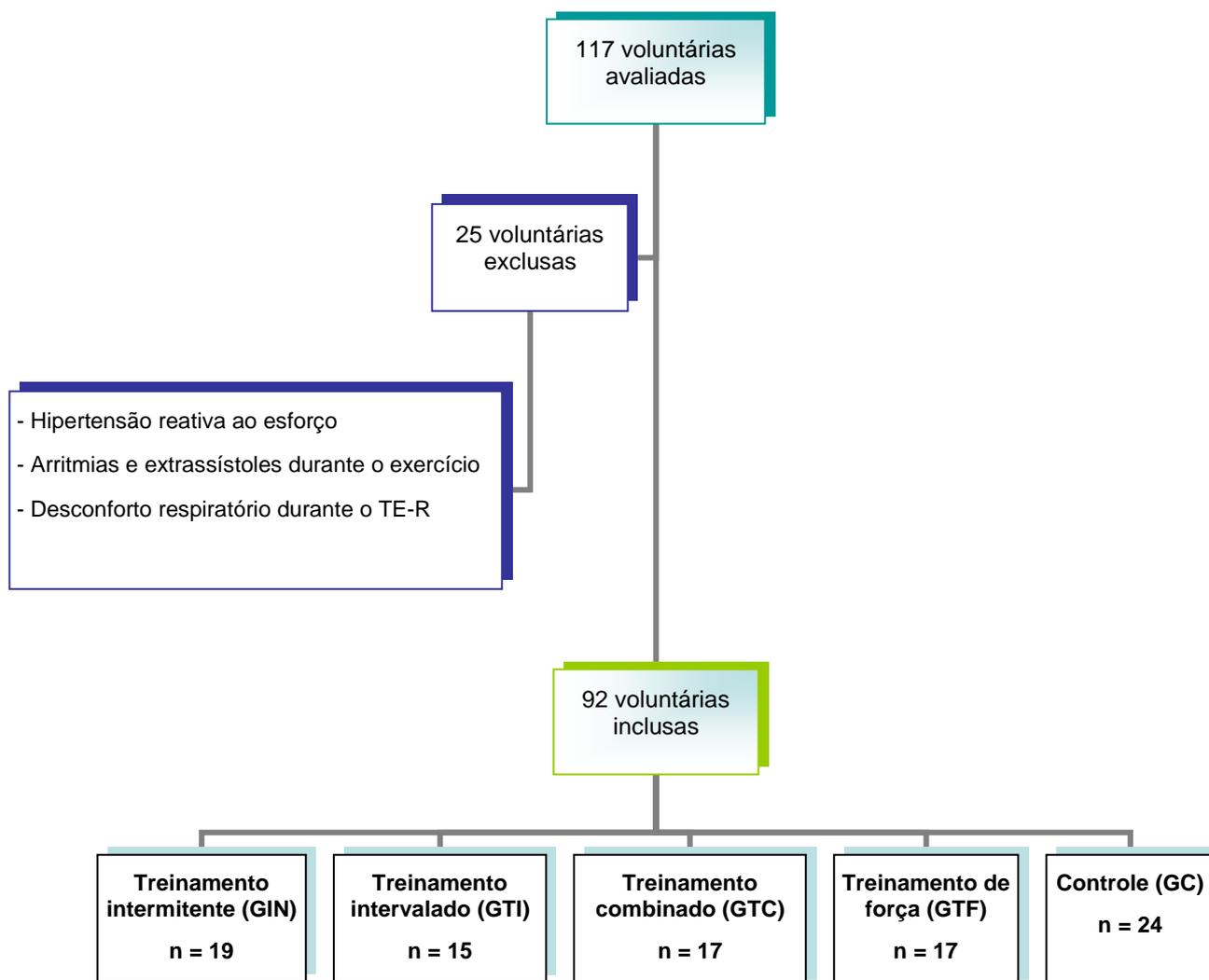
A caracterização das voluntárias ativas foi a partir do volume de treinamento específico (tabela 1) e pelos dados de  $\dot{V}O_2$  obtidos no pico ( $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ) do teste ergoespirométrico do tipo rampa (TE-R) (tabela 3), as quais participavam de treinamento físico específico pelos menos há um ano. As voluntárias praticantes de *Spinning* (treinamento intervalado), treinamento de força e combinado, eram treinadas nas academias da cidade de Piracicaba, sob supervisão de um educador físico responsável. Já as futebolistas (treinamento intermitente) eram treinadas em clubes ou quadras esportivas das cidades de Piracicaba e Santa Bárbara d'Oeste, pelo técnico do time. Vale ressaltar que as futebolistas não eram consideradas atletas de elite, pois pertenciam a times amadores. Em relação às voluntárias sedentárias, as mesmas não praticavam qualquer atividade física regular por no mínimo um ano.

Foram avaliadas 117 voluntárias e dessas somente 92 atenderam os critérios de inclusão, sendo as demais excluídas conforme expresso na figura 1.

### 3.5 Casuística

As 92 voluntárias participantes do estudo transversal foram divididas em quatro grupos segundo o tipo de treinamento físico: grupo treinamento intermitente (futebol) (GIN, n= 19), grupo treinamento intervalo (*Spinning*) (GS, n= 15), grupo treinamento aeróbio associado ao de força, denominado treinamento combinado (GTC, n= 17), grupo treinamento de força (GTF, n= 17) e um quinto grupo de voluntárias sedentárias, controle (GC, n= 24), que não praticavam qualquer tipo de atividade física.

A triagem das voluntárias foi realizada mediante entrevista e avaliação clínica composta de: anamnese, histórico do estilo de vida, (fumo, consumo de bebida alcoólica, nível de atividade física e nível de treinamento), antecedentes familiares, história pregressa e atual de patologias, sintomas e sinais atuais. Assim como, inspeção física geral, ausculta cardíaca, ECG de repouso de 12 derivações, registros da FC e da pressão arterial (PA) nas posições supina, sentada e durante o teste de esforço físico.



**Figura 1** – Fluxograma representando a perda amostral e distribuição da amostra

### 3.5.1 Treinamento Físico

A rotina de treinamento era prescrita pelo professor de educação física, sendo que para os grupos GTF e GTC, os objetivos das voluntárias eram: melhora da força muscular e do condicionamento físico. No GTI, as aulas de *Spinning* eram realizadas em uma sala juntamente com outras participantes, e todas seguiam o modelo de aula proposto pelo professor. Já o futebol (GIN), técnico do time definia atividades relacionadas ao treino tático, técnico e físico.

**Treinamento intermitente (futebol)** – o treino era dividido em:

- a) Aquecimento – corrida em volta do campo de futebol, alongamentos durante  $\pm 15$  min;
- b) Treino físico – circuitos com cones, obstáculos, saltos, testes de velocidade, durante  $\pm 30$  min;
- c) Treino técnico – treino de dribles, finalizações, passes e controle de bola,  $\pm 60$  min;
- d) Treino tático – organização das jogadoras no campo durante treino coletivo, cobrança de faltas, jogadas ensaiadas, escanteios, 90 min, porém os treinos dos itens b e c não eram realizados.

**Treinamento intervalado (*Spinning*)** – o treinamento é realizado em uma bicicleta estacionária, a aula regular durava  $\pm 1$ h e dividida em 5 *steps*, os quais eram acompanhados com adjetivos como:

- a) Estrada – esse período é caracterizado como aeróbio, com estímulo contínuo e sem recuperação, dando preferência para cadências alta (acima de 100 rotações por min - rpm), podendo alternar entre posição sentada e em pé;
- b) Progressivo – esse período também é caracterizado como aeróbio, com estímulos de 6 a 12 min (intensidade moderada) e recuperação ativa de 1 a 3 min (carga leve);
- c) Montanha – envolve característica mista, ou seja, aeróbio e anaeróbio, com estímulos de 1 a 3 min (intensidade alta) – cadência baixa (45-55 rpm) e recuperação ativa de 30s a 3 min cadência alta (90 rpm);
- d) *Fartlek* - característica mista, duração do estímulo de 15s a 60s, com recuperação ativa de 30s a 3min, cadências variadas.

**Treinamento combinado** – o treino era dividido em aeróbio e de força com duração de 90 min a 120 min e realizados:

- a) Exercícios aeróbios em esteira, bicicleta ou cama elástica durante 30 min;
- b) Treinamento de força incluiu os seguintes exercícios com pesos: extensão e flexão de joelho, *Leg press*, abdominais, abdutores e extensores horizontais do ombro e flexão de cotovelos (1-3 séries de 6-10 repetições – 80% de uma repetição máxima (1RM) – com pausa de 30s a 1 min).

**Treinamento de força** – o treino tinha duração de 60 min e era realizado em aparelhos específicos que permitiam ativação de grupos musculares.

- a) Alongamentos globais dos principais grupos musculares por  $\pm$  10 min no início e final do treinamento com pesos;
- b) Treinamento de força incluiu os seguintes exercícios: extensão e flexão de joelho, *Leg press*, abdominais, abdutores e extensores horizontais do ombro e flexão de cotovelos (80% de uma resistência máxima (1-3 séries de 6-12 repetições – 80% de 1RM – com pausa de 30s a 1 min).

### 3.6 Procedimento experimental

A preparação e calibração dos equipamentos, dos materiais e organização da sala foram sempre realizadas com antecedência à chegada de cada voluntária. A temperatura ambiente foi controlada artificialmente, a partir de um condicionador de ar YORK<sup>®</sup> mantida entre 22 °C a 24 °C, a umidade relativa do ar entre 40% e 60%, ambas aferidas por meio de um termo higrômetro de leitura direta, e a pressão barométrica foi mensurada a partir do barômetro de Torricelli (INCOTERM, Porto Alegre, RS, Brasil) e procurou-se manter um trânsito mínimo de pessoas, no ambiente, durante a execução dos experimentos.

As voluntárias foram orientadas a não ingerirem bebidas alcoólicas e/ou estimulantes 24 horas antes do teste e que fizessem uma refeição leve pelo menos duas horas antes do teste. Para as voluntárias ativas foi orientado para não realizarem atividade física extenuante no dia anterior.

Previamente as execuções do protocolo, as voluntárias foram familiarizadas com os procedimentos a que seriam submetidas, com os equipamentos que seriam utilizados e com os pesquisadores. Em seguida, a voluntária foi colocada em postura supina, para limpeza da pele com álcool e algodão para a adequada colocação dos eletrodos de registro do ECG. Após estes procedimentos as voluntárias permaneciam cerca de 10 min em repouso na postura supina, para avaliar se as variáveis cardiovasculares estavam dentro da faixa de normalidade e adaptadas às condições ambientais, a PA e FC eram então aferidas respectivamente, pelo método auscultatório de Korotkoff, utilizando um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio (WanMed, São Paulo, SP, Brasil) e um estetoscópio (Littman, St. Paul, MN, USA) e pelo registro dos batimentos cardíacos por meio de monitor cardíaco (MINISCOPE II – Instramed – Porto Alegre, RS, Brasil).

### **3.7. Medidas antropométricas**

A massa corporal (kg) e estatura (cm) foram aferidas por uma balança eletrônica (WELMY – modelo W200A) com precisão de 100g e com estadiômetro (precisa de 0,5 cm). Todas as voluntárias deveriam estar sem sapatos, trajando roupas leves, posicionados com os dois pés sobre a balança, distribuindo seu peso igualmente sobre as duas pernas e com o olhar no horizonte.

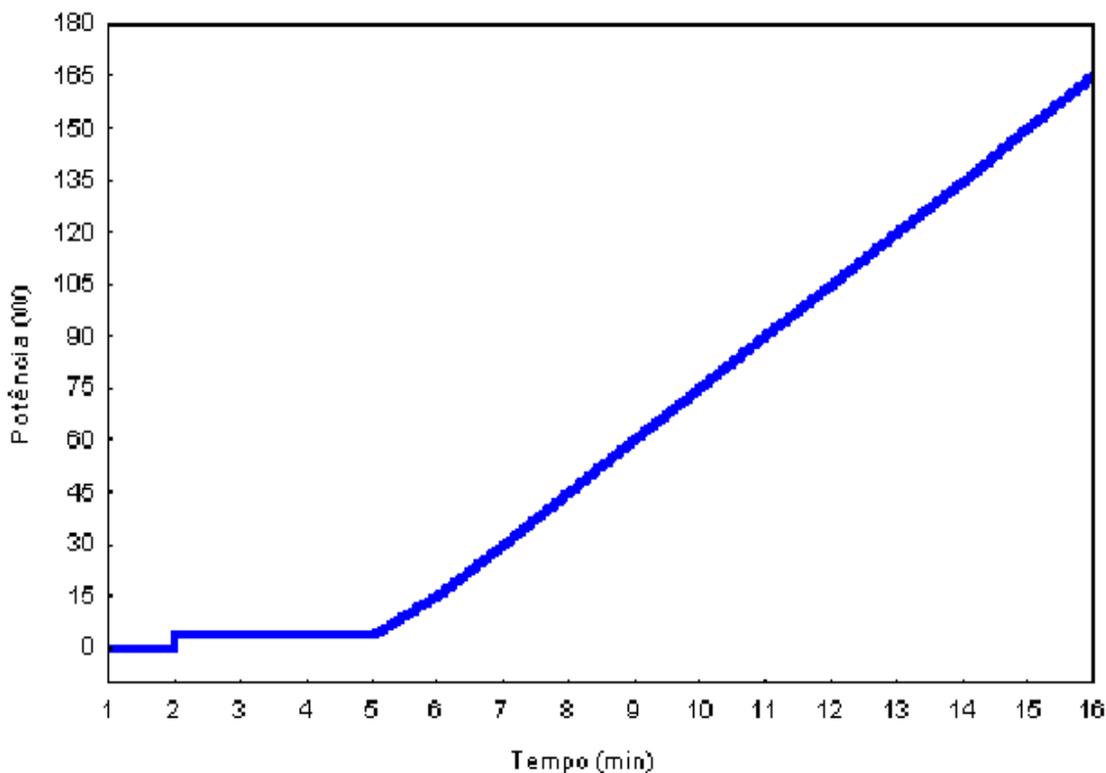
### **3.8 Protocolo experimental**

#### **3.8.1 Teste ergoespiométrico do tipo rampa (TE-R)**

Este teste foi realizado com o objetivo de avaliar a capacidade aeróbia funcional das voluntárias, assim como avaliar as respostas cardiorrespiratórias ao exercício. Anormalidades apresentadas neste teste foram consideradas como critério de exclusão para o estudo.

Para execução do teste foi utilizado um cicloergômetro de frenagem eletromagnética (LODE - CORIVAL V2, Groningen, Netherlands) com altura do banco regulada de modo a permitir flexão do joelho de aproximadamente 5°. O protocolo do TE-R constituiu de 1 min de repouso pré-teste com a voluntária sentada no cicloergômetro, iniciando o exercício com carga livre durante 4 min seguido de incremento de potência de 20 a 25 Watts (W) por min até a exaustão física, ou seja, a não manutenção da cadência de pedalada em 60 rpm (Figura 2).

Para evitar a ocorrência de sintomas, como tontura e síncope, que podem surgir quando o esforço executado é subitamente interrompido na posição sentada, após ser atingida a potência de esforço pico, as voluntárias continuavam a pedalar em baixa potência (25 Watts), por mais 3 min, quando então o exercício era interrompido.



**Figura 2** - Ilustração esquemática do protocolo do teste de exercício físico dinâmico contínuo tipo rampa, com 1 min de repouso, seguido de 4 min de aquecimento com 4W de potência, seguido da continuação do teste com incremento de potência de 20 a 25 W por min.

O incremento de potência durante cada min está de acordo com valores estabelecidos pela fórmula descrita por Wasserman et al. (1999), ou seja, incremento de potência/min =  $(150 + (6 \times \text{massa corporal kg}) - (\text{estatura cm} - \text{idade anos}) \times 14)/100$ .

Durante o teste, o ECG e a FC foram obtidos a partir de um eletrocardiógrafo (Welch Allyn CardioPerfect - MedGraphics – Breeze, St. Paul, Minesota, USA).

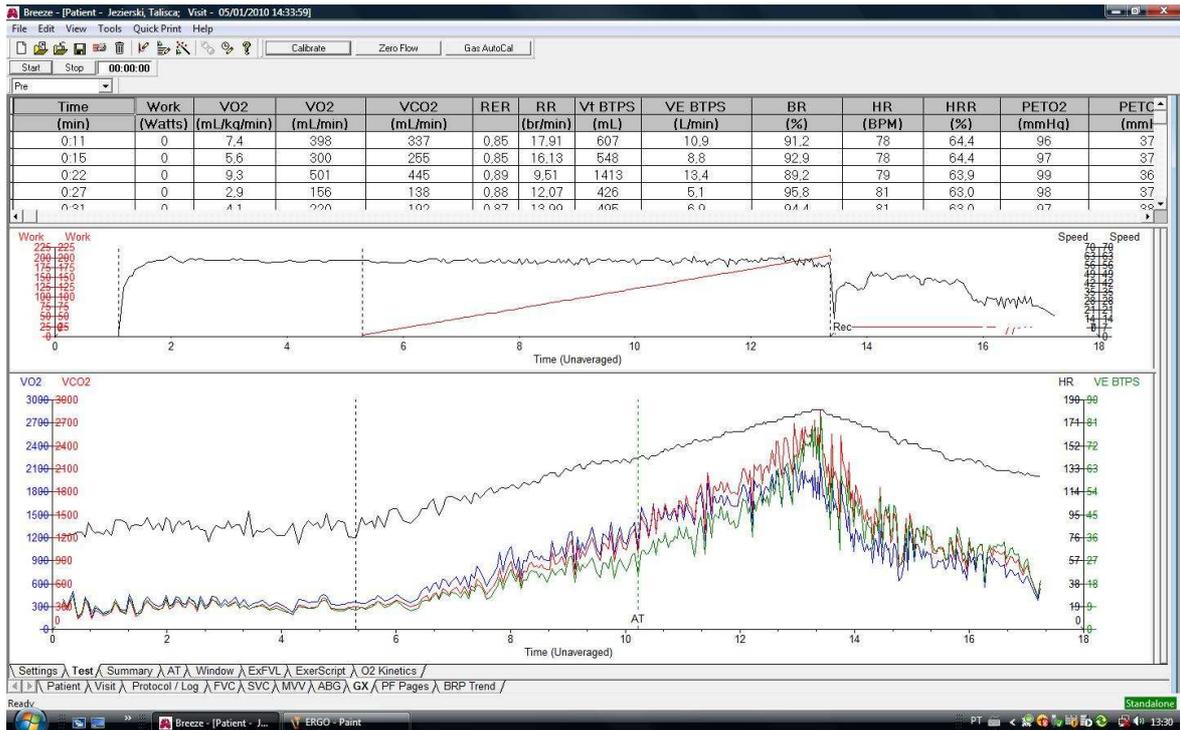
As variáveis ventilatórias e metabólicas foram captadas durante todo o experimento, respiração a respiração, por meio de um sistema de medidas dos gases expirados (CPX/D MedGraphics – Breeze, St. Paul, Minesota, USA). Os principais parâmetros observados foram: ventilação pulmonar (VE - BTPS L/min<sup>-1</sup>); consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$  em mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, L.min<sup>-1</sup>); produção de dióxido de

carbono ( $\dot{V}CO_2$  em  $L/min^{-1}$ ); razão de trocas gasosas (RER); equivalentes ventilatórios para o oxigênio ( $VEO_2$ ) e dióxido de carbono ( $VECO_2$ ); pulso de oxigênio (Pulso de  $O_2$  em mL/batimentos); e relação consumo de oxigênio–carga de trabalho. As variáveis estão representadas respiração a respiração (Figura 3).

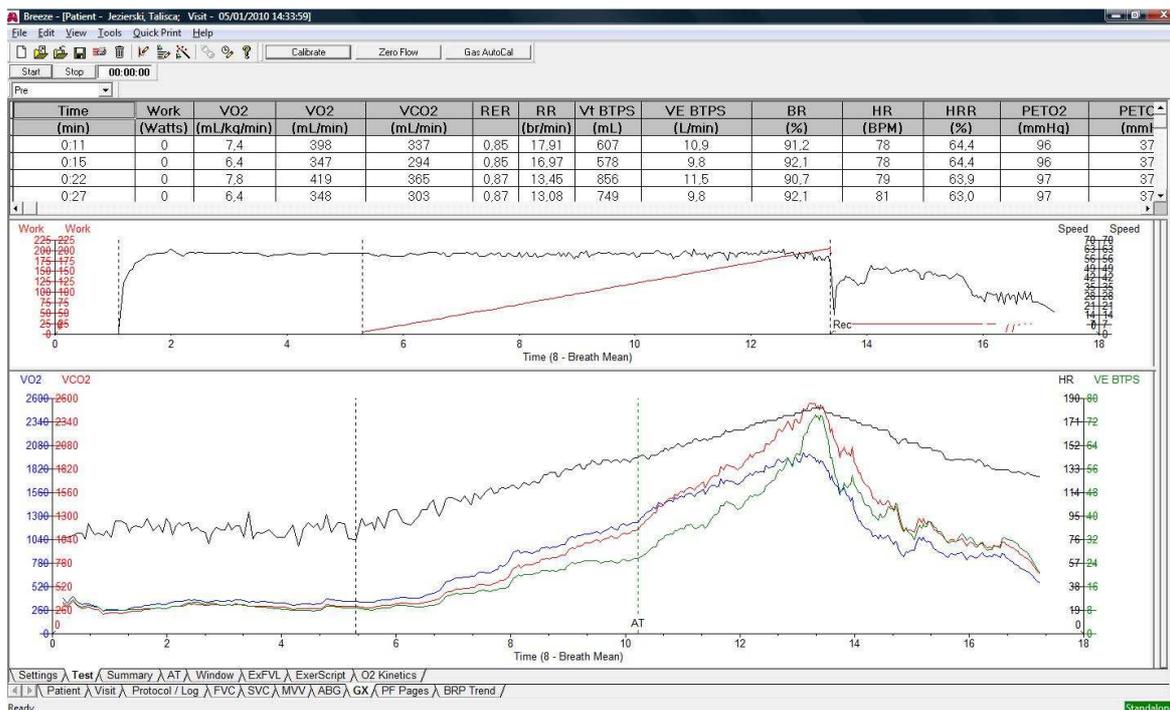
O sistema foi calibrado antes de cada teste, usando uma concentração conhecida de gás padrão. O software utilizado para a captação das variáveis ventilatórias e metabólicas (*Breeze Suite versão 6.4.1*), possibilita a plotagem gráfica de todas as variáveis onde cada valor, em função do tempo e em ordem sequencial, corresponde a um valor de médias móveis de 8 respirações (médias móveis se deslocando de ciclo a ciclo respiratório), permitindo uma visualização do comportamento das curvas ventilatórias (Figura 4).

O limiar de anaerobiose ventilatório (LAV) foi determinado pela análise visual das respostas ventilatórias e metabólicas por três observadores independentes, devidamente treinados. O critério adotado foi pela perda do paralelismo, ou seja, o aumento desproporcional do  $\dot{V}CO_2$  em relação ao  $\dot{V}O_2$  (Crescêncio et al., 2003; Higa et al., 2007). Foi calculada a média dos três valores obtidos das determinações do LAV.

Para obtenção das mesmas variáveis no pico do TE-R foi feito o ajuste a partir da média dos valores referente aos três últimos ciclos respiratórios de cada variável, isto é, o valor correspondente ao pico do exercício (último valor) mais os dois valores que o antecederiam.



**Figura 3** - Ilustração da tela de aquisição dos dados do sistema ergoespirométrico durante o teste. No gráfico superior, estão representadas as curvas do incremento de potência em vermelho e a velocidade de rotação (rpm) em preto. No gráfico inferior está ilustrada a frequência cardíaca (HR) em preto, consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) em azul, produção de dióxido de carbono ( $\dot{V}CO_2$ ) em vermelho e ventilação min (VE) em verde, plotados respiração a respiração, em função do tempo. Na tabela os dados apresentados são plotados em tempo real, a cada ciclo respiratório.



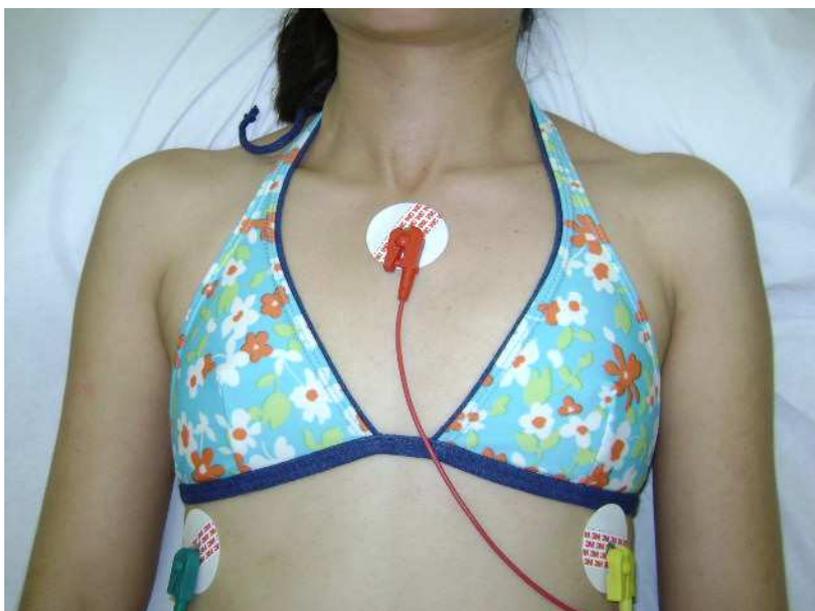
**Figura 4** - Ilustração da tela de aquisição dos dados do sistema ergoespirométrico durante o teste, mostrando no gráfico superior a velocidade de rotação (rpm) em preto e incremento de potência em vermelho e no gráfico inferior, frequência cardíaca (HR) em preto, consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) em azul, produção de dióxido de carbono ( $\dot{V}CO_2$ ) em vermelho e ventilação min (VE) em verde, plotados em valores de médias móveis de 8 respirações em função do tempo.

### 3.8.2 Captação da frequência cardíaca e dos intervalos R-R

Este teste teve como objetivo avaliar a variabilidade da resposta da FC para verificar a modulação do controle autonômico sobre a mesma na condição de repouso na posição supina. As voluntárias foram orientadas a permanecerem em repouso por um período de 10 min, evitando conversar com os experimentadores. Em seguida dava-se início à coleta da FC, durante 15 min. Durante todo o período de coleta foi orientado as voluntárias que mantivessem a respiração espontânea, a qual foi observada e anotada pelo pesquisador.

Para a coleta dos dados, as voluntárias foram monitorizadas na derivação MC5 (Figura 4) com eletrodo negativo no manúbrio esternal, o positivo no quinto espaço intercostal na linha axilar anterior esquerda referente à V5 e o eletrodo neutro no quinto espaço intercostal direito. Os sinais do ECG foram

captados a partir do monitor cardíaco de 1 canal (MINISCOPE II – Instramed – Porto Alegre, RS, Brasil) e processados por meio de um conversor analógico/digital de 8 canais (Lab-PC+/ National Instruments Co, Austin, TX, USA) que constitui uma interface entre o monitor cardíaco e o microcomputador Pentium III em uma frequência de amostragem de 500Hz. A FC e os iR-R foram obtidos em tempo real, batimento a batimento a partir do ECG utilizando um software específico (Silva et al., 1994) (Figura 5).



**Figura 4** - Disposição dos eletrodos: positivo (positivo), negativo (amarelo) e neutro (verde) na derivação MC5.

Os experimentos foram conduzidos entre o 7º e o 10º dia do ciclo menstrual e no mesmo período do dia (entre as 10h:00min e 17h:00min), considerando as menores flutuações hormonais (fase folicular) Casazza et al. (2002) e as influências do ciclo circadiano nas variáveis estudadas.



**Figura 5** - Ilustração da aquisição do sinal do ECG e da FC (bpm) obtidos pelo cálculo dos iR-R (ms), batimento a batimento em tempo real, na condição de repouso.

### 3.9 Análise da variabilidade da frequência cardíaca

Inicialmente, foi realizada uma inspeção visual da distribuição dos iR-R (ms) obtidos nos 900 s de coleta nas condições de repouso supino, para eliminar os trechos que continham *spikes*, de modo a selecionar um intervalo que apresentasse maior estabilidade do traçado dos iR-R do ECG (Task Force, 1996).

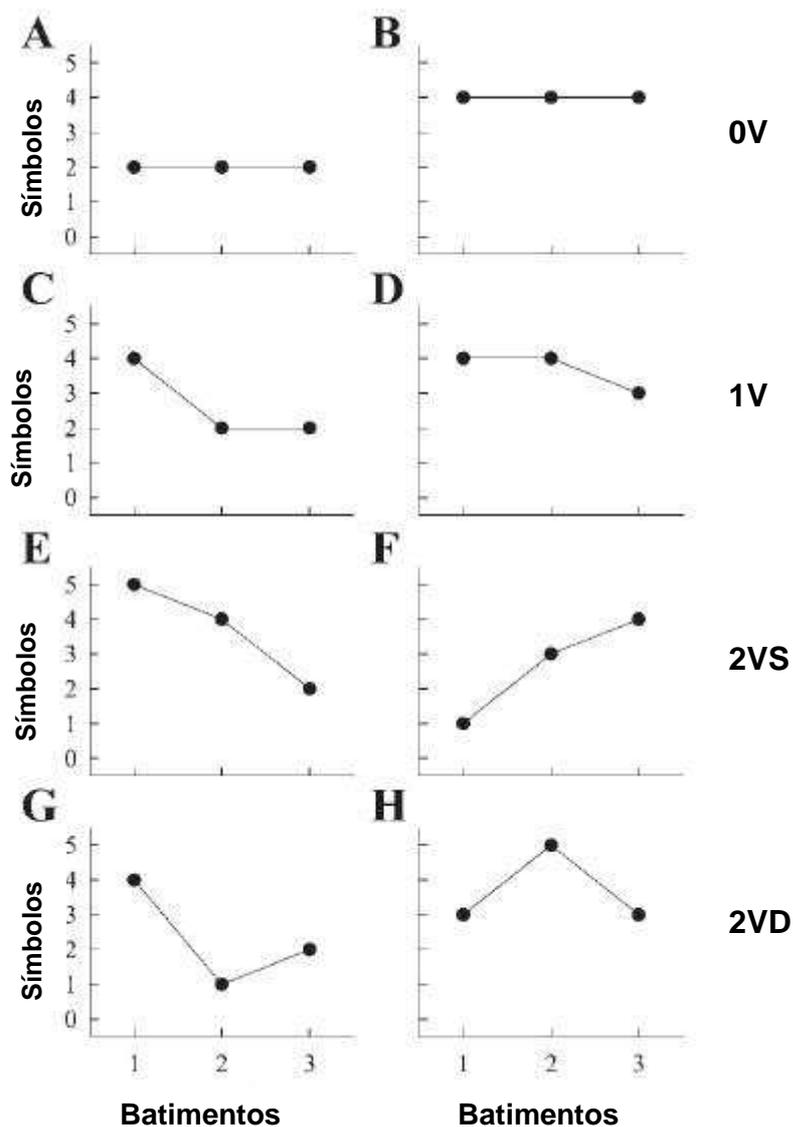
Para determinação exata do trecho de análise, levamos em consideração o número de pontos dos dados coletados. Para todas as análises utilizamos 300 pontos consecutivos (batimentos), correspondendo a um número de tempo variado.

A VFC foi analisada pelo método não linear a partir da análise simbólica, entropia de Shannon (ES) e da entropia condicional (EC), por meio um programa com rotina de análise desenvolvida pelo Prof. Alberto Porta e colaboradores do Departamento de Tecnologia da Saúde, Universidade de Milão, Itália (Porta et al., 2001).

### 3.9.1 Análise simbólica

A técnica, descrita por Porta et al., (2001), baseia-se na transformação da série de iR-R em números inteiros, os quais são identificados por um símbolos. Os símbolos identificados na série temporal são agrupados de 3 em 3 formando então, os padrões simbólicos. De acordo com tipo de variação que cada padrão se encontra são agrupados em quatro famílias, sendo as seguintes: 1) padrões, sem variação [0V] (Figura 7, A e B), 2) padrões com uma variação [1V] (Figura 7, C e D), 3) padrões com duas variações similares [2VS] (Figura 7, E e F), e 4) padrões com duas variações diferentes [2VD] (Figura 7, G e H). Foram avaliados os índices de ocorrência de todas as famílias: 0V%, 1V%, 2VS% e 2VD%.

Guzzetti et al. (2005) e Porta et al. (2007) avaliaram a modulação autonômica da FC através do *tilt test* e bloqueio farmacológico. Os autores observaram que o padrão 0V reflete a modulação simpática, o padrão 1V corresponde tanto a modulação simpática quanto parassimpática e os padrões 2VS e 2VD a modulação parassimpática.



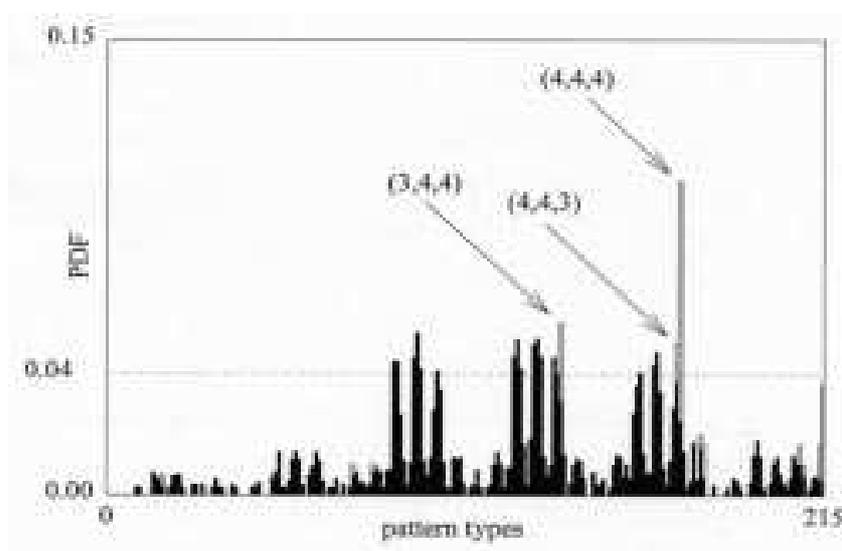
**Figura 7** – Exemplos de padrões para categoria 0V (padrões sem variação, A e B), 1V (padrões com uma variação C e D), 2VS (padrões com duas variações similares, E e F) e 2VD (padrões com duas variações diferentes, G e H).

Fonte: Porta et al., 2007c (adaptado).

### 3.9.2 Entropia de Shannon

Outra análise utilizada foi o cálculo da ES, a qual fornece quantitativamente a complexidade da distribuição dos padrões. Quanto maior a ES essa distribuição aparecerá plana, ou seja, todos os padrões são identicamente distribuídos e a série transporta o máximo de informações. Pelo

contrário, a ES é baixa quando alguns padrões são mais comuns, enquanto outros estão ausentes ou são poucos frequentes (Porta et al., 2001) (Figura 8).



**Figura 8** - Descrição dos processos para detecção dos padrões determinísticos frequentes (FDPs). Um FDPs é encontrado se as probabilidades de função de densidade (PDF) são calculadas sobre as séries originais (barras abertas) superando média [PDF] + 2 vezes os desvios padrões [PDV] calculado sobre 15 realizações de substituição de dados (barras pretas) e se o FDP for maior que 0,04 (linha pontilhada). Apenas três FDPs são detectados.

Fonte: Porta et al., 2001.

### 3.9.3 Entropia condicional

A EC descrita por Porta et al., (1998) é capaz de fornecer informação sobre a regularidade da série, ou seja, se a quantidade de informação carregada por uma nova amostra pode ou não ser obtida a partir dos valores anteriores.

EC fornece dois índices: o índice de complexidade (IC), expresso em números naturais. Quando esse índice é normalizado pela entropia de Shannon da série RR obtém-se o IC normalizado (ICN). Os valores de referência estabelecidos por Porta et al., 2007d, considera que ICN varia de 0 (informação nula) a 1 (máxima informação). Assim, quanto maior o IC e o ICN, maior a complexidade, menor a regularidade da série.

### 3.10 Análise estatística

A análise de distribuição dos dados das variáveis estudadas mostrou que as mesmas não possuíam distribuição normal, analisadas a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov. Dessa forma, foram utilizados testes estatísticos não paramétricos de Kruskal-Wallis com *post hoc* de Dunn, para análise de comparação múltipla. Para a análise de correlação foi utilizado o teste de Spearman. Em todos os testes estatísticos utilizados nesse estudo, foi estabelecido o nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

Para a análise descritiva dos dados, os resultados foram apresentados em média e desvio padrão e graficamente em *box plots* contendo os valores em mediana, 1º quartil (25%), 3º quartil (75%) e valores máximos e mínimos.

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados a partir do aplicativo *STATISTICA for Windows*, versão 6.0.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Casuística

Na tabela 1 estão apresentados os valores referentes à idade, massa corporal, estatura, índice de massa corpórea (calculado pela relação entre massa corporal, em kg, dividido pela estatura, em metro, ao quadrado - IMC em  $\text{kg/m}^2$ ), FC de repouso e frequência, duração, intensidade e tempo de treinamento das voluntárias.

Em relação às variáveis cardiovasculares de repouso, foi observada diferença estatisticamente significativa somente na variável da FC ( $p < 0,05$ ) onde as voluntárias do GIN apresentaram valores inferiores se comparado com as voluntárias do GC. A PA sistólica (PAS) e diastólica (PAD), no repouso supino, estavam dentro da faixa de normalidade. As demais variáveis foram similares, não apresentando diferença estatisticamente significativa entre os grupos estudados ( $p > 0,05$ ).

Quanto à frequência e tempo de treinamento foram semelhantes entre os grupos ( $p > 0,05$ ), porém a duração de treinamento foi superior nos grupos GIN e GTC em relação aos GTI e GTF ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 1.** Idade, características antropométricas, variáveis cardiovasculares de repouso, frequência, duração, intensidade e tempo de treinamento, apresentadas em média e desvio padrão, dos grupos estudados.

Variáveis	GIN (n=19)	GTI (n=15)	GTC (n=17)	GTF (n=17)	GC (n=24)
Idade (anos)	20±2,65	23,80±1,97	22,44±3,78	24±2,55	22±2,83
Massa (kg)	56±6,56	56,67±6,55	57,59±6,32	55,53±5,29	58,16±6,56
Estatuta (cm)	163±5,34	162±6,89	165±6,80	162±6,39	164±4,85
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	21,02±1,81	21,84±1,60	21,47±1,58	20,91±1,82	21,47±1,90
FC (bpm)	64±6	66±8	67±11	67±8	74±11*
PAS (mmHg)	112±9	109±9	114±10	104±9	110±8
PAD (mmHg)	73±7	73±8	77±8	70±7	72±7
Frequência de treinamento (dias/sem)	4,2±1,2	4,7±0,7	4,2±0,9	3,3±0,7	---
Duração do treinamento (min/sessão)	118±23 <sup>†</sup>	57±19	114±10 <sup>#</sup>	62±10	---
Intensidade de treinamento	165±8(bpm)	166±13(bpm)	80%(1RM)	80%(1RM)	---
Tempo de treinamento (anos)	4±1	4±1	3±0,9	3±1	---

GIN: grupo treinamento intermitente; GTI: grupo treinamento intervalado; GTC: grupo treinamento combinado; GTF: grupo treinamento de força; GC: grupo controle; n: número de voluntárias; kg: quilogramas; cm: centímetro; IMC: índice de massa corpórea; kg/m<sup>2</sup>: quilogramas; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; mmHg: milímetros de mercúrio; FC: frequência cardíaca; bpm: batimentos por min.

\* p<0,05 na comparação entre GIN e GC.

†p<0,05 na comparação entre GIN com GTI e GTF

# p<0,05 na comparação entre GTC com GTI e GTF

No que se refere aos exames bioquímicos de sangue, pode-se observar na tabela 2, que os valores estão dentro da faixa de normalidade e similares entre os grupos (p>0,05) (IV Diretriz Brasileira Sobre Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose, 2007).

**Tabela 2:** Valores de colesterol total (mg/dL), HDL (mg/dL), LDL (mg/dL) e triglicérides (mg/dL), apresentados em média e desvio padrão, dos grupos estudados.

Grupos	GIN (n=19)	GTI (n=15)	GTC (n=17)	GTF (n=17)	GC (n=24)	Valores de referência
Colesterol Total (mg/dL)	143,5±26,7	167,8±25,7	151±26	159,0±33,4	167,7±51,4	<200
HDL (mg/dL)	46±4,5	43,1±6,5	48,3±13	45,7±12,2	43,8±11,9	>50
LDL (mg/dL)	86,6±25,6	105,8±31,2	88,6±22,3	88,6±22,3	102,1±53,1	<160
Triglicérides (mg/dL)	69,1±27,6	92±34,1	83,7±22,5	91,2±17,0	99,9±54,5	<150

GIN: grupo treinamento intermitente; GTI: grupo treinamento intervalado; GTC: grupo treinamento combinado; GTF: grupo treinamento de força; GC: grupo controle; n: número de voluntárias; HDL: lipoproteína de alta densidade; LDL: lipoproteína de baixa densidade; mg/dL: miligrama por decilitros.

#### 4.2 Análise das variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas obtidas no TE-R

O TE-R foi realizado para avaliar a capacidade funcional aeróbia das voluntárias, assim como as respostas cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas frente ao exercício físico.

Nas tabelas 3 e 4 estão descritos os resultados em média e desvio padrão, referentes às variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas no pico do exercício e no nível do LAV do TE-R dos grupos estudados.

Ao analisar os dados obtidos no pico do exercício (tabela 3) observa-se que os resultados de  $\dot{V}O_2$  (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>),  $\dot{V}O_2$  (L.min<sup>-1</sup>),  $\dot{V}CO_2$  (L.min<sup>-1</sup>), VE (L.min<sup>-1</sup>) e potência (W), os grupos GIN, GTI, GTC apresentaram valores maiores e estatisticamente significantes ao GC (p<0,05), enquanto que o GTF apresentou valores similares aos GTC e GC (p>0,05). Já os valores de RER e FC (bpm) as respostas foram similares entre os grupos estudados (p>0,05).

No que se refere ao tipo de treinamento físico, o GTF apresentou menores valores de  $\dot{V}O_2$  (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>),  $\dot{V}O_2$  (L.min<sup>-1</sup>) e  $\dot{V}CO_2$  (L.min<sup>-1</sup>) em

relação aos grupos GIN e GTI ( $p < 0,05$ ) e semelhantes aos GTC ( $p > 0,05$ ) no pico do exercício. Para as demais variáveis, não houve diferença estatística ( $p > 0,05$ ).

Quanto a PAS (mmHg) no pico do exercício os grupos GIN, GTI e GTC apresentaram maior elevação em relação ao GC ( $p > 0,05$ ). Na mesma análise, observa-se também que o GTF apresentou menor valor comparado com ao GTC ( $p < 0,05$ ). Por outro lado, a PAD (mmHg) das voluntárias dos cinco grupos estudados foi similar ( $p > 0,05$ ). Dessa forma, observa-se que tanto a PAS e PAD apresentaram elevação de sua resposta ao exercício dentro da faixa esperada.

A classificação aeróbia obtida do  $\dot{V}O_2$  ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) do TE-R das voluntárias ativas, grupos GIN, GTI e GTC foi “regular, e do GTF “fraca”, enquanto que o GC obteve classificação aeróbia “muito fraca”, segundo a American Heart Association (1972).

**Tabela 3.** Valores em média e desvio padrão no pico do exercício durante o TE-R das variáveis  $\dot{V}O_2$  (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>),  $\dot{V}O_2$  (L.min<sup>-1</sup>),  $\dot{V}CO_2$  (L.min<sup>-1</sup>), VE (L.min<sup>-1</sup>), potência (Watts), RER, FC (bpm), PAS e PAD (mmHg) dos grupos estudados.

Variáveis	GIN (n=19)	GTI (n=15)	GTC (n=15)	GTF (n=19)	GC (n=24)
$\dot{V}O_2$ (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	35,05±3,82 <sup>‡,#</sup>	34,08±3,54 <sup>‡,#</sup>	32,06±2,03 <sup>‡</sup>	27,88±0,93	22,39±3,01
$\dot{V}O_2$ (L.min <sup>-1</sup> )	1,91±0,24 <sup>‡,#</sup>	1,94±0,72 <sup>‡,#</sup>	1,84±0,23 <sup>‡</sup>	1,56±0,23	1,33±0,28
$\dot{V}CO_2$ (L.min <sup>-1</sup> )	2,24±0,33 <sup>‡,#</sup>	2,22±0,24 <sup>‡,#</sup>	2,09±0,30 <sup>‡</sup>	1,85±0,34	1,58±0,31
VE (L.min <sup>-1</sup> )	59,85±10,83 <sup>‡</sup>	63,52±13,96 <sup>‡</sup>	63,95±9,78 <sup>‡</sup>	55,93±13,25	44,65±14,58
Potência (W)	168,37±22,53 <sup>‡</sup>	174,26±23,63 <sup>‡</sup>	164,24±19,95 <sup>‡</sup>	149,53±30,59	123,20±17,98
RER	1,1±0,1	1,1±0,1	1,1±0,1	1,1±0,1	1,2±0,1
FC (bpm)	180±11	180±10	178±15	179±11	174±14
PAS (mmHg)	177±22 <sup>‡</sup>	174±13 <sup>‡</sup>	177±13 <sup>‡,†</sup>	160±13	158±12
PAD (mmHg)	82±10	81±7	86±11	78±6	81±9

GIN: grupo treinamento intermitente; GTI: grupo treinamento intervalado, GTC: grupo treinamento combinado, GTF: grupo treinamento de força; GC: grupo controle; n: número de voluntárias; TE-R: teste ergoespirométrico do tipo rampa  $\dot{V}O_2$ : consumo de oxigênio; VE: ventilação;  $\dot{V}CO_2$ : produção de gás carbônico; RER: razão de trocas gasosas; FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; mL.kg.min: mililitros por quilograma por min; L.min: litros por min; W: watts; bpm: batimentos por min; mmHg: milímetros de mercúrio.

‡p<0,05 na comparação entre GIN, GTI e GTC com GC

#p<0,05 na comparação entre GIN e GTI com GTF

†p<0,05 na comparação entre GCT com GTF

Ao analisar os dados obtidos no LAV (tabela 4) observa-se que os resultados de  $\dot{V}O_2$  (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>),  $\dot{V}O_2$  (L.min<sup>-1</sup>),  $\dot{V}CO_2$  (L.min<sup>-1</sup>), VE (L.min<sup>-1</sup>) e potência (W), os grupos GIN, GTI, GTC apresentaram maiores valores e estatisticamente significantes ao GC (p<0,05), enquanto que o GTF apresentou valores semelhantes aos GTC e GC (p>0,05).

Em relação aos tipos de treinamento físico esses valores mostraram semelhantes (p>0,05). Já os valores de RER e FC (bpm) as respostas foram similares entre os grupos estudados (p>0,05).

**Tabela 4.** Valores em média e desvio padrão obtidos no nível do LAV durante o TE-R das variáveis  $\dot{V}O_2$  ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ),  $\dot{V}O_2$  ( $\text{L.min}^{-1}$ ),  $\dot{V}CO_2$  ( $\text{L.min}^{-1}$ ), VE ( $\text{L.min}^{-1}$ ), potência (Watts), RER e FC (bpm) dos grupos estudados.

Variáveis	GF (n=19)	GS (n=15)	GTC (n=15)	GTF (n=19)	GC (n=24)
$\dot{V}O_2$ ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ )	22,96±5,75 <sup>‡</sup>	22,09±4,80 <sup>‡</sup>	20,55±3,74 <sup>‡</sup>	17,78±3,56	14,04±2,70
$\dot{V}O_2$ ( $\text{L.min}^{-1}$ )	1,24±0,32 <sup>‡</sup>	1,23±0,29 <sup>‡</sup>	1,18±0,24 <sup>‡</sup>	0,99±0,23	0,83±0,20
$\dot{V}CO_2$ ( $\text{L.min}^{-1}$ )	1,20±0,30 <sup>‡</sup>	1,15±0,27 <sup>‡</sup>	1,10±0,23 <sup>‡</sup>	0,99±0,20	0,77±0,20
VE ( $\text{L.min}^{-1}$ )	30,04±7,35 <sup>‡</sup>	31,63±8,65 <sup>‡</sup>	30,15±6,82 <sup>‡</sup>	25,34±5,48	22,04±5,61
Potência (W)	111,84±28,61 <sup>‡</sup>	118,60±26,93 <sup>‡</sup>	102,53±26,75 <sup>‡</sup>	98,71±28,27	78,54±18,43
RER	0,9±0,04	0,9±0,04	0,9±0,03	0,9±0,04	0,9±0,03
FC (bpm)	142±17	150±13	140±14	143±17	137±13

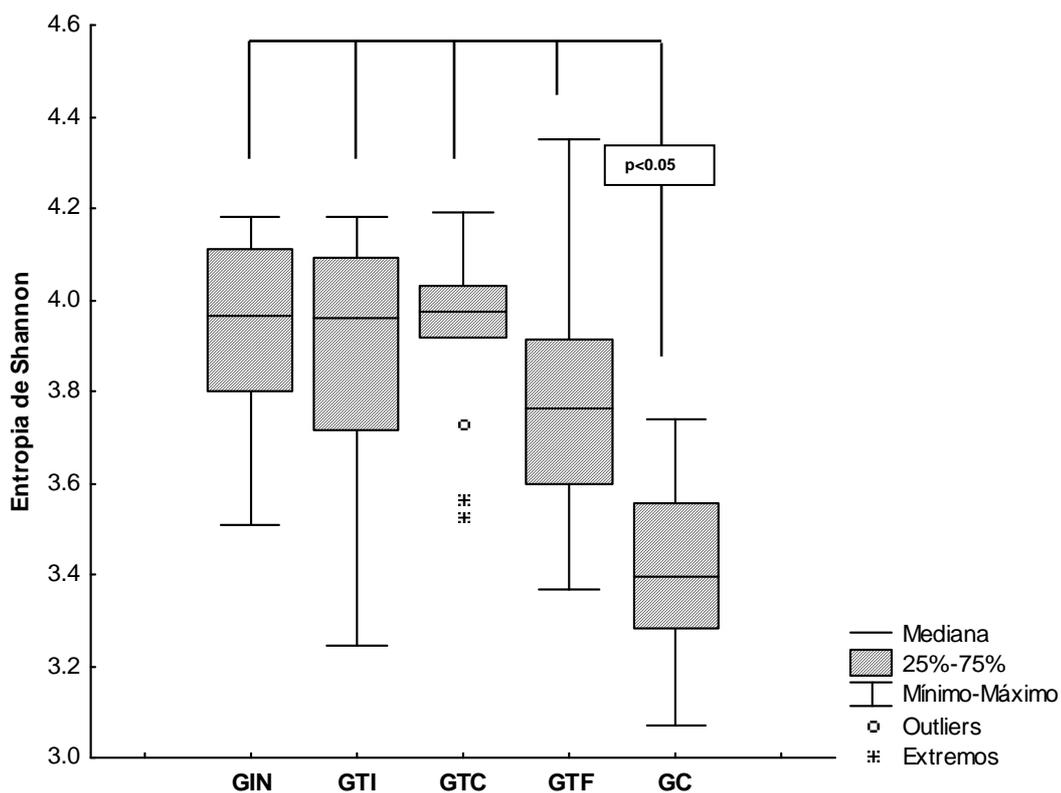
GIN: grupo treinamento intermitente; GTI: grupo treinamento intervalado, GTC: grupo treinamento combinado, GTF: grupo treinamento de força; GC: grupo controle; n: número de voluntárias; LAV: limiar de anaerobiose ventilatório; TE-R: teste ergoespirométrico do tipo rampa  $\dot{V}O_2$ : consumo de oxigênio; VE: ventilação;  $\dot{V}CO_2$ : produção de gás carbônico; RER: razão de trocas gasosas; FC: frequência cardíaca; mL.kg.min: mililitros por quilograma por min; L.min: litros por min; W: watts; bpm: batimentos por min.  
<sup>‡</sup>p<0,05 na comparação entre GIN,GTI e GTC com GC

### 4.3 Análise da frequência cardíaca e sua variabilidade

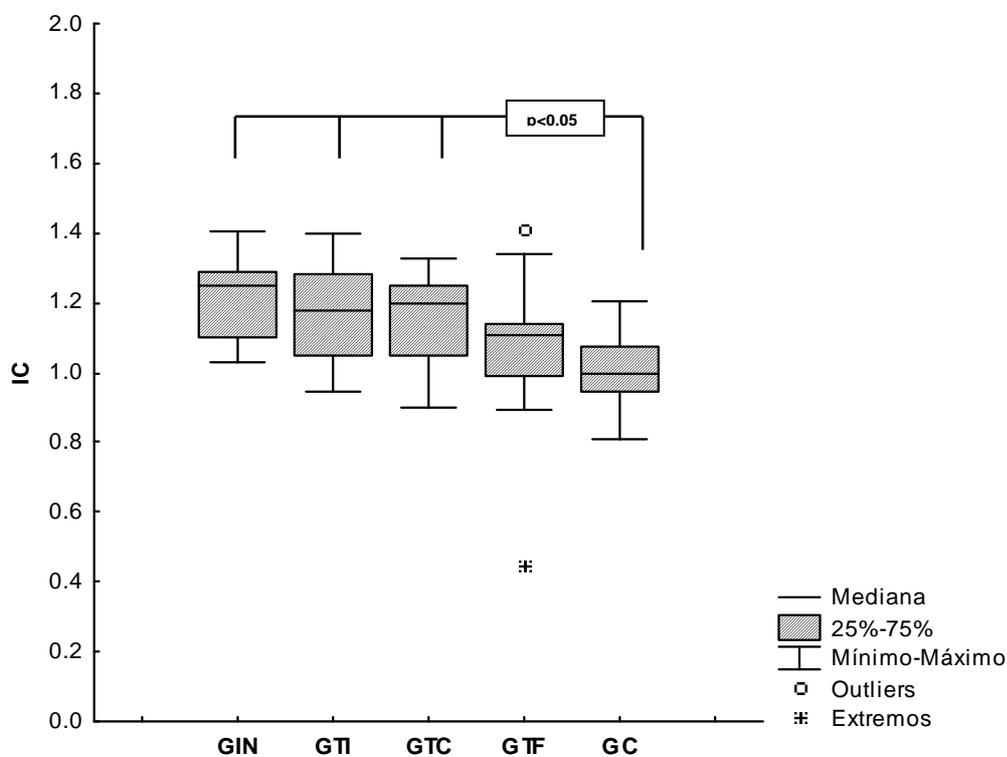
Nas figuras 9 a 15 estão expressos graficamente em *box plots* (mediana, valores máximos, mínimos, 1° e 3° quartis ) os resultados da análise não linear a partir da ES, percentuais de aparecimento dos padrões da análise simbólica (0V%, 1V%, 2VS e 2VD%) e EC, dos grupos estudados.

Os dados obtido a partir da ES (figura 9), verifica-se que as voluntárias ativas (GIN, GTI, GTC e GTF), apresentaram valores semelhantes ( $p>0,05$ ) e superiores ao GC ( $p<0,05$ ).

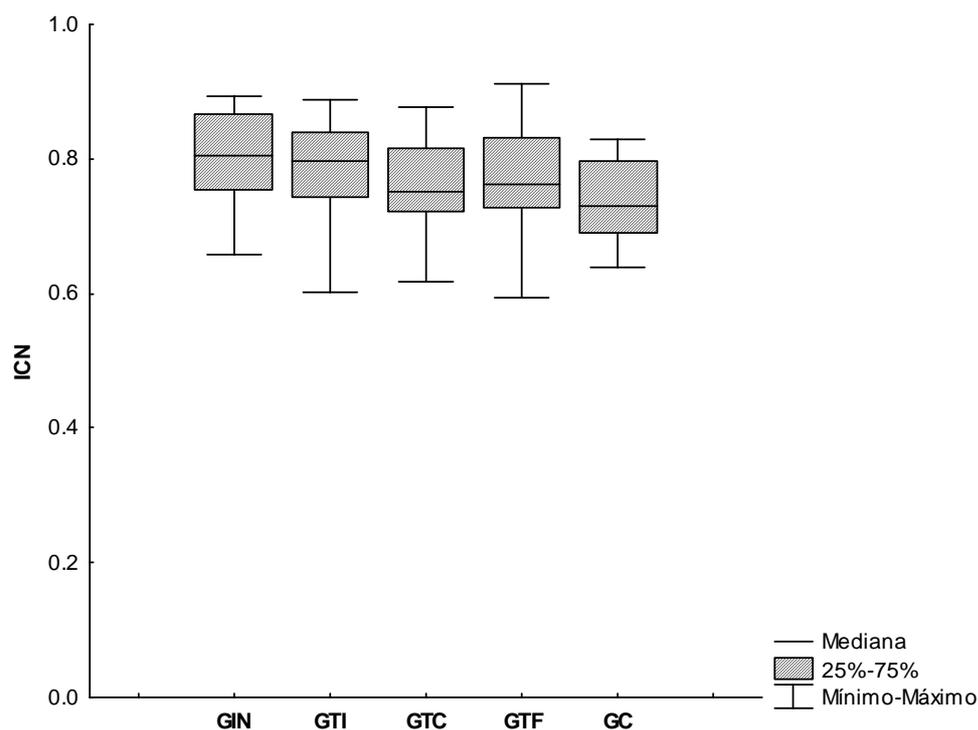
No que se refere à EC, verifica-se que no IC (figura 10), os grupos GIN, GTI e GTC apresentaram menor regularidade da série em relação ao GC ( $p<0,05$ ). Já no ICN (figura 11), os valores foram similares ( $p>0,05$ ).



**Figura 9** – Dados obtidos da análise da complexidade, a partir da entropia da Shannon, dos grupos treinamento intermitente (GIN), treinamento intervalado (GTI), treinamento combinado (GTC), treinamento de força (GTF) e controle (GC).



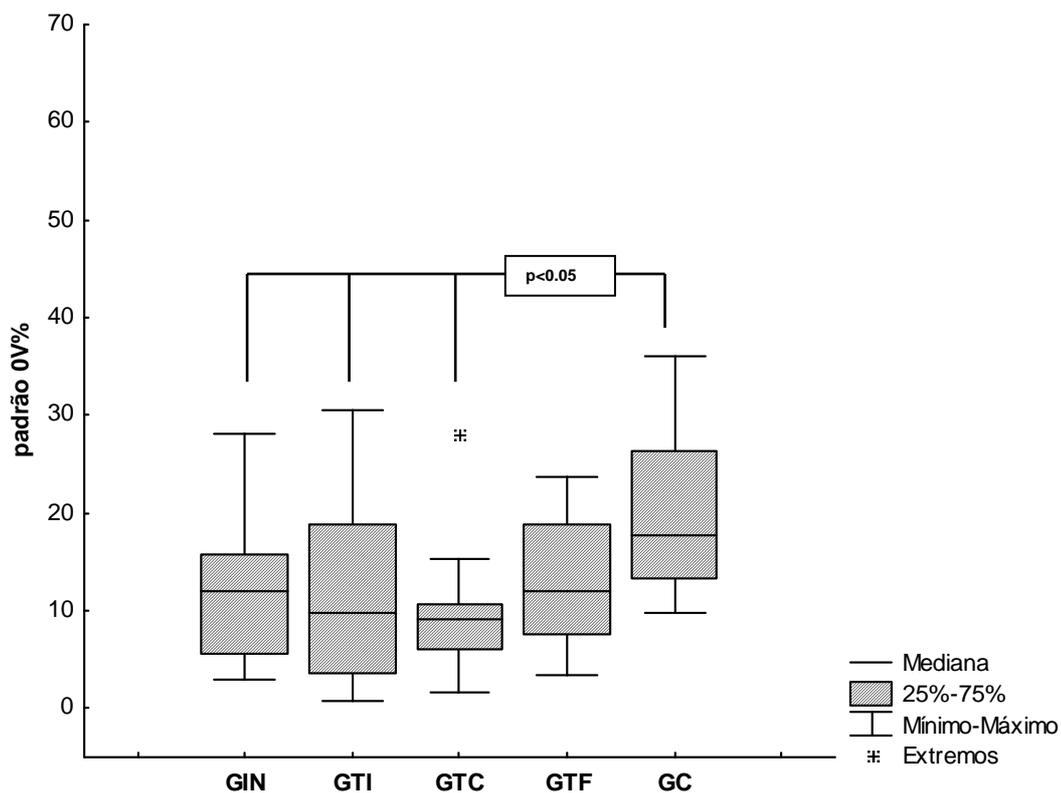
**Figura 10** – Índice de complexidade (IC), obtidos a partir da entropia condicional dos grupos treinamento intermitente (GIN), treinamento intervalado (GTI), treinamento combinado (GTC), treinamento de força (GTF) e controle (GC).



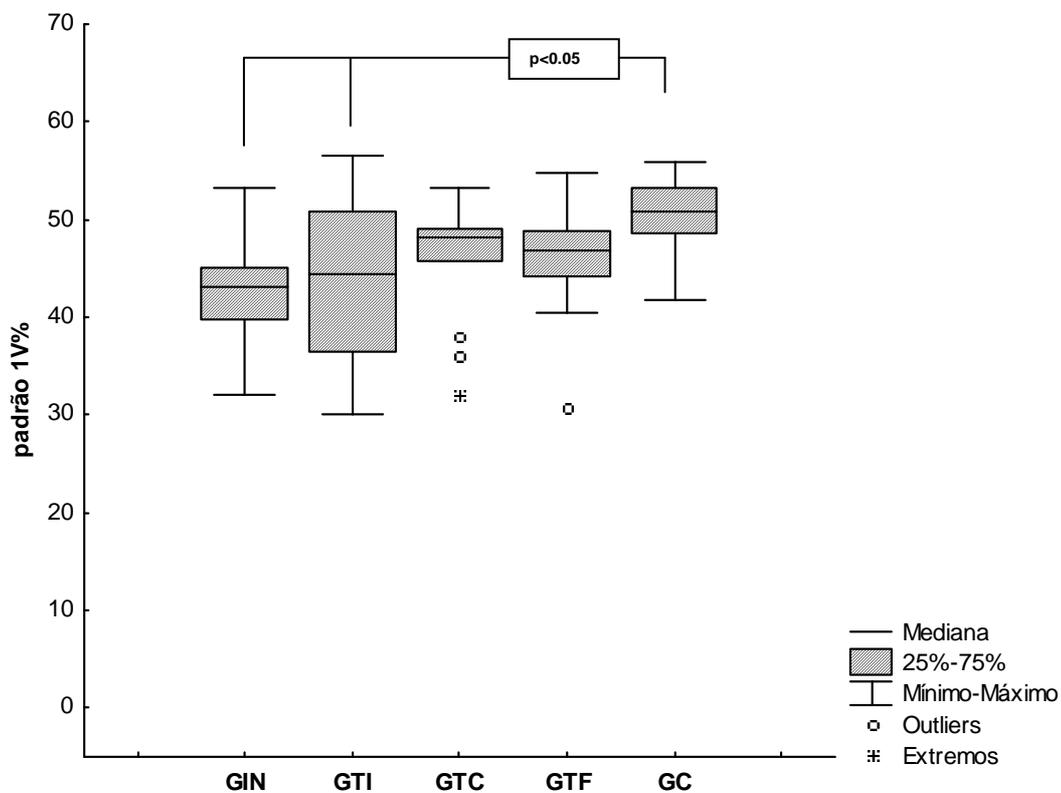
**Figura 11** – Índice de complexidade normalizado (ICN), obtidos a partir da entropia condicional dos grupos treinamento intermitente (GIN), treinamento intervalado (GTI), treinamento combinado (GTC), treinamento de força (GTF) e controle (GC).

Em relação à análise simbólica, os padrões 0V% (figura 12) e 2VD% (figura 15), os grupos GIN, GTI e GTC apresentaram respectivamente, menores e maiores valores comparado ao GC ( $p < 0,05$ ). Já o padrão 1V% (figura 13), somente os grupos GIN e GTI apresentaram valores superiores em relação ao GC ( $p < 0,05$ ), enquanto que o padrão 2VS% (figura 14) apresentou valores similares entre os grupos estudados ( $p > 0,05$ ).

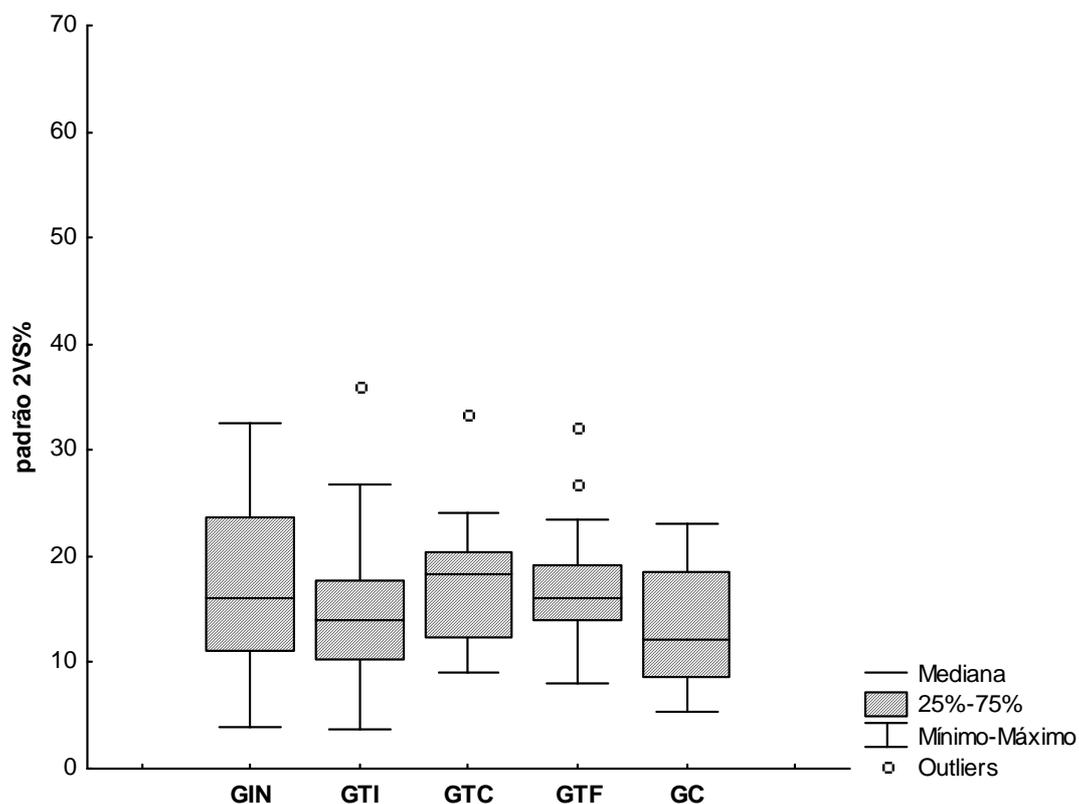
No que se refere ao tipo de treinamento físico, todos os padrões da análise simbólica apresentaram valores semelhantes ( $p < 0,05$ ).



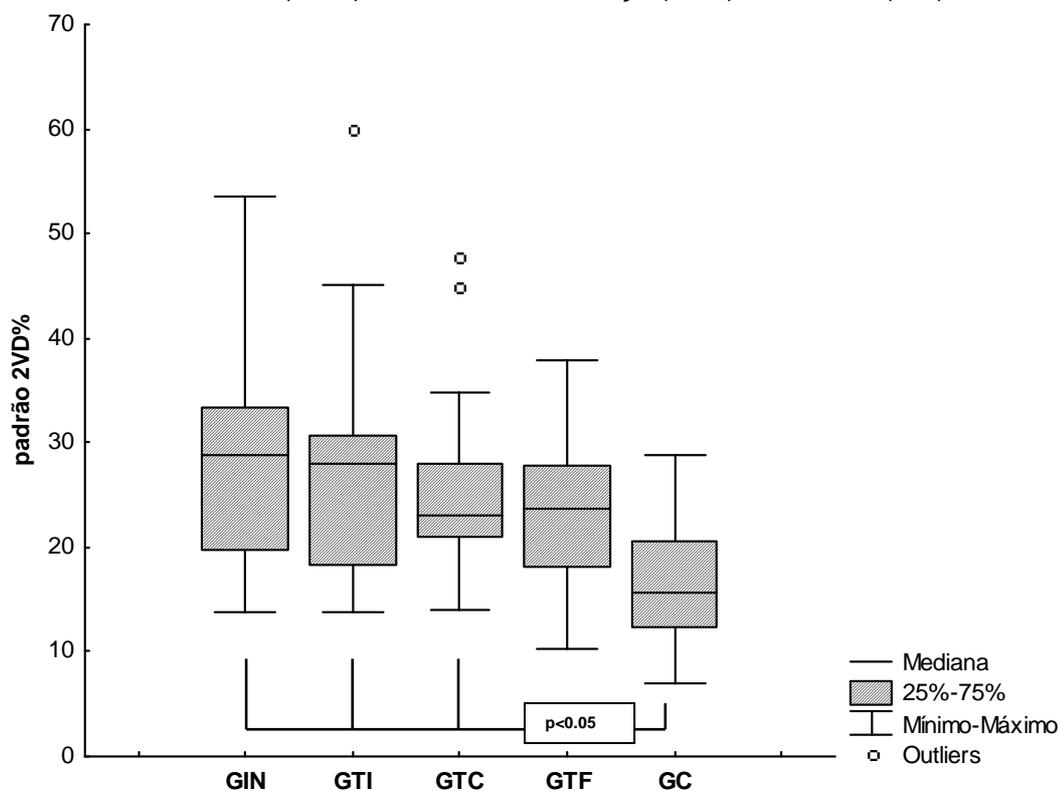
**Figura 12** – Dados obtidos a partir da análise simbólica: 0V% (percentual de padrão sem variação), dos grupos treinamento intermitente (GIN), treinamento intervalado (GTI), treinamento combinado (GTC), treinamento de força (GTF) e controle (GC).



**Figura 13** - Dados obtidos a partir da análise simbólica: 1V% (percentual de padrão com uma variação), dos grupos treinamento intermitente (GIN), treinamento intervalado (GTI), treinamento combinado (GTC), treinamento de força (GTF) e controle (GC).



**Figura 14** - Dados obtidos a partir da análise simbólica: 2VS% (percentual de padrão com duas variações semelhantes), dos grupos treinamento intermitente (GIN), treinamento intervalado (GTI), treinamento combinado (GTC), treinamento de força (GTF) e controle (GC).



**Figura 15** - Dados obtidos a partir da análise simbólica: 2VD% (percentual de padrão com duas variações diferentes), dos grupos treinamento intermitente (GIN), treinamento intervalado (GTI), treinamento combinado (GTC), treinamento de força (GTF) e controle (GC).

#### 4.4 Correlação entre os padrões simbólicos com a entropia de Shannon e os índices da entropia condicional

Na tabela 5 estão descritos os coeficientes de correlação entre os índices simbólicos (0V%, 1V%, 2VS% e 2VD%) com a ES e os índices da EC (IC e ICN).

Foi encontrada correlação negativa e significativa entre o padrão 0V% com ES e os índices da complexidade (IC e ICN) ( $p < 0,05$ ), sendo moderada para ES e fraca para o IC e ICN. Quanto o padrão 1V%, foi encontrada correlação negativa e fraca somente com a ES ( $p < 0,05$ ). No que se refere ao padrão 2VD%, houve correlação positiva com a ES e ICN ( $p < 0,05$ ), sendo considerada fraca.

**Tabela 5:** Correlação entre os índices simbólicos (0V%, 1V%, 2VS% e 2VD%) com a entropia de Shannon e os índices da entropia condicional (IC e ICN) das voluntárias estudadas.

	ES		IC		ICN	
	p	r	p	r	p	r
0V%	0,001	-0,683	0,001	-0,392	0,01	-0,286
1V%	0,008	-0,267	0,10	-0,168	0,12	-0,161
2VS%	0,19	0,135	0,38	0,091	0,52	0,067
2VD%	0,01	0,254	0,13	0,157	0,01	0,303

ES: entropia de Shannon; 0V%: percentual de padrão sem variação; 1V%: percentual de padrão com uma variação; 2VS%: percentual de padrão com duas variações similares; 2VD%: percentual de padrão com duas variações diferentes; IC: índice de complexidade; ICN: índice de complexidade normalizado.

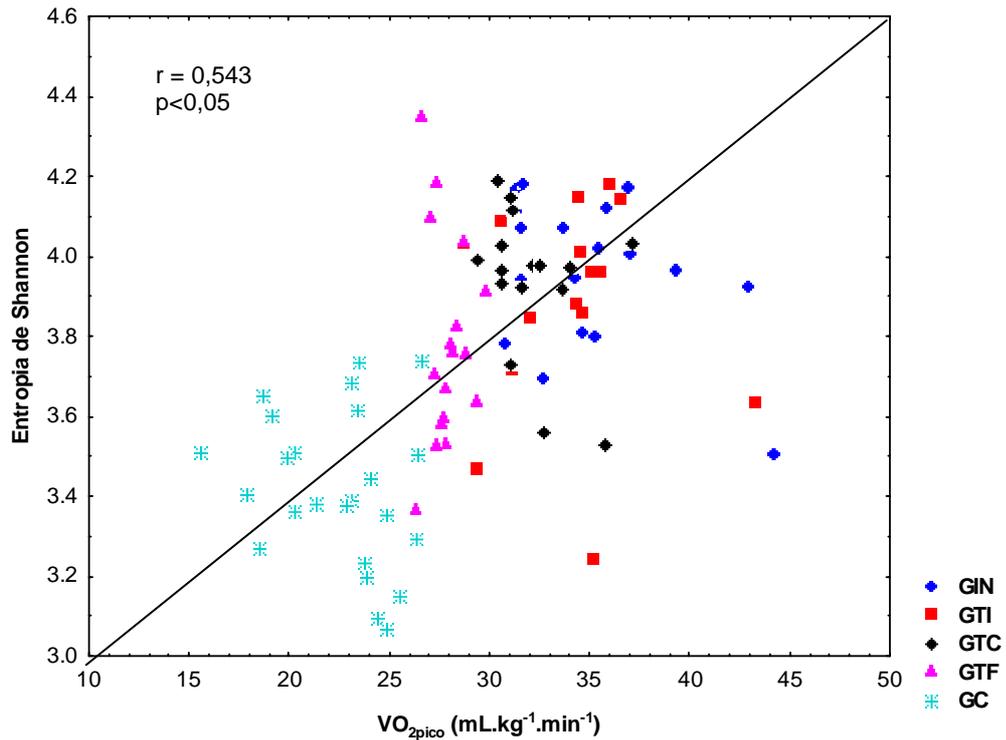
#### 4.5 Correlação entre o consumo de oxigênio no pico do TE-R e a variabilidade da frequência cardíaca

Nas figuras 16 a 23 estão representadas as análises de correlação entre o  $\dot{V}O_2$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) no pico do exercício físico com os índices da VFC (ES, análise simbólica, IC e ICN) entre as voluntárias estudadas.

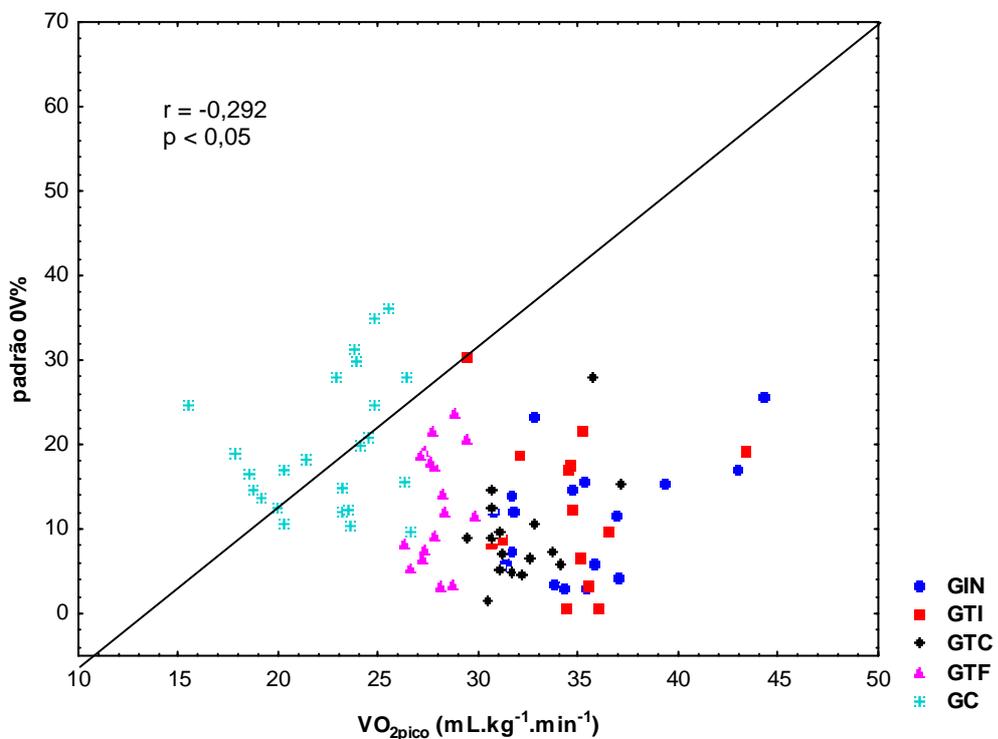
Foi encontrada correlação positiva e moderada para a ES (figura 16) e os valores apresentaram em torno da bissetriz. Observa-se também no gráfico de dispersão, que os grupos treinados apresentaram comportamento linear entre as variáveis, ou seja, os maiores valores de ES e  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  são representados pelos GIN, GTI, GTC e GTF.

Verifica-se que os padrões 0V% (figura 17) e 2VD% (figura 20) apresentaram respectivamente, correlação negativa e positiva significativa e fraca, sendo que os valores concentraram abaixo da bissetriz, porém verifica-se que o GC apresentou respectivamente, clara tendência de valores inferiores e superiores em relação aos grupos treinados. Já para os padrões 1V% e 2VS% da análise simbólica não houve correlação significativa ( $p>0,05$ ).

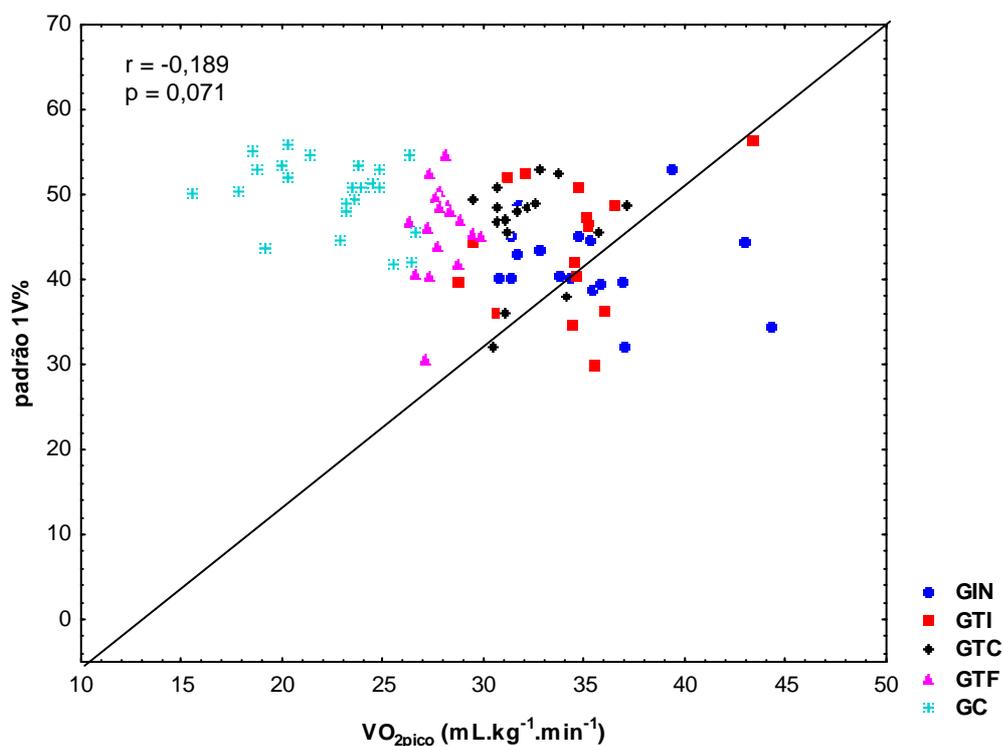
No IC (figura 21) os maiores valores concentram-se em torno da bissetriz, os quais representam os grupos treinados. Em relação o ICN (figura 22) os dados apresentaram correlação significativa e fraca, porém comportamento não linear, ou seja, tanto o GC como os grupos treinados mostram ICN semelhante. Ambos os índices apresentaram correlação significativamente positiva e fraca.



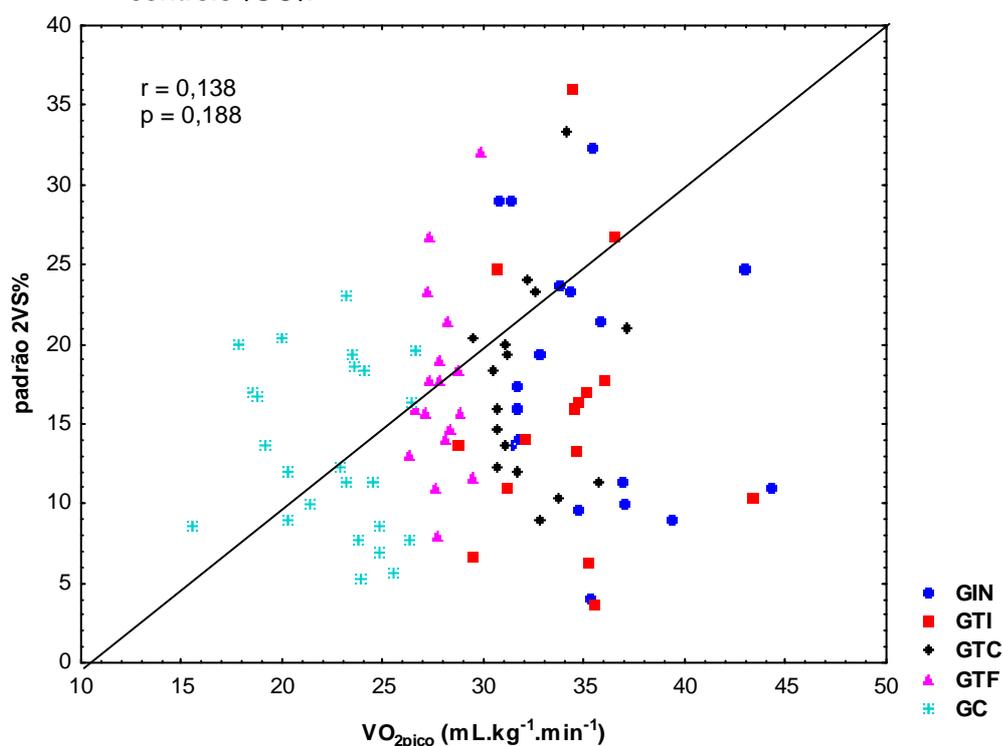
**Figura 16** - Correlação entre os valores de  $\dot{V}O_2$  ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) no pico do TE-R e entropia de Shannon, dos grupos treinamento intermitente (GIN), treinamento intervalado (GTI), treinamento combinado (GTC), treinamento de força (GTF) e controle (GC).



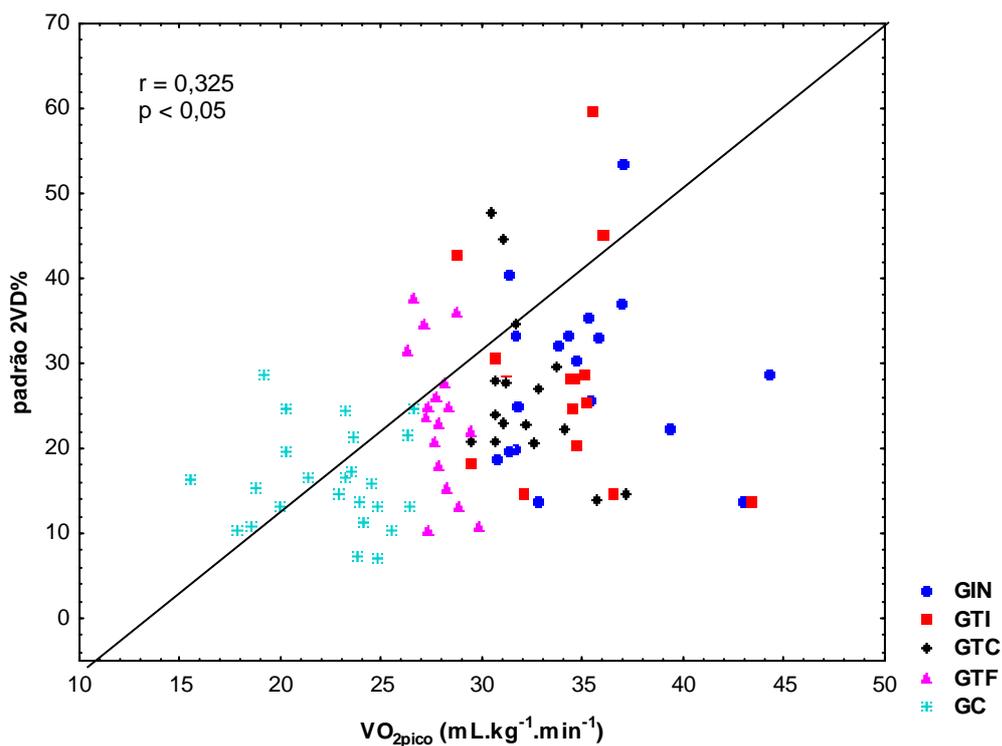
**Figura 17** - Correlação entre os valores de  $\dot{V}O_2$  ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) no pico do TE-R e padrão 0V% da análise simbólica, dos grupos treinamento intermitente (GIN), treinamento intervalado (GTI), treinamento combinado (GTC), treinamento de força (GTF) e controle (GC).



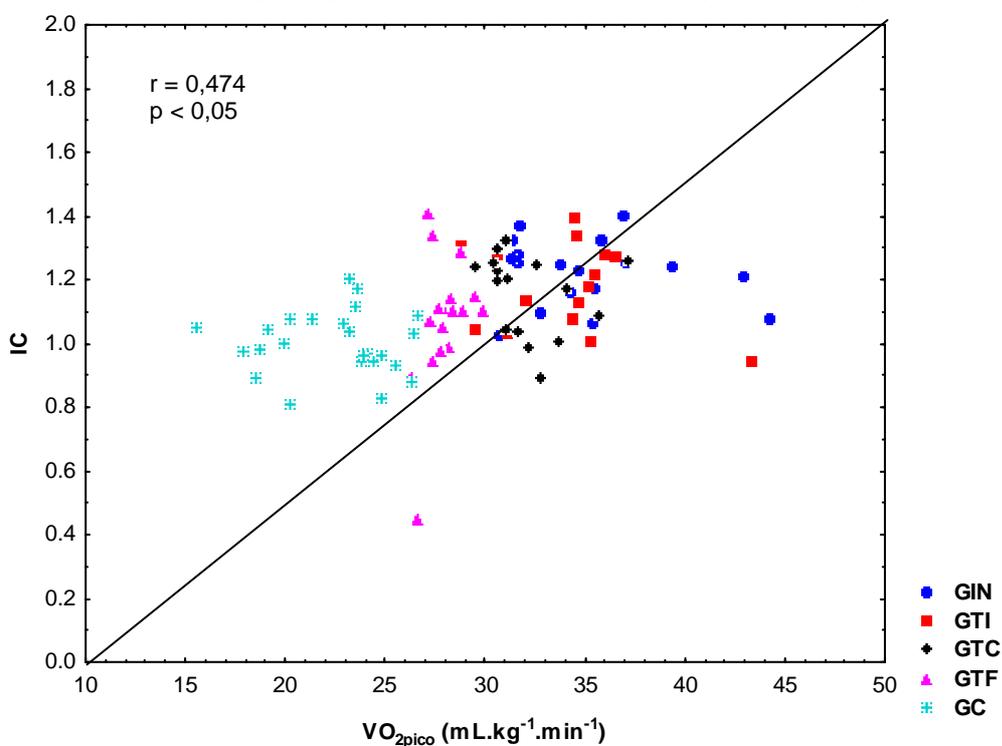
**Figura 18** - Correlação entre os valores de  $\dot{V}O_2$  ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) no pico do TE-R e padrão 1V% da análise simbólica, dos grupos treinamento intermitente (GIN), treinamento intervalado (GTI), treinamento combinado (GTC), treinamento de força (GTF) e controle (GC).



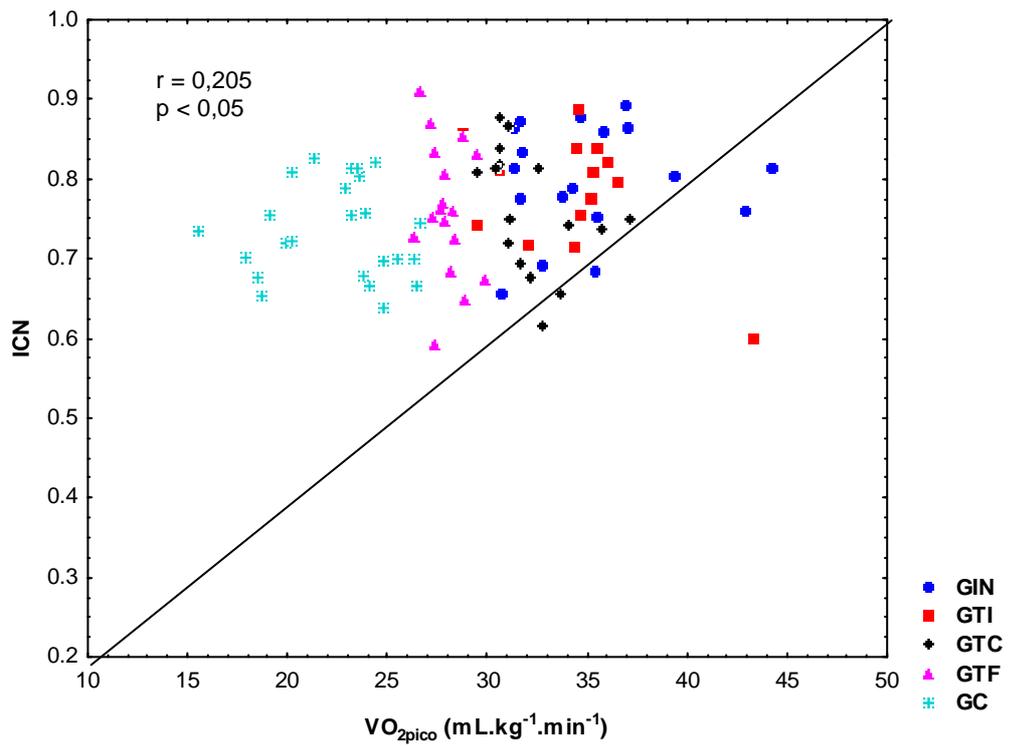
**Figura 19** - Correlação entre os valores de  $\dot{V}O_2$  ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) no pico do TE-R e padrão 2VS% da análise simbólica, dos grupos treinamento intermitente (GIN), treinamento intervalado (GTI), treinamento combinado (GTC), treinamento de força (GTF) e controle (GC).



**Figura 20** - Correlação entre os valores de  $\dot{V}O_2$  (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) no pico do TE-R e padrão 2VD% da análise simbólica, dos grupos treinamento intermitente (GIN), treinamento intervalado (GTI), treinamento combinado (GTC), treinamento de força (GTF) e controle (GC).



**Figura 21** - Correlação entre os valores de  $\dot{V}O_2$  (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) no pico do TE-R e índice de complexidade (IC), dos grupos treinamento intermitente (GIN), treinamento intervalado (GTI), treinamento combinado (GTC), treinamento de força (GTF) e controle (GC).



**Figura 22** - Correlação entre os valores de  $\dot{V}O_2$  (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) no pico do TE-R e índice de complexidade normalizado (ICN), dos grupos treinamento intermitente (GIN), treinamento intervalado (GTI), treinamento combinado (GTC), treinamento de força (GTF) e controle (GC).

## 5 DISCUSSÃO

Na área de fisiologia do exercício, as adaptações do sistema cardiovascular vêm sendo intensamente investigadas sob diversos aspectos, tanto metodológicos como fisiológicos. As investigações metodológicas são relacionadas às diferentes técnicas de ferramentas matemáticas e estatísticas que visam detectar determinados tipos de comportamentos dinâmicos dos sistemas biológicos estudados, e suas interações durante diferentes condições (Porta et al., 2001; Crescêncio et al., 2003; Marães et al., 2003; Guzzetti et al., 2005; Sirol et al., 2005; Melo et al., 2005; Silva et al., 2005; Pithon et al., 2006; Higa et al., 2007).

Diversos são os estudos de aspectos fisiológicos que evidenciam as adaptações da capacidade funcional aeróbia, pelo aumento do consumo de oxigênio (Catai et al., 2002; Raczak et al., 2006; Gormley et al., 2008) e do controle autonômico da FC, pelo aumento da modulação parassimpática e redução da modulação simpática (Lee et al., 2003; Iwasaki et al., 2003; Martinelli et al., 2005; Middleton e De Vito, 2005) frente o exercício físico regular.

Os achados existentes na literatura acerca dos efeitos do treinamento físico sobre a capacidade funcional aeróbia apontam que, no treinamento de força a principal adaptação é caracterizada por adaptações neurais (predominante nas fases iniciais do treinamento), estoques de glicogênio, aumento do número e tamanho das miofibrilas, promovendo aumento da força muscular, potência anaeróbia e hipertrofia (Bell et al., 2000; Kraemer et al., 2005; César et al., 2009). Já o treinamento intermitente e intervalado, dentre as capacidades utilizadas, destaca-se a aeróbia, a qual promove aumento da atividade das enzimas oxidativas a nível muscular, aumento no tamanho das mitocôndrias, aumento da

vascularização, além do aumento das trocas gasosas e a utilização de substratos pelo tecido muscular, facilitando assim, o processo aeróbio (Branch, Pate e Bourque, 2000; Jones e Carter, 2000; Bangsbo et al., 2010).

Entretanto, as adaptações decorrentes do treinamento combinado (força e aeróbio), Docherty e Sporer (2000) e Hendrickson et al., (2010) reportaram que houve tanto ganho de força muscular como aumento da capacidade funcional aeróbia, devido às características metabólicas distintas. Embora o treinamento de força não promova adaptações significativas no  $\dot{V}O_2$ , observa-se no presente estudo que associação do treino de força ao treino aeróbio não resultou em prejuízos nas adaptações aeróbias, uma vez os valores de  $\dot{V}O_2$  foram similares ao treinamento intermitente e intervalado.

Os resultados do presente estudo mostram que a atividade física regular refletiu em maiores valores de  $\dot{V}O_2$  ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e  $\text{L.min}^{-1}$ ),  $\dot{V}CO_2$  ( $\text{L.min}^{-1}$ ), VE ( $\text{L.min}^{-1}$ ) e potência (W), tanto no pico do exercício como no LAV, nos grupos treinamento intermitente, intervalado e combinado (treino aeróbio e de força) em relação ao grupo controle, sendo estes os principais índices de aptidão cardiorrespiratória, dados estes concordantes com os estudos supracitados.

Vale ressaltar que o treinamento intermitente e o treinamento combinado apresentaram duração de treinamento em cada sessão superiores em relação ao treinamento intervalado e de força, porém a capacidade funcional aeróbia do treinamento intervalado foi semelhante ao treinamento intermitente e combinado. Nesse caso, considerando o gasto energético durante uma sessão de *Spinning* (treinamento intervalado), Caria et al., (2007) referem que há um gasto energético de 2,242 kJ, sendo este similar aos encontrados durante o treino de

futebol e treinamento combinado (2,100 kJ e 2,500 kJ, respectivamente) (Krustrup et al., 2009; Panissa et al., 2009).

Outro fator importante é a especificidade do treinamento intervalado, o qual apresentou respostas durante o pico do exercício semelhante ao treinamento intermitente e combinado, mesmo com duração de treinamento inferior. Porém, a literatura relata que em atletas de elite do ciclismo e da corrida, geralmente apresentam alto  $\dot{V}O_{2_{max}}$  e elevado LAV em suas respectivas especialidades (cicloergômetro e esteira) (Fernhall e Kohrt, 1990; Hoffmann et al., 1993; Caputo et al., 2003). Acredita-se que no presente estudo os três tipos de treinamento mencionados tenham recrutado durante o exercício maior percentual de fibras vermelhas (tipo I), com cargas superiores antes atingir o LAV, em relação ao grupo controle, uma vez que as respostas no LAV estão relacionadas adaptações centrais e periféricas. Dessa forma, sugere-se que no treinamento intervalado, tanto o gasto energético como a especificidade do treinamento contribuíram como fatores importantes frente às adaptações centrais e periféricas.

Verifica-se ainda que no pico do exercício, o treinamento intermitente e intervalado apresentaram valores maiores de  $\dot{V}O_2$  ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  e  $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ),  $\dot{V}CO_2$  ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ) em relação ao grupo com treino de força, com o mesmo nível de esforço e FC. Assim, tanto o treinamento intermitente como o intervalado obtiveram maior resposta metabólica, resultado este que pode ser atribuído ao treinamento intermitente de alta e/ou intervalado, caracterizado por múltiplos períodos de alta intensidade intercalados com períodos de recuperação (baixa intensidade), o qual estimula efetivamente adaptações musculoesqueléticas e cardiovasculares (Kang et al., 2005; Rankovic et al., 2010).

No que se refere aos valores de PA, observa-se que em repouso as voluntárias apresentaram tanto a PAS como PAD semelhantes. Apesar da V Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial (2007) referir que o sedentarismo está dentre os fatores de risco para hipertensão arterial, os valores encontrados nesta investigação estão dentro da faixa de normalidade. Já no pico de exercício os cinco grupos estudados apresentaram dados de PA dentre dos padrões fisiológicos esperados (II Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Teste Ergométrico, 2002), porém o grupo controle apresentou menor tolerância ao exercício em relação aos grupos treinamento intermitente, intervalado e combinado, o que pode estar relacionado ao padrão de vida sedentário e ao baixo nível de condicionamento físico das mesmas.

Além do aumento da capacidade funcional aeróbia promovida pela atividade física regular, as adaptações na modulação autonômica da FC podem ser evidenciadas concomitantemente.

Na presente investigação foi utilizado o modelo matemático não linear desenvolvido pelo grupo de pesquisa do Prof. Alberto Porta e colaboradores do Departamento de Tecnologia da Saúde da Universidade de Milão, Itália (Porta et al., 2001; Guzzetti et al., 2005), o qual analisa a modulação autonômica do coração. O algoritmo desse modelo matemático permite analisar o comportamento de uma série de dados de FC e identificar o grau de contribuição do sistema nervoso simpático e parassimpático na modulação da FC (Porta et al., 2007c).

De acordo com Porta et al. (1998; 2001) e Guzzetti et al. (2005), a entropia de Shannon reflete a complexidade de distribuição dos padrões

simbólicos. Já a entropia condicional (IC e ICN) mensura a complexidade da relação dinâmica entre um padrão e o próximo, ou seja, a regularidade da série (Porta et al., 1998; 2001). O cálculo dessas entropias tem sido utilizado, por permitirem avaliar através de sua complexidade, a interação entre os subsistemas envolvidos na organização do sistema cardiovascular.

Os resultados do presente estudo mostram que os quatro grupos treinados apresentam maior complexidade da distribuição dos padrões (histograma da frequência dos padrões), enquanto que no grupo controle a ausência ou presença de padrões frequentes no grupo controle determinou menores valores de ES.

Porém pela análise da EC, o IC dos grupos treinamento de força e controle os padrões sequenciais apresentaram mais regulares e previsíveis, sugerindo que esses grupos apresentam menor VFC. Porém, quando esses índices de complexidade são normalizados (ICN) não são observadas alterações do sistema nervoso autonômico do coração decorrentes do treinamento físico. Vale ressaltar que nem sempre a normalização dos dados pode ser usada de forma isolada para análise das condições fisiológicas do sistema nervoso autonômico do coração.

No entanto, a ES e EC não fornecem informações em relação ao predomínio da modulação simpática e parassimpática. Porém, pode-se obter informações desses sistemas a partir da análise simbólica, a qual classifica os padrões em 0V% (modulação simpática) e 2VD% (modulação parassimpática). Nossos resultados mostram que os quatro grupos treinados apresentavam os padrões 0V% e 2VD% similares.

Entretanto, nos grupos treinamento intermitente, treinamento intervalado e treinamento combinado a ocorrência do padrão 0V% foi menor e o padrão 2VD% maior em relação ao grupo controle. Já no treinamento de força os padrões 0V% e 2VD% não apresentaram diferenças significativas em relação ao grupo controle. Nossos resultados sugerem que os treinamentos predominantemente aeróbios, com intensidades intervaladas e/ou intermitentes, bem como o treino combinado (aeróbio de força) resultam em adaptações na modulação autonômica da FC mais evidentes. Nesse estudo observa-se que mesmo não interferindo no treinamento das voluntárias ativas, a intensidade, duração e frequência de treinamento das mesmas encontram-se de acordo com que é recomendado pelo American College of Sports Medicine (1998) favorecendo assim benefícios cardiovasculares.

Apesar do padrão 1V% não mostrar participação efetiva no sistema nervoso autonômico do coração, tal padrão corresponde à presença simultânea de oscilações de baixa e alta frequência (Porta et al., 2001; 2007; Guzzetti et al. 2005). Assim, verifica-se que nos grupos treinamento intermitente e treinamento intervalado, houve menor oscilações de baixa frequência em relação ao grupo controle, indicativo de modulação simpática, pelo fato do padrão 0V% também apresentar menores valores.

Observa-se também que a ES e EC fornecem diferentes informações, de acordo com a mensuração da complexidade. Devido a estas diferentes definições ambas podem ser utilizadas em associação para avaliar a complexidade da VFC, enquanto a análise simbólica é capaz de identificar as condições fisiológicas caracterizadas pela ativação de diferentes mecanismos responsáveis pela regulação autonômica. Entretanto na análise de correlação,

nossos resultados mostram que a complexidade da dinâmica da VFC depende da condição do SNA, indicando que complexidade é maior na presença de maior modulação parassimpática e menor modulação simpática.

As adaptações autonômicas evidenciadas nos índices de complexidade promovidas pelo treinamento intermitente e intervaladas são concordantes com aos achados da literatura. Knoepfli-Lenzin et al. (2010) observaram que após 12 semanas de treinamento envolvendo futebol e corrida, houve aumento da modulação parassimpática e redução da modulação simpática tanto no futebol como em corrida em homens hipertensos, enquanto que nenhuma mudança foi observada no grupo controle. O mesmo foi observado por Pichot et al., (2005), porém estudando as adaptações autonômicas após 4 semanas de treinamento intervalado em cicloergômetro.

Quanto ao treinamento de força, Forte, De Vito e Figura et al. (2003), Cooke e Carter (2005) e Madden, Levy e Stratton (2006) não encontraram mudanças significativas na VFC utilizando os métodos tradicionais de avaliação da VFC (domínio do tempo e da frequência). Em contraste, a partir da análise não linear utilizando *Sample Entropy* e entropia de *Lempel-Ziv* têm sido verificadas alterações significativas da VFC em resposta ao treinamento de força (Hefferman et al. 2007; 2008), porém no mesmo estudo foi utilizada a análise espectral da VFC, onde não foi observada adaptações na modulação autonômica da FC pelo método linear. Já no estudo de Karavirta et al. (2008) os resultados mostram que o treinamento combinado promoveu aumento da dinâmica da VFC comparado com o treinamento aeróbio, enquanto que o treinamento de força nenhuma adaptação foi observada.

Ressalta-se ainda, que o grupo treinamento intermitente apresentou menor FC de repouso em relação ao controle. Nesse caso, de acordo com alguns estudos, há uma relação entre a modulação parassimpática e a FC de repouso (Melanson, 2000; Melanson e Fredson, 2001), porém tanto os grupos treinamento intervalo, treinamento combinado e treinamento de força apresentaram modulação parassimpática similar (padrão 2VD%). Dessa forma, podemos sugerir que o comportamento da FC de repouso está relacionado tanto ao predomínio da modulação parassimpática como mudanças intrínsecas no nodo sinusal (Stein et al., 2002; Brum et al., 2004; Scott et al., 2004; Martinelli et al., 2005).

Baseado em nossos resultados de correlação entre os índices da VFC e o  $\dot{V}O_2$  pico, vale ressaltar que as adaptações da modulação autonômica da FC em repouso decorrentes do treinamento físico estão intrinsecamente ligadas às adaptações da capacidade funcional aeróbia. Os dados do presente estudo mostram maior complexidade da série, menor regularidade da série e maior padrão 2VD%. Apesar da ES e a EC não fornecem informações em relação ao predomínio da modulação simpática e parassimpática. Nossos resultados mostram que as adaptações na modulação parassimpática correspondem às adaptações no  $\dot{V}O_2$ , suportando a hipótese que há uma relação linear entre as variáveis estudadas. Esses achados corroboram com os Aubert, Beckers e Ramaekers (2001), Hedelin, Bjerle e Henriksson-Larsen (2001) e Hauatala et al. (2003), que verificaram que o  $\dot{V}O_{2\max}$  apresenta correlação moderada e positiva com a banda de AF que é atribuída à modulação parassimpática. Assim como o de Kouidi et al. (2002) que observaram que corredores de longa distância

apresentaram maior VFC e  $\dot{V}O_2$  comparado com corredores de velocidade, atiradores e sedentários.

A análise de correlação do padrão 0V%, que é atribuído ao predomínio da modulação simpática da FC, com o  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  foi fraca e negativa, corroborando com os resultados do estudo de Grant et al. (2009). Porém os resultados de Bosquet, Gamelin e Berthoin (2007) diferem dos estudos acima referidos. Esses autores referem que de uma forma geral os índices no domínio do tempo e da frequência apresentam correlação negativa com o  $\dot{V}O_2$  e não estão associados à capacidade funcional aeróbia.

Hedelin, Bjerle e Henriksson-Larsen (2001) referem que os maiores ganhos de  $\dot{V}O_2$  em atletas, após serem submetidos a treinamento específico, estavam relacionados aos maiores valores de AF antes do treinamento, sugerindo que o predomínio da modulação parassimpática na VFC favorece os ganhos aeróbios. Esses autores referem ainda que os menores valores de BF correspondam às adaptações centrais e periféricas, indicando que a redução da modulação simpática está associada aos ganhos da performance muscular, do fluxo sanguíneo muscular e do  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ . Essa associação entre adaptações musculares e a modulação simpática leva a mudanças na PA devido à vasoativação simpática, a qual promove também alterações na FC via barorreflexo (Deboer, Karemler e Streckee 1987).

Com base nessas considerações, os resultados mostram a avaliação da modulação autonômica da FC, a partir da entropia de Shannon, entropia condicional e análise simbólica demonstraram-se útil para identificar as alterações no controle autonômico da FC frente o exercício físico regular. Entretanto, vale ressaltar que a entropia condicional e análise simbólica demonstraram maior

robustez em relação às adaptações específicas aos diferentes tipos de treinamento estudados.

## 6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no presente estudo podemos concluir que as adaptações da capacidade funcional aeróbia e da VFC foram mais evidentes nos treinamentos físicos de moderada a alta intensidade com predomínio aeróbio. Sendo que no treinamento de força a modulação autonômica da FC e a capacidade funcional aeróbia foram semelhantes ao do grupo controle. Assim, os resultados sugerem existir uma relação entre a dinâmica da VFC em repouso com a capacidade funcional aeróbia.

**REFERÊNCIAS\***

American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30(6):975-91.

American Heart Association. Exercise testing and training of apparently health individuals. A handbook for physicians. Dallas: American Heart Association; 1972.

Aubert AE, Beckers F, Ramaekers D. Short-term heart rate variability in young athletes. *J Cardiol.* 2001;37 Suppl 1:85-8.

Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med.* 2003; 33(12): 889-919.

Balabinis CP, Psarakis CH, Moukas M, Vassiliou MP, Behrakis PK. Early phase changes by concurrent endurance and strength training. *J Strength Cond Res.* 2003; 17(2):393-401.

Bangsbo J, Nielsen JJ, Mohr M, Randers MB, Krstrup BR, Brito J et al. Performance enhancements and muscular adaptations of a 16-week recreational football intervention for untrained women. *Scand J Med Sci Sports.* 2010; 20 Suppl 1:24-30.

Bell GJ, Syrotuik D, Martin TP, Burnham R, Quinney HA. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2000; 81(5):418-27.

Bosquet L, Gamelin FX, Berthoin S. Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? *Eur J Appl Physiol.* 2007; 100(3):363-369.

Bouchard C, Rankinen T. Individual differences in response to regular physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33(6): 446-451.

Branch JD, Pate RR, Bourque SP. Moderate intensity exercise training improves cardiorespiratory fitness in women. *J Womens Health Gend Based Med.* 2000; 9(1):65-73.

Bricout VA, Dechenaud S, Favre-Juvin A. Analyses of heart rate variability in young soccer players: the effects of sport activity. *Auton Neurosci.* 2010; 154(1-2): 112-116.

Brum PC, Forjaz CLM, Tinucci T, Negrão CE. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. *Rev. Paul. Educ. Fís.* 2004; 18:21-31.

---

\* Baseadas na norma do Internacional Committee of Medical Journal Editors - Grupo de Vancouver; 2005. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

Buchheit M, Simon C, Viola AU, Doutreleau S, Piquard F, Brandenberger G. Heart rate variability in sportive elderly: relationship with daily physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36(4): 601-605.

Buchheit M, Simon C, Charloux A, Doutreleau S, Piquard F, Brandenberger G. Heart rate variability and intensity of habitual physical activity in middle-aged persons. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37(9): 1530-1534.

Caria MA, Tangianu F, Concu A, Crisafulli A, Mameli O. Quantification of Spinning bike performance during a standard 50-minute class. *J Sports Sci.* 2007; 25(4):421-429.

Carter JB, Banister EW, Blaber AP. The effect of age and gender on heart rate variability after endurance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35(8): 1333-1340.

Caputo F, Stella SG, Mello MT, Denadai BS. Índices de potência e capacidade aeróbia obtidos em cicloergômetro e esteira rolante: comparações entre corredores, ciclistas, triatletas e sedentários. *Rev Bras Med Esporte.* 2003; 9(4): 223-230.

Casazza GA, Jacobs KA, Suh SH, Miller BF, Horning MA, Brooks GA. Menstrual cycle phase and oral contraceptive effects on triglyceride mobilization during exercise. *J Appl Physiol* 2004;97: 302–309.

Catai AM, Chacon-Mikahil MP, Martinelli FS, Forti VA, Silva E, Golfetti R et al. Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. *Braz J Med Biol Res.* 2002; 35(6):741-52.

César Mde C, Borin JP, Gonelli PR, Simões RA, de Souza TM, Montebelo MI. The effect of local muscle endurance training on cardiorespiratory capacity in young women. *J Strength Cond Res.* 2009; 23(6): 1637-1643.

Cooke WH, Carter JR. Strength training does not affect vagal-cardiac control or cardiovagal baroreflex sensitivity in young healthy subjects. *Eur J Appl Physiol.* 2005; 93(5-6): 719-725.

Collier SR. Sex differences in the effects of aerobic and anaerobic exercise on blood pressure and arterial stiffness. *Gend Med.* 2008; 5(2): 115-123.

Crescêncio JC, Martins LEB, Murta LO, Jr Antloga CM, Kozuki RT, Santos MDB et al. Measurement of anaerobic threshold during dynamic exercise in healthy subjects: comparison among visual analysis and mathematical models. *Comput Cardiol.* 2003; 30: 801–804.

deBoer RW, Karemaker JM, Strackee J. Hemodynamic fluctuations and baroreflex sensitivity in humans: a beat-to-beat model. *Am J Physiol.* 1987; 253(3 Pt 2):H680-689.

Dixon EM, Kamath MV, McCartney N, Fallen EL. Neural regulation of heart rate variability in endurance athletes and sedentary controls. *Cardiovasc Res.* 1992; 26(7): 713-719.

Docherty D, Sporer B. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports Med.* 2000; 30(6):385-394.

Dolezal BA, Potteiger JA. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. *J Appl Physiol.* 1998; 85(2):695-700.

Durstine JL, Thompson PD. Exercise in the treatment of lipid disorders. *Cardiol Clin.* 2001; 19(3): 471-488.

Fernhall B, Kohrt W. The effect of training specificity on maximal and submaximal physiological responses to treadmill and cycle ergometry. *J Sports Med Phys Fitness* 1990; 30:268-275.

Forte R, De Vito G, Figura F. Effects of dynamic resistance training on heart rate variability in healthy older women. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 89(1):85-89.

Gademan MG, Swenne CA, Verwey HF, van der Laarse A, Maan AC, van de Vooren H et al. Effect of exercise training on autonomic derangement and neurohumoral activation in chronic heart failure. *J Card Fail.* 2007; 13(4): 294-303.

Grant CC, Clark JR, van Rensburg DC, Viljoen M. Relationship between exercise capacity and heart rate variability: supine and in response to an orthostatic stressor. *Auton Neurosci.* 2009; 151(2): 186-188.

Guzzetti S, Borroni E, Garbelli PE, Ceriani E, Della Bella P, Montano N, et al. Symbolic dynamics of heart rate variability: a probe to investigate cardiac autonomic modulation. *Circulation.* 2005; 112(4):465-470.

Hautala AJ, Mäkikallio TH, Kiviniemi A, Laukkanen RT, Nissilä S, Huikuri HV et al. Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. *Am J Physiol Heart Circ. Physiol.* 2003; 285(4): 1747–1752.

Hedelin R, Bjerle P, Henriksson-Larsén K. Heart rate variability in athletes: relationship with central and peripheral performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33(8): 1394-1398.

Hendrickson NR, Sharp MA, Alemany JA, Walker LA, Harman EA, Spiering BA et al. Combined resistance and endurance training improves physical capacity and performance on tactical occupational tasks. *Eur J Appl Physiol.* 2010 Aug;109(6):1197-208.

Heffernan KS, Fahs CA, Shinsako KK, Jae SY, Fernhall B. Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2007; 293(5):H3180-3186.

Heffernan KS, Jae SY, Vieira VJ, Iwamoto GA, Wilund KR, Woods JA et al. C-reactive protein and cardiac vagal activity following resistance exercise training in young African-American and white men. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2009; 296(4):R1098-1105.

Higa MN, Silva E, Neves VF, Catai AM, Gallo L Jr, Silva de Sá MF. Comparison of anaerobic threshold determined by visual and mathematical methods in healthy women. *Braz J Med Biol Res*. 2007; 40(4): 501-508.

Hoffmann JJ, Loy SF, Shapiro BI, Holland GJ, Vincent WJ, Shaw S et al. Specificity effects of run versus cycle training on ventilatory threshold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1993; 67(1):43-47.

Huikuri HV, Mäkikallio TH, Perkiömäki J. Measurement of heart rate variability by methods based on nonlinear dynamics. *J Electrocardiol*. 2003;36 Suppl:95-99.

II Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Teste Ergométrico. *Arq Bras Cardiol*. 2002; 78 (supl II): 1-18.

V Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial. *Arq Bras Cardiol*. 2007; 89(3):e24-e79.

IV Diretriz Brasileira sobre Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose. *Arq Bras de Cardiol*. 2007; 88 Suppl I: 1-19.

Iwasaki K, Zhang R, Zuckerman JH, Levine BD. Dose-response relationship of the cardiovascular adaptation to endurance training in healthy adults: how much training for what benefit? *J Appl Physiol*. 2003; 95(4):1575-1583.

Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med*. 2000; 29(6): 373-386.

Jurca R, Church TS, Morss GM, Jordan AN, Earnest CP. Eight weeks of moderate-intensity exercise training increases heart rate variability in sedentary postmenopausal women. *Am Heart J*. 2004; 147(5): e21.

Kang J, Chaloupka EC, Mastrangelo MA, Hoffman JR, Ratamess NA, O'Connor E. Metabolic and perceptual responses during Spinning cycle exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2005; 37(5):853-859.

Karavirta L, Tulppo MP, Laaksonen DE, Nyman K, Laukkanen RT, Kinnunen H et al. Heart rate dynamics after combined endurance and strength training in older men. *Med Sci Sports Exerc*. 2008; 41(7):1436-1443.

Knoepfli-Lenzin C, Sennhauser C, Toigo M, Boutellier U, Bangsbo J, Krstrup P et al. Effects of a 12-week intervention period with football and running for habitually active men with mild hypertension. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20 Suppl 1:72-79.

Kouidi E, Haritonidis K, Koutlianos N, Deligiannis A. Effects of athletic training on heart rate variability triangular index. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2002; 22(4): 279-84.

Kraemer WJ, Patton JF, Gordon SE, Harman EA, Deschenes MR, Reynolds K et al. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J Appl Physiol*. 1995; 78(3):976-989.

Krustrup P, Nielsen JJ, Krustrup BR, Christensen JF, Pedersen H, Randers MB et al. Recreational soccer is an effective health-promoting activity for untrained men. *Br J Sports Med*. 2009; 43(11):825-831.

Krustrup P, Hansen PR, Randers MB, Nybo L, Martone D, Andersen LJ et al. Beneficial effects of recreational football on the cardiovascular risk profile in untrained premenopausal women. *Scand J Med Sci Sports*. 2010; 20 Suppl 1:40-49.

Lee CM, Wood RH, Welsch MA. Influence of short-term endurance exercise training on heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc*. 2003; 35(6): 961-969.

Madden KM, Levy WC, Stratton JK. Exercise training and heart rate variability in older adult female subjects. *Clin Invest Med*. 2006; 29(1):20-28.

Marães VRFS, Silva E, Catai AM, Novais LD, Moura MAS, Oliveira L et al. Identification of anaerobic threshold using heart rate response during dynamic exercise. *Braz J Med Biol Res*. 2005; 38(5): 731-735.

Martinelli FS, Chacon-Mikahil MP, Martins LE, Lima-Filho EC, Golfetti R, Paschoal MA et al. Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head-up tilt. *Braz J Med Biol Res*. 2005; 38(4): 639-647.

Melanson EL. Resting heart rate variability in men varying in habitual physical activity. *Med Sci Sports Exerc*. 2000 Nov;32(11):1894-1901.

Melanson EL, Freedson PS. The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males. *Eur J Appl Physiol*. 2001; 85(5):442-449.

Melo RC, Santos MDB, Silva E, Quitério RJ, Moreno MA, Reis MS et al. Effects of age and physical activity on the autonomic control of heart rate in healthy men. *Braz J Med Biol Res*. 2005; 38(9): 1331-1338.

Middleton N, De Vito G. Cardiovascular autonomic control in endurance-trained and sedentary young women. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2005; 25(2): 83-89.

Panissa VLG, Bertuzzi RCM, Lira FS, Júlio UF, Franchini E. Concurrent exercise: analysis of the acute effect of the performance order on the total energy expenditure. *Rev Bras Med Esporte*. 2009; 15(2): 127-131.

Perseguini NM, Takahashi AC, Rebelatto JR, Silva E, Borghi-Silva A, Porta A et al. Spectral and symbolic analysis of the effect of gender and postural change on cardiac autonomic modulation in healthy elderly subjects. *Braz J Med Biol Res*. 2011; 44(1):29-37.

Pichot V, Roche F, Denis C, Garet M, Duverney D, Costes F et al. Interval training in elderly men increases both heart rate variability and baroreflex activity. *Clin Auton Res*. 2005; 15(2):107-115.

Pithon KR, Martins LEB, Gallo Júnior L, Catai AM, Silva E. Comparação das respostas cardiorrespiratórias entre exercício de carga constante e incremental abaixo, acima e no limiar de anaerobiose ventilatório. *Rev. Bras. Fisioter.* 2006; 10(2):163-169.

Porta A, Baselli G, Liberati D, Montano N, Cogliati C, Gneccchi-Rusccone T et al. Measuring regularity by means of a corrected conditional entropy in sympathetic outflow. *Biol Cybern.* 1998; 78(1): 71-78.

Porta A, Guzzetti S, Montano N, Furlan R, Pagani M, Malliani A, et al. Entropy, Entropy rate, and pattern classification as tools to typify complexity in short heart period variability series. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2001; 48(11):1282-91.

Porta A, Guzzetti S, Furlan R, Gneccchi-Rusccone T, Montano N, Malliani A. Complexity and nonlinearity in short-term heart period variability: comparison of methods based on local nonlinear prediction. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2007a; 54(1): 94-106.

Porta A, Gneccchi-Rusccone T, Tobaldini E, Guzzetti S, Furlan R, Montano N. Progressive decrease of heart period variability entropy-based complexity during graded head-up tilt. *J Appl Physiol.* 2007b; 103(4):1143-1149.

Porta A, Tobaldini E, Guzzetti S, Furlan R, Montano N, Gneccchi-Rusccone T. Assessment of cardiac autonomic modulation during graded head-up tilt by symbolic analysis of heart rate variability. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2007c; 293(1): 702-708.

Porta A, Faes L, Masé M, D'Addio G, Pinna GD, Maestri R et al. An integrated approach based on uniform quantization for the evaluation of complexity of short-term heart period variability: Application to 24 h Holter recordings in healthy and heart failure humans. *Chaos.* 2007d; 17(1): 015117.

Puig J, Freitas J, Carvalho MJ, Puga N, Ramos J, Fernandes P et al. Spectral analysis of heart rate variability in athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 1993; 33(1): 44-48.

Raczak G, Daniłowicz-Szymanowicz L, Kobuszevska-Chwirot M, Ratkowski W, Figura-Chmielewska M, Szwoch M. Long-term exercise training improves autonomic nervous system profile in professional runners. *Kardiol Pol.* 2006; 64(2): 135-140.

Rankovic G, Mutavdzic V, Toskic D, Preljevic A, Kocic M, Nedin Rankovic G et al. Aerobic capacity as an indicator in different kinds of sports. *Bosn J Basic Med Sci.* 2010; 10(1):44-48.

Scott AS, Eberhard A, Ofir D, Benchetrit G, Dinh TP, Calabrese P et al. Enhanced cardiac vagal efferent activity does not explain training-induced bradycardia. *Auton Neurosci.* 2004; 112(1-2):60-68.

Sloan RP, Shapiro PA, DeMeersman RE, Bagiella E, Brondolo EN, McKinley PS et al. The effect of aerobic training and cardiac autonomic regulation in young adults. *Am J Public Health.* 2009; 99(5): 921-928.

Shephard RJ, Balady GJ. Exercise as cardiovascular therapy. *Circulation*. 1999; 99: 963-972.

Silva E, Catai AM, Trevelin LC, Guimarães JO, Silva Jr LP, Silva LMP et al. Design of a computerized system to evaluate the cardiac function during dynamics exercise. In: *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, Rio de Janeiro, 1994; 409-409.

Silva FMHSP, Silva Filho AC, Murta Junior LO, Lavrador MAS, Marães VRFS, Moura MSA et al. Identification of anaerobic threshold during dynamic exercise in healthy men using kolmogorov-sinai entropy. *Computers in Cardiology*. 2005; 32: 731-734.

Sirol FN, Sakabe DI, Catai AM, Milan LA, Martins LEB, Silva E. Comparação dos níveis de potência e da frequência cardíaca no limiar de anaerobiose determinado por dois métodos indiretos. *Rev. Bras. Fisioter*. 2005; 9(2); 211-218.

Soares-Miranda L, Sandercock G, Valente H, Vale S, Santos R, Mota J. Vigorous physical activity and vagal modulation in young adults. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2009; 16(6): 705-11.

Stein R, Medeiros CM, Rosito GA, Zimmerman LI, Ribeiro JP. Intrinsic sinus and atrioventricular node electrophysiologic adaptations in endurance athletes. *J Am Coll Cardiol*. 2002; 39(6):1033-1038.

Sztajzel J, Jung M, Sievert K, Bayes De Luna A. Cardiac autonomic profile in different sports disciplines during all-day activity. *J Sports Med Phys Fitness*. 2008; 48(4): 495-501.

Uusitalo AL, Laitinen T, Väisänen SB, Länsimies E, Rauramaa R. Effects of endurance training on heart rate and blood pressure variability. *Clin Physiol. Funct Imaging*. 2002; 22(3): 173-179.

Takahashi AC, Porta A, Melo RC, Quitério RJ, da Silva E, Borghi-Silva A et al. Aging reduces complexity of heart rate variability assessed by conditional entropy and symbolic analysis. *Intern Emerg Med*. 2011 Jan 21.

Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*. 1996; 93(5): 1043-1065.

Van Zant RS, Bouillon LE. Strength cycle training: effects on muscular strength and aerobic conditioning. *J Strength Cond Res*. 2007; 21(1):178-182.

Verlinde D, Beckers F, Ramaekers D, Aubert AE. Wavelet decomposition analysis of heart rate variability in aerobic athletes. *Auton Neurosci*. 2001; 90(1-2): 138-141.

Wasserman K, Hansen JE, Sue D, Whipp BJ, Casaburi R. Principles of exercise testing and interpretation. 3ª edição. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1999.

ANEXO I

Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UNIMEP



## CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto de pesquisa intitulado "*Influência do uso de contraceptivos orais nas respostas cardiorespiratórias de mulheres jovens saudáveis*", sob o protocolo nº 43/06, da Pesquisadora *Profa Dra Ester da Silva*, está de acordo com a Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/1996, tendo sido aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UNIMEP.

We certify that the research project with title "*Influence of oral contraceptive users in cardiorespiratory responses in young healthy females*", protocol nº 43/06, by Researcher *Dra Ester da Silva*, is in agreement with the Resolution 196/96 from Conselho Nacional de Saúde/MS and was approved by the Ethical Committee in Research at the Methodist University of Piracicaba – UNIMEP.

Piracicaba, August, 30, 2006.

  
Prof. Dra. Telma Regina de Paula Souza  
Coordenadora  
CEP - UNIMEP

APÊNDICE I

Termo de consentimento livre e esclarecido

Faculdade de Ciências da Saúde  
Programa de Mestrado em Fisioterapia



**CONSENTIMENTO FORMAL DOS VOLUNTÁRIOS QUE PARTICIPARÃO DO PROJETO DE PESQUISA: “Influência do uso de contraceptivos orais nas respostas cardiorrespiratórias de mulheres jovens saudáveis”.**

**ORIENTADORA DO PROJETO:** PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. ESTER DA SILVA

**ALUNA DO DOUTORADO:** ANA CRISTINA SILVA REBELO

**ALUNA DO MESTRADO:** NAYARA YAMADA TAMBURÚS

**ALUNA DE APOIO TÉCNICO:** ROBERTA FERNANDA LOPES DE PAULA

**LOCAL DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO:** Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Cardiovascular e de Provas Funcionais da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP.

Eu, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, nascida em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_, portadora do RG nº \_\_\_\_\_, residente à \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
nº \_\_\_\_\_, bairro \_\_\_\_\_, CEP \_\_\_\_\_,  
Cidade \_\_\_\_\_, fone ( \_\_\_\_\_ )  
\_\_\_\_\_, voluntariamente concordo em participar do projeto de pesquisa acima mencionado.

É de meu conhecimento que este projeto será desenvolvido em caráter de pesquisa científica e objetiva verificar a influência da atividade física e do uso de contraceptivos orais na modulação autonômica e variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas de mulheres jovens.

Estou ciente, de que, antes da minha participação nas avaliações específicas, serei submetida a uma avaliação clínica e diagnóstica, que constará de uma anamnese, exames físicos e laboratoriais, eletrocardiograma em repouso e teste ergométrico. Estes testes objetivam a identificação ou não de qualquer manifestação clínica ou eventual patologia que contra-indique a minha participação nas avaliações subseqüentes.

Estou ciente que durante a realização do teste de esforço físico máximo (Teste Ergométrico), estarei sujeito aos riscos ligados à execução deste, como cansaço, falta de ar, dor no peito, sendo mínima as chances de ocorrerem complicações de difícil controle clínico, segundo o Consenso Nacional de Ergometria (Arq Bras Cardiol, 1995). Porém, esses riscos serão minimizados, a medida que este teste será realizado na presença de um médico e de uma equipe com experiência em intercorrências clínicas cardiovasculares durante atividades de esforço.

Após a avaliação clínica, serei submetida a uma série de testes funcionais não invasivos (sem a utilização de drogas medicamentosas ou de procedimentos invasivos) no Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Cardiovascular e de Provas Funcionais da UNIMEP, que constam das seguintes etapas: 1<sup>a</sup> Etapa - Condição de repouso, nas posições supina, sentada e em manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória (MASR), com registro da frequência cardíaca

batimento a batimento, em tempo real, visando a avaliação autonômica; 2ª Etapa - Teste ergoespirométrico de exercício físico dinâmico contínuo (tipo rampa), para avaliar a capacidade funcional máxima aeróbia e o limiar de anaerobiose a partir de medidas ventilatórias, metabólicas e pela resposta da frequência cardíaca.

Estou ciente ainda, de que, as informações obtidas durante as avaliações serão mantidas em sigilo e não poderão ser consultadas por pessoas leigas, sem a minha devida autorização. As informações assim obtidas, no entanto, poderão ser usadas para fins de pesquisa científica, desde que a minha privacidade seja sempre resguardada.

Estes exames não oferecem riscos ou complicações para a saúde, sendo os riscos nestes casos menores que o mínimo especificado na Resolução 196/96 do CNS e os desconfortos que poderão ocorrer com os testes de esforço no cicloergômetro (bicicleta ergométrica) são cansaço muscular, falta de ar à medida que aumenta a intensidade de esforço como acontece quando se faz exercícios mais intensos como corrida, jogar futebol, ciclismo, etc.

Li e entendi as informações precedentes, bem como, eu e os responsáveis pelo projeto já discutimos todos os riscos e benefícios decorrentes deste, sendo que as dúvidas futuras que possam surgir, poderão ser prontamente esclarecidas, bem como o acompanhamento dos resultados obtidos durante a coleta de dados.

Piracicaba,                    de                    de 20   .

**VOLUNTÁRIA:**

**CPF:**

**RG:**

**TELEFONE:**

**PESQUISADOR RESPONSÁVEL:**

**CPF:**

**RG:**

**TELEFONE:**