



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DA VITÓRIA

SAMUEL BEZERRA DA SILVA FILHO

Análise da influência do ciclo circadiano na força máxima e na modulação autonômica cardíaca (baixa frequência - Lf / alta frequência - Hf): um estudo de caso em jovem não treinado

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO ACADÊMICO DA VITÓRIA

NOME DO CURSO

SAMUEL BEZERRA DA SILVA FILHO

Análise da influência do ciclo circadiano na força máxima e na modulação autonômica cardíaca (baixa frequência - Lf / alta frequência - Hf): um estudo de caso em jovem não treinado

TCC apresentado ao Curso de Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico da Vitória, como requisito para a obtenção do título de Bacharelado em Educação Física.

Orientador: Professor Marcelus Brito de Almeida

Coorientador: Professor Luvanor Santana da Silva

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2026

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva Filho, Samuel Bezerra da.

Análise da influência do ciclo circadiano na força máxima e na modulação autonômica cardíaca (baixa frequência - Lf / alta frequência - Hf): um estudo de caso em jovem não treinado / Samuel Bezerra da Silva Filho. - Vitória de Santo Antão, 2025.

30 : il.

Orientador(a): Marcelus Brito de Almeida

Coorientador(a): Luvanor Santana da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Educação Física - Bacharelado, 2025.

Inclui referências, apêndices.

1. Força muscular. 2. Variabilidade da frequência cardíaca. 3. Ciclo circadiano. 4. Sistema nervoso autônomo. I. Almeida, Marcelus Brito de . (Orientação). II. Silva, Luvanor Santana da. (Coorientação). IV. Título.

610 CDD (22.ed.)

SAMUEL BEZERRA DA SILVA FILHO

Análise da influência do ciclo circadiano na força máxima e na modulação autonômica cardíaca (baixa frequência - Lf / alta frequência - Hf): um estudo de caso em jovem não treinado

TCC apresentado ao Curso de Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico da Vitória, como requisito para a obtenção do título de Bacharelado em Educação Física.

Aprovado em: 11 / 12 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. Marcellus Brito de Almeida (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Ary Gomes Filho (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Allifer Rosendo Pereira (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

A Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) é um índice essencial da saúde neurocardíaca e da capacidade de adaptação fisiológica, refletindo o equilíbrio dinâmico do Sistema Nervoso Autônomo. O presente estudo de caso investigou a influência do ciclo circadiano sobre a Força Máxima e a Modulação Autônoma Cardíaca em um jovem do sexo masculino, não treinado. O estudo teve como objetivo comparar os valores de Força Máxima e os índices de Variabilidade da VFC no Domínio da Frequência (LF, HF e Razão LF/HF) coletados nos períodos da manhã e da tarde. Este trabalho se caracterizou como um Estudo de Caso com delineamento do tipo experimental, pois envolve a manipulação de uma variável (turno do dia) para observação do seu efeito em variáveis dependentes (Força Máxima e Modulação Autônoma). Realizaram-se coletas repetidas de dados de Força Máxima e VFC no mesmo indivíduo ao longo de um período determinado de tempo. Os resultados revelaram que os índices de VFC, incluindo o balanço simpato-vagal (Razão LF/HF, com valores médios de 3,0 na manhã e 1,0 na tarde; $p=0,4325$), e os valores de Força Máxima não apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$) entre os períodos da manhã e da tarde, a comparação estatística entre as condições pré e pós foi efetuada por meio do teste t pareado. Conclui-se que, no indivíduo estudado, o ciclo circadiano não exerceu influência significativa sobre a modulação autônoma cardíaca e a manifestação da Força Máxima, demonstrando uma relativa estabilidade fisiológica e de desempenho.

Palavras-chave: ciclo circadiano, força muscular, sistema nervoso autônomo, variabilidade da frequência cardíaca

ABSTRACT

Heart Rate Variability (HRV) is an essential index of neurocardiac health and physiological adaptability, reflecting the dynamic balance of the Autonomic Nervous System. The present case study investigated the influence of the circadian cycle on Maximal Strength and Cardiac Autonomic Modulation in an untrained young male. The study aimed to compare the values of Maximal Strength and the Frequency Domain HRV indices (LF, HF, and LF/HF Ratio) collected during the morning and afternoon periods. This work was characterized as a Case Study with an experimental design, as it involved the manipulation of a variable (time of day) to observe its effect on dependent variables (Maximal Strength and Autonomic Modulation). Repeated data collections of Maximal Strength and HRV were performed on the same individual over a determined period of time. The results revealed that the HRV indices, including the sympathovagal balance (LF/HF Ratio, with mean values of 3.0 in the morning and 1.0 in the afternoon; $p=0.4325$), and the Maximal Strength values showed no statistically significant difference ($p>0.05$) between the morning and afternoon periods. The statistical comparison between the pre and post conditions was performed using the paired t-test. It is concluded that, in the individual studied, the circadian cycle did not exert a significant influence on cardiac autonomic modulation and the manifestation of Maximal Strength, demonstrating a relative physiological and performance stability.

Keywords: autonomic nervous system, circadian rhythm, heart rate variability, muscle strength

LISTA DE ABREVIações

CC	Ciclo Circadiano
ECG	Eletrocardiograma
HF	High Frequency (Alta Frequência)
LF	Low Frequency (Baixa Frequência)
LF/HF	Low Frequency/High Frequency (Razão Baixa Frequência/Alta Frequência)
RR	Intervalo entre Batimentos Cardíacos Consecutivos (Intervalo R-R)
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca
VLf	Frequências Muito Baixas (Very Low Frequency)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	METODOLOGIA	15
3.1	Tipo e delineamento do estudo	15
3.2	Sujeito da pesquisa	15
3.3	Aspectos éticos e aprovação institucional	15
3.4	Ambiente, instrumentos e variáveis de análise	16
3.4.1	Local de realização do estudo	16
3.4.2	Instrumentos	16
3.4.3	Variáveis	16
3.5	PROTOCOLOS EXPERIMENTAIS E PROCEDIMENTOS	16
3.5.1	Padronização e intervalo	17
3.5.2	Medidas basais (repouso)	17
3.5.3	Execução do teste de 1RM	17
3.6.1	3.6.1 Análise Estatística	18
4	DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS	19
4.1	Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca no Domínio da Frequência (LF, HF e Razão LF/HF)	19
5	DISCUSSÃO	25
6	CONCLUSÃO	26
7	FATORES LIMITANTES	26
	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O desempenho físico das pessoas é o resultado de uma combinação de fatores externos (treinamento, nutrição, etc.) e internos, que dizem respeito a ritmos biológicos (Fleck; Kraemer, 1999). O Ciclo Circadiano (CC) constitui um relógio biológico de aproximadamente 24 horas que regula uma variedade de funções fisiológicas, como a Força Muscular Máxima e a Modulação Autonômica Cardíaca (Task Force, 1996; Shaffer; Venner, 2013). A cronobiologia do exercício tem como objetivo identificar qual é o melhor momento (ou acrofase) para se realizar um exercício física (Shaffer; Venner, 2013). O ritmo circadiano estabelece um ciclo no que diz respeito ao desempenho físico, e tanto a Força Muscular Máxima quanto a Potência costumam atingir seu ponto máximo no final da tarde ou no início da noite. Essa preponderância da tarde está, de fato, conectada à acrofase (pico) da temperatura corporal central, cuja elevação ao longo do dia culmina em um ponto alto no final da tarde, favorecendo a velocidade de condução nervosa, a excitabilidade neuromuscular e a elasticidade dos tecidos conectivos (Drust *et al.*, 2005).

Medir a Força de Repetição Máxima (1RM) é considerado o método mais confiável para determinar a intensidade do treinamento e a capacidade funcional do sistema neuromuscular. O ato de se manifestar está intimamente relacionado ao estado de prontidão fisiológica do corpo, o qual é, em parte, moldado pela atividade do Sistema Nervoso Autônomo (SNA) (Lopes *et al.*, 2020).

O SNA é crucial para controlar as funções viscerais e preservar a homeostase, adaptando os recursos fisiológicos do corpo às demandas do ambiente (Vanderlei *et al.*, 2009). De maneira tradicional, o SNA é subdividido em dois ramos: o Sistema Nervoso Simpático (SNS) e o Sistema Nervoso Parassimpático (SNP). O SNS age como um sistema de ativação, principalmente em situações de estresse ou quando há uma alta demanda de energia, provocando, por exemplo, um aumento na frequência cardíaca (FC), mesmo que essa resposta ocorra de forma lenta (Shaffer e Venner, 2013). Ao contrário, o SNP atua como um sistema de conservação de energia e de "repouso e digestão", sendo um cardio-inibidor e predominando em estados de relaxamento e repouso (McCraty; Shaffer, 2015). O Nervo Vago, que é o principal componente eferente do SNP, controla a FC de forma quase instantânea e é o

responsável pela Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) (Shaffer e Venner, 2013). A atividade vagal, medida pela VFC, não é apenas uma questão de inibição cardíaca; ela é um sinal da capacidade de autorregulação psicológica e da função executiva, já que as fibras vagais, em sua maioria aferentes, ligam as vísceras ao cérebro (McCraty; Shaffer, 2015; Thayer; Lane, 2000).

O coração passa por mudanças no intervalo entre os batimentos, o que chamamos de VFC. A variabilidade é uma ferramenta não invasiva que demonstra o equilíbrio dinâmico entre SNS e o SNP (Shaffer; Venner, 2013).

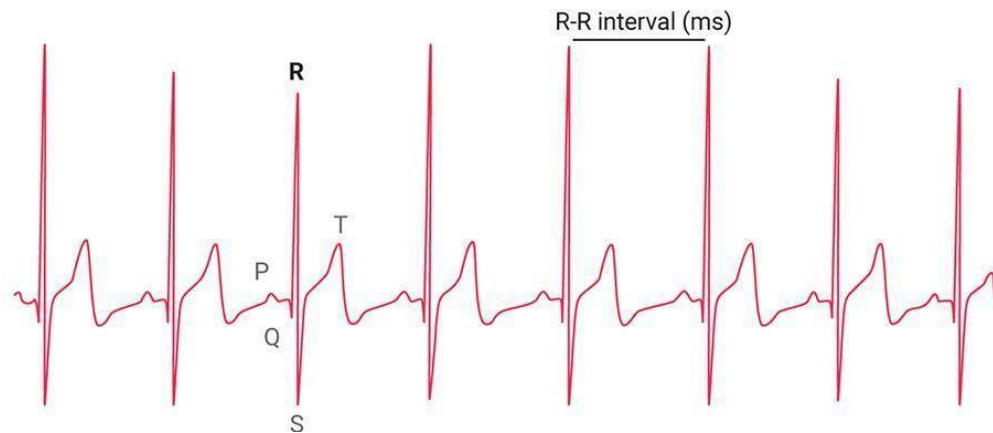
Contudo, a VFC não é apenas um indicador de balanço autonômico; ela também serve como um sinal importante da capacidade de adaptação do organismo e da resiliência diante de estressores. Uma VFC reduzida sugere uma maior vulnerabilidade ao estresse, servindo como um sinal de alerta para potenciais distúrbios cardiovasculares (Shaffer; Venner, 2013).

No domínio da frequência, a VFC pode ser decomposta espectralmente em componentes. A razão LF/HF é um indicador do equilíbrio entre os sistemas simpático e parassimpático. O componente HF está, em grande parte, relacionado ao tônus parassimpático. O SNP é mais forte quando estamos descansando, e o nervo vago é o principal responsável pela variabilidade da frequência cardíaca (Shaffer; Venner, 2013). Deste modo, uma razão LF/HF alta sinaliza que o sistema simpático está dominando, o que implica um estado de maior excitação e prontidão para a ação (Shaffer; Venner, 2013).

Apesar da controvérsia sobre a interpretação da razão LF (que é atribuída ao SNS, SNP e barorreflexos) sobre a razão LF/HF, um valor elevado é amplamente aceito como um indicador de domínio simpático, sugerindo uma mobilização fisiológica ('luta ou fuga') (Shaffer; Venner, 2013).

O SNA é essencial para a regulação de todos os processos fisiológicos do organismo humano, tanto em condições saudáveis quanto em situações patológicas. A VFC emergiu como uma abordagem simples e não invasiva para avaliar o SNA, sendo um dos indicadores quantitativos mais promissores do equilíbrio autonômico Vanderlei *et al.* (2009).

Figura 1 – Variabilidade da frequência cardíaca



Fonte: Site da Garmin.

Disponível em: < <https://support.garmin.com/pt-PT/?faq=04pnPSBTYSAYL9FyIZoUI5> >. Acesso em: 28 nov. 2025.

O ciclo elétrico cardíaco se inicia com a geração de um impulso pelo nódulo sinusal. Esse impulso se propaga pelos átrios, provocando a despolarização atrial, que aparece no eletrocardiograma (ECG) como a onda P.

Depois, o nódulo atrioventricular passa o impulso para os ventrículos, que se propaga pelas fibras de Purkinje, provocando a despolarização ventricular. No ECG, este evento é simbolizado pela sequência das ondas Q, R e S, que formam o complexo QRS. Finalmente, a repolarização ventricular (ou seja, quando o ventrículo retorna ao seu estado de repouso) é indicada pela onda T no eletrocardiograma.

Os índices da VFC são calculados através da análise dos intervalos R-R entre as ondas R que se seguem. São diversos os dispositivos que podem ser usados para detectar e localizar essas ondas R, como:

- Dispositivos de eletrocardiografia
- Conversores A/D
- Monitores de frequência cardíaca

Esses aparelhos monitoram a atividade elétrica do coração com a ajuda de eletrodos colocados em locais estratégicos do corpo.

A VFC é a variação entre os intervalos R-R de batimentos cardíacos consecutivos e entre as frequências cardíacas instantâneas consecutivas. Consiste na avaliação do impacto do SNA sobre o nódulo sinusal. Quando a variabilidade da frequência cardíaca é alta, isso indica que a pessoa se adaptou bem e está saudável, com os mecanismos autonômicos funcionando corretamente. Por outro lado, uma variabilidade reduzida geralmente indica uma adaptação anormal e inadequada do SNA, sinalizando um mau funcionamento fisiológico. Alterações na VFC são um sinal precoce e sensível de alerta para problemas de saúde.

Há métodos lineares (tanto no domínio temporal quanto no espectral) que podem ser utilizados para a avaliação da VFC. Os métodos lineares podem ser divididos em:

- **Tempo:** Estudo por meio de índices estatísticos e geométricos, onde os resultados são apresentados em tempo (milissegundos). Podemos citar os seguintes índices estatísticos: SDNN (desvio padrão de todos os intervalos RR normais), rMSSD (raiz quadrada da média das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes) e pNN50 (porcentagem de intervalos RR adjacentes cuja diferença é superior a 50ms).
- **Densidade Espectral de Potência:** Por enquanto, esta é a forma espectral de densidade de potência que mais aparece em estudos realizados com participantes em repouso. Essa análise desagrega a VFC em componentes oscilatórios essenciais.

Componentes de Frequência para a Avaliação Autonômica

A análise do sujeito foi feita através dos componentes LF e HF, assim como da razão LF/HF, neste estudo.

- **Componente HF:** Este componente, que oscila entre 0,15 e 0,4 Hz, está associado à respiração e é um indicativo da atividade do nervo vago (atividade parassimpática) sobre o coração.
- **LF:** Este elemento, que varia entre 0,04 e 0,15 Hz, resulta da interação entre os componentes vagal e simpático, sendo que a influência do simpático sobre o coração é a mais forte.
- **Razão LF/HF:** Diz respeito às mudanças, sejam elas absolutas ou relativas, entre os componentes simpático e parassimpático do sistema nervoso

autônomo, mapeando o balanço entre as influências simpáticas e vagais sobre o coração.

Orientações para Registro e Filtro de Dados

Para avaliar os índices de VFC através de métodos lineares, os registros podem ser curtos (2, 5 ou 15 minutos) ou longos (24 horas), sendo que o registro de 24 horas é o mais comum na prática clínica. Ao realizar essa análise, é recomendável utilizar pelo menos 256 intervalos RR.

- Vários autores, como Seiler *et al.*, Brown & Brown e Parekh & Lee, decidiram descartar as primeiras etapas de captação em seus experimentos, uma vez que muitas oscilações podem ocorrer nesse período e o sistema pode não ter alcançado a estabilidade.
- No que tange à análise de índices em métodos não lineares (caóticos), é aconselhável usar um maior número de intervalos RR. Como ilustração, Godoy *et al.* examinaram 1000 intervalos RR consecutivos para esse fim.

Diante do alto custo metabólico e neural do teste de 1RM, é necessário um grande dispêndio cardiovascular (Lima *et al.*, 2019). A resposta fisiológica que se deve esperar é a diminuição da atividade vagal e o incremento do tônus simpático (Monteiro *et al.*, 2018). No entanto, como evidenciado em pesquisas como a de Almeida *et al.* (2005), a VFC não é totalmente eliminada durante o pico do esforço, o que sugere que o sistema autônomo ainda exerce algum controle, mesmo em situações de carga máxima. A manutenção da VFC pode estar associada ao nível de condicionamento físico do indivíduo (Lopes *et al.*, 2007).

Apesar de existirem vários estudos que investigam VFC e o teste de 1RM de maneira abrangente, particularmente no que se refere às respostas agudas após a realização do exercício ou em diferentes populações (Lopes *et al.*, 2007; Monteiro *et al.*, 2018; Paschoal *et al.*, 2006; Rezk *et al.*, 2006), a literatura ainda carece de investigações que analisem essas duas variáveis em conjunto, levando em conta a oscilação circadiana em um único indivíduo. Normalmente, a acrofase de desempenho é definida em relação a dados de temperatura corporal ou força isolada, sem levar em conta um indicador fisiológico direto do SNA durante a avaliação.

Portanto, o problema central que o estudo investigou foi: De que maneira a CC influencia a manifestação da Força Máxima (1RM) em um indivíduo, e qual é a relação entre essa variação na força e a modulação autonômica cardíaca (razão LF/HF) nos períodos da manhã e da tarde?

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a relação entre a resposta do CC, representada pela razão LF/HF, e os níveis de Força Máxima (1RM) demonstrados por um indivíduo avaliado nos períodos da manhã e da tarde.

2.2 Objetivos Específicos

Comparar a Força de Repetição Máxima (1RM) nos períodos da manhã e da tarde de um indivíduo jovem não treinado;

Avaliar a razão LF/HF antes do teste de 1RM em ambos os turnos e analisar sua variação circadiana;

Estabelecer a relação entre o horário de pico de 1RM e o período de maior predominância simpática.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo e Delineamento do Estudo

A presente pesquisa caracteriza-se como um Estudo de Caso e Experimental. O delineamento é do tipo experimental pois envolve a manipulação de uma variável (turno do dia) para observação do seu efeito em variáveis dependentes (Força Máxima e Modulação Autonômica). A abordagem de natureza quantitativa, baseada na coleta e análise de dados numéricos (cargas em quilogramas, razão LF/HF).

3.2 Sujeito da Pesquisa

O estudo foi realizado com a participação de um único indivíduo (Estudo de Caso).

O participante foi escolhido por conveniência sendo ele um jovem não treinado de 22 anos de idade sem nenhum histórico de doenças cardiovasculares ou musculoesqueléticas que pudessem contraindicar a realização do protocolo de força máxima

3.3 Aspectos Éticos e Aprovação Institucional

O presente estudo foi conduzido em estrita conformidade com os princípios éticos estabelecidos pela Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

A pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Os detalhes da aprovação são:

CAAE (Certificado de Apresentação para Apreciação Ética):

86199425.6.0000.5208 Parecer de Aprovação: Nº 7.472.383

O participante assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes do início de qualquer coleta de dados, garantindo sua participação voluntária e o sigilo de todas as informações individuais, as quais serão mantidas por este pesquisador por cinco anos.

3.4 Ambiente, Instrumentos e Variáveis de Análise

3.4.1 Local De Realização Do Estudo

O estudo foi realizado nas dependências da Universidade Federal de Pernambuco, Campus Acadêmico de Vitória (UFPE/CAV), localizado no Município da Vitória de Santo Antão – PE.

Os testes ocorreram em dois ambientes controlados da UFPE/CAV:

Laboratório de Condicionamento Físico (LCF), para a execução do teste de 1RM.

Laboratório de Avaliação Física e Processamento de Sinais (LAPS), para a aquisição da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) em condições basais e controladas.

3.4.2 Instrumentos

Eletrocardiograma (ECG) e Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC): O registro contínuo dos intervalos R-R para a análise da VFC foi realizada por meio da cinta ADInstruments® LifeMonitor (Equivital EQ02, Hidalgo, UK), que atua como um sistema de monitoramento não invasivo capaz de capturar o sinal de ECG.

3.4.3 Variáveis

Variável Independente (Manipulada): O Turno do Dia (Manhã: 09h00min-10h00min; Tarde: 14h00min-16h00min).

Variáveis Dependentes (Medidas):

Força Máxima (1RM): Carga máxima manifestada (kg).

Modulação Autonômica (LF/HF): Razão calculada no domínio da frequência, representando o equilíbrio simpático-vagal.

3.5 Protocolo Experimental e Procedimentos

O protocolo de coleta consistiu na realização do teste de 1RM em dois momentos distintos do dia, com padronização rigorosa das condições pré-teste.

3.5.1 Padronização e Intervalo

As sessões de teste ocorreram em dois dias, separados por um intervalo de 1 (uma) semana entre os testes (manhã e tarde) para garantir a recuperação completa do sistema neuromuscular e evitar o efeito de fadiga residual.

3.5.2 Medidas Basais (Repouso)

Em ambos os turnos, antes do início do exercício, o participante seguirá o protocolo de repouso:

O voluntário permanece deitado em decúbito dorsal em repouso por um período de 15 minutos.

Durante este período, a cinta monitora continuamente os intervalos R-R para a análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), permitindo o cálculo da Razão LF/HF.

3.5.3 Execução do Teste de 1RM

O teste foi conduzido pelo mesmo avaliador para manter a padronização:

Aquecimento: Foi realizado um aquecimento padronizado, composto por séries progressivas com cargas leves, iniciando-se com 40 kg (aproximadamente 50% da 1RM estimada), no qual o voluntário executou 6 a 10 repetições. Em seguida, a carga foi ajustada para um segundo set com 56 kg (aproximadamente 60-70% da 1RM estimada) na sessão da manhã e 54 kg (aproximadamente 60-70% da 1RM estimada) na sessão da tarde, realizando 4 a 6 repetições.

Tentativas: Após o aquecimento, a carga foi aumentada progressivamente a cada tentativa, com repouso adequado entre elas, até que o voluntário conseguisse completar apenas uma repetição completa com a técnica correta. Este valor foi considerado o 1RM da sessão.

- **Sessão Manhã:** A primeira tentativa com carga alta foi de 74 kg (3 repetições), seguida pela carga máxima de 78 kg (1 repetição completada).
- **Sessão Tarde:** A primeira tentativa com carga alta foi de 78 kg (0 repetições - falha), seguida pela carga de 74 kg (1 repetição).

3.6.1 *Análise Estatística*

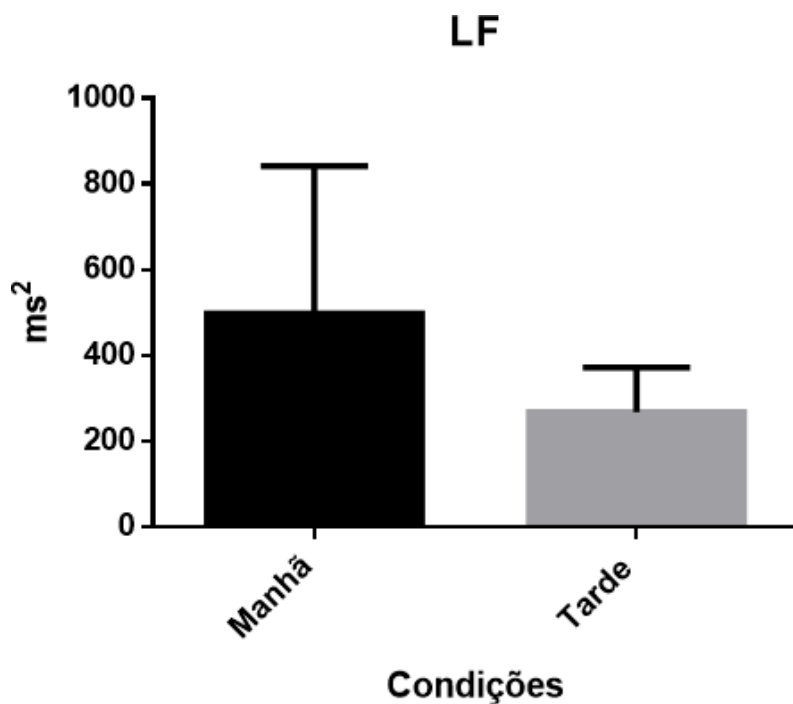
Para processar e analisar os dados, utilizamos o *software* estatístico GraphPad Prism, versão 6.0. Primeiramente, calculamos a média e o desvio-padrão para descrever os resultados. Em seguida, para verificar se houve diferença real nas médias entre os dois momentos de coleta (Manhã e Tarde) no mesmo indivíduo, aplicamos o Teste t de Student para amostras pareadas. O nível de significância adotado foi de $p < 0.05$.

4 DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca no Domínio da Frequência (LF, HF e Razão LF/HF)

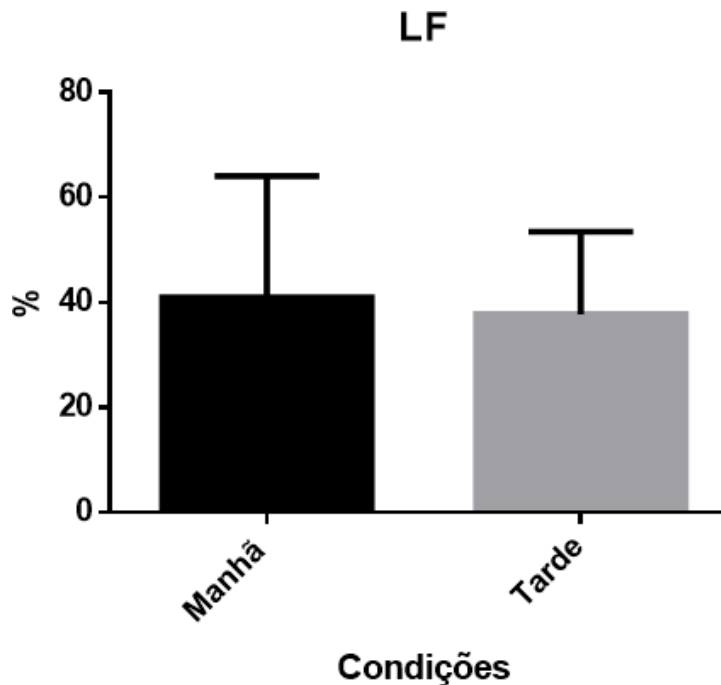
A modulação autonômica cardíaca dos participantes foi avaliada comparando-se os componentes espectrais de baixa frequência (LF), alta frequência (HF) e a Razão LF/HF entre os períodos de coleta Manhã e Tarde.

Gráfico 1 - Comparação do Componente *Low Frequency* (LF) entre as Condições Manhã e Tarde, não apresentando diferença estatisticamente significativa ($p=0,4021$)



Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

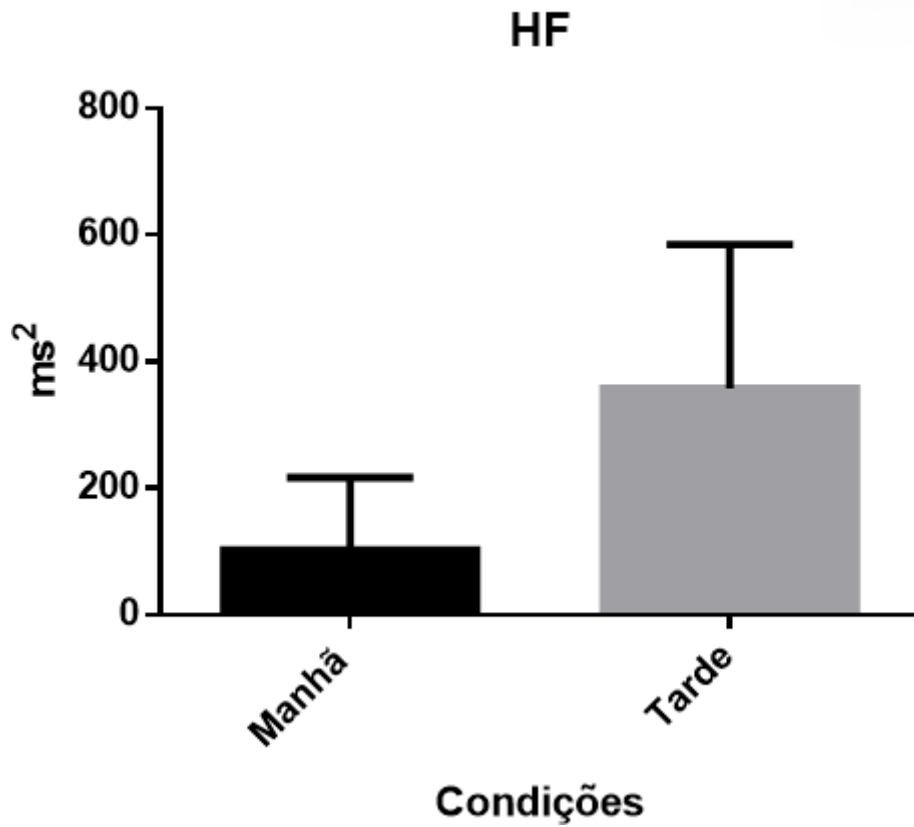
Gráfico 2 - Comparação do Componente *Low Frequency* (LF) entre as Condições Manhã e Tarde
Em unidades normalizadas (LF em %), ausência de diferença significativa ($p=0,7715$).



Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

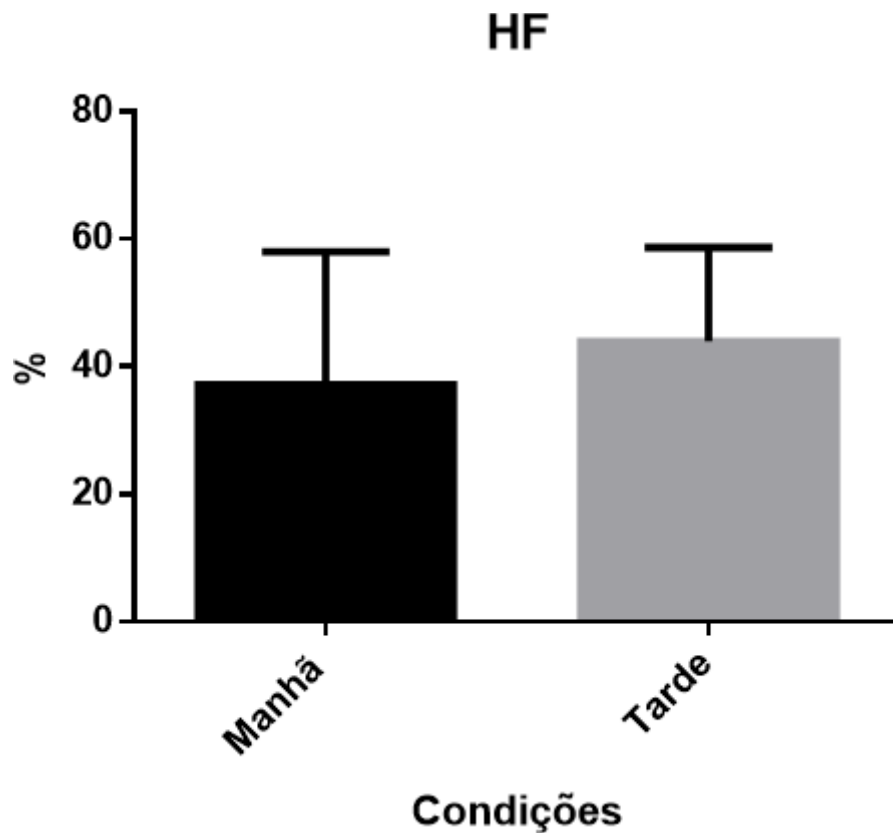
O componente de Baixa Frequência (LF), marcador com predomínio simpático, apresentou uma potência absoluta (ms^2) superior na condição Manhã (cerca de 500 ms^2) em comparação à Tarde (cerca de 250 ms^2). Contudo, essa diferença não se mostrou estatisticamente significativa ($p=0,4021$). Em unidades normalizadas (LF em %), que representam a contribuição proporcional simpática, os valores se mantiveram próximos (cerca de 40% na Manhã e 38% na Tarde), confirmando a ausência de diferença significativa ($p=0,7715$). A estabilidade nos valores normalizados sugere uma contribuição simpática relativa constante ao longo dos períodos avaliados.

Gráfico 3 - Comparação do Componente *High Frequency* (HF) entre as Condições Manhã e Tarde, não atingiu significância estatística ($p=0,1693$)



Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Gráfico 4 - Comparação do Componente *High Frequency* (HF) entre as Condições Manhã e Tarde. Em unidades normalizadas (HF em %), não atingiu significância estatística ($p=0,6337$).

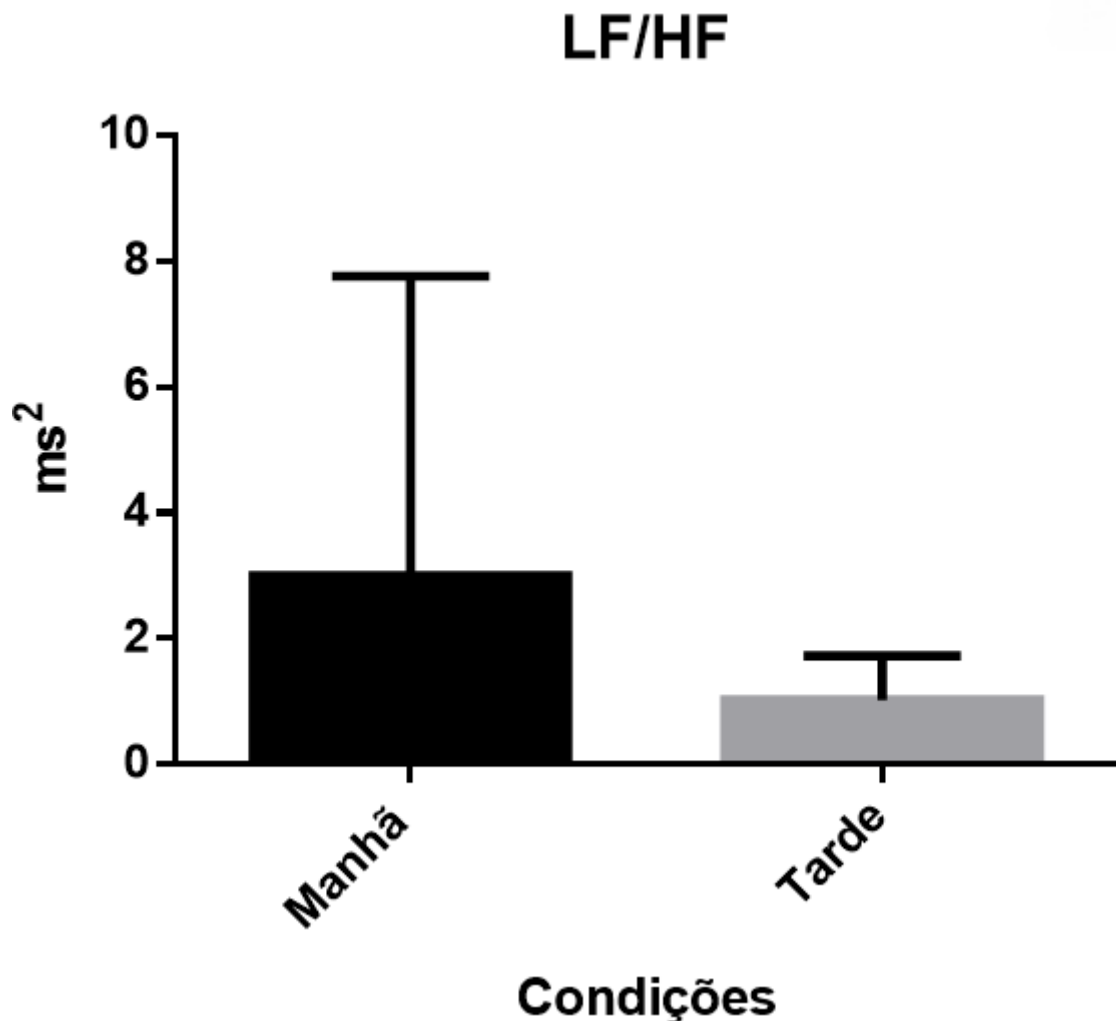


Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

O componente de Alta Frequência (HF), indicador da modulação parassimpática (vagal), apresentou uma potência absoluta (ms^2) superior na condição de tarde (cerca de 350 ms^2) em comparação à Manhã (cerca de 100 ms^2). Assim como o LF, a diferença não atingiu significância estatística ($p=0,1693$). Em unidades normalizadas (HF em %), os valores foram muito próximos (cerca de 38% na Manhã e 43% na Tarde) e não apresentaram diferença significativa ($p=0,6337$).

A ausência de variação estatisticamente significativa no HF em unidades normalizadas indica que a influência vagal proporcional se manteve estável entre os períodos. Em termos conceituais, a manutenção da modulação parassimpática é um sinal de boa adaptação e estabilidade elétrica cardíaca.

Gráfico 5 – Comparação da Razão LF/HF entre as Condições Manhã e Tarde, esta diferença não demonstrou significância estatística ($p=0,4325$).



Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

A Razão LF/HF, que reflete o balanço simpático-vagal, apresentou um valor médio superior na condição Manhã (cerca de 3,0) em relação à Tarde (cerca de 1,0). No entanto, esta diferença não demonstrou significância estatística ($p=0,4325$), devido à alta dispersão dos dados, notavelmente no período matutino.

A razão LF/HF é um indicador-chave da dominância autonômica. Embora a diferença não seja significativa, a tendência de uma Razão LF/HF maior na Manhã sugere uma sutil dominância simpática ou retirada do tônus vagal neste período, enquanto o valor próximo de 1,0 na Tarde indica um maior estado de equilíbrio simpático-vagal. No entanto, a conclusão estatística prevalece: os resultados globais demonstraram que o balanço autonômico não foi estatisticamente diferente entre as coletas matutinas e vespertinas.

5 DISCUSSÃO

A consistência estatística observada entre os índices de frequência (LF, HF e razão LF/HF) reforça a premissa de que o SNA do sujeito estudado se manteve em equilíbrio homeostático, sem sofrer influência predominante do ciclo circadiano nas janelas temporais avaliadas (manhã vs. tarde). Embora a literatura clássica, consolidada pelo *Task Force* (1996), aponte que a VFC sofre oscilações significativas ao longo de 24 horas — com predomínio vagal noturno e incremento simpático matutino — a estabilidade da razão LF/HF neste estudo de caso sugere uma autonomia adaptativa resiliente.

Numericamente, a razão LF/HF apresentou-se tendencialmente superior no período matutino, o que pode refletir o fenômeno fisiológico de alerta e a retirada vagal precoce para a vigília. Contudo, a ausência de significância estatística indica que essa oscilação não ultrapassou os limites da variabilidade intrínseca do indivíduo. Essa estabilidade corrobora achados que indicam que, em indivíduos jovens e saudáveis, os mecanismos de *feedback* barorreflexo operam de forma eficiente para manter a homeostase frente às demandas ambientais rotineiras (SHAFFER; GINSBERG, 2017).

A escolha metodológica de Paschoal *et al.* (2006) em realizar coletas apenas no período matutino visava justamente anular o viés do ritmo circadiano. Entretanto, os resultados do presente estudo propõem uma perspectiva complementar: em indivíduos jovens não treinados, a janela de coleta (manhã ou tarde) pode não ser um fator de confusão determinante para a interpretação do balanço simpático-vagal.

Essa hipótese ganha força ao observar que intervenções mais robustas, como o treinamento de força, nem sempre provocam mudanças agudas na modulação autonômica de indivíduos saudáveis. Como demonstrado por Lopes *et al.* (2007), a estabilidade da VFC mesmo após semanas de estímulo sugere que o SNA possui uma "assinatura" de repouso muito bem preservada em populações não-atletas, o que explicaria a ausência de diferenças entre os turnos do dia neste caso específico.

É imperativo considerar que a interpretação da razão LF/HF é alvo de debates contemporâneos. Conforme discutido por Shaffer e Venner (2013), a banda de baixa frequência (LF) não representa puramente a atividade simpática, mas uma mistura de influências simpáticas, parassimpáticas e mecanismos barorreflexos. Portanto, a

constância observada não deve ser lida como "ausência de variação fisiológica", mas sim como a manutenção da integridade dos mecanismos de controle autonômico.

A natureza deste estudo de caso e o protocolo de curta duração (5 minutos) podem limitar a captura de ritmos circadianos infradianos. Todavia, para a prática clínica e a prescrição de exercícios, os achados sugerem que o monitoramento da VFC em jovens sedentários apresenta uma flexibilidade logística maior do que a tradicionalmente sugerida, permitindo avaliações em diferentes períodos sem prejuízo à interpretação do balanço autonômico basal.

6 CONCLUSÃO

Os dados obtidos neste estudo de caso permitem inferir que, para o sujeito avaliado, a modulação autonômica apresentou estabilidade entre os períodos da manhã e da tarde, sem diferenças estatisticamente significativas nos índices de VFC. Diante da natureza deste trabalho, as observações não permitem generalizações, mas indicam que, no contexto deste voluntário jovem e saudável, o ciclo circadiano não exerceu influência preponderante sobre o balanço simpático-vagal nas janelas de tempo analisadas.

7 FATORES LIMITANTES

Apesar do rigor na coleta e análise dos dados, este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados:

- **N de Amostra (Estudo de Caso):** A principal limitação reside na natureza da pesquisa. Por se tratar de um estudo de caso, os achados refletem a fisiologia de um único indivíduo, impossibilitando a generalização dos resultados para a população geral ou outros perfis biológicos.
- **Duração da Coleta:** O protocolo de 5 minutos, embora padronizado pelo *Task Force* (1996) para análises de curto prazo, pode não ser suficiente para capturar oscilações de frequências muito baixas (VLF) ou ritmos circadianos mais complexos que só se manifestam em registros de longa duração (24 horas).
- **Sensibilidade da Razão LF/HF:** A interpretação da razão LF/HF como um marcador puro de balanço simpático-vagal é alvo de críticas na literatura contemporânea, uma vez que a banda LF sofre influência significativa de ambos os ramos do SNA e do sistema barorreflexo, o que pode mascarar variações sutis.
- **Variáveis Externas Não Controladas:** Fatores como a qualidade do sono na noite anterior, níveis de estresse emocional momentâneo e a dieta termogênica prévia (mesmo com orientações de restrição) são variáveis de difícil controle absoluto e que podem interferir na modulação autonômica de forma aguda.
- **Ambiente de Teste:** Embora as coletas tenham ocorrido em ambiente controlado, pequenas variações de temperatura ou ruídos ambientais durante o registro de 5 minutos podem ter influenciado a variabilidade da frequência cardíaca do voluntário.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. B.; RICARDO, D. R.; ARAÚJO, C. G. S. de. Variabilidade da Frequência Cardíaca em um Teste de Exercício Verdadeiramente Máximo. **Revista da SOCERJ**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 6, p. 534-541, dez. 2005.

BROWN, S. J.; BROWN, J. A. Resting and postexercise cardiac autonomic control in trained masters athletes. **J Physiol Sci.**, v. 57, n. 1, p. 23-9, 2007.

CATAI, A. M. *et al.* Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep an cardiorespiratory responses of young an middle-aged healthy men. **Braz J Med Biol Res.**, Ribeirão Preto, v. 35, n. 6, p. 741-52, 2002.

DRUST, B. *et al.* Circadian rhythms in sports performance—an update. **Chronobiology International**, New York, v. 22, n. 1, p. 21-44, 2005.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 2. ed. Porto Alegre: ArtMed, 1999.

GARMIN. **O Que é Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)? | Garmin Centro de Assistência**. Disponível em: <https://support.garmin.com/pt-PT/?faq=04pnPSBTYSAYL9FylZoUI5>. Acesso em: 28 nov. 2025.

GODOY, M. F.; TAKAKURA, I. T.; CORREA, P. R. Relevância da análise do comportamento dinâmico não-linear (Teoria do Caos) como elemento prognóstico de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. **Arq Ciênc Saúde.**, v. 12, n. 4, p. 167-71, 2005.

LIMA, C. D. *et al.* Cardiovascular effects of a strength test (1RM) in prehypertensive subjects. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 25, n. 1, p. 9-13, jan./fev. 2019.

LOPES, F. L. *et al.* Redução da Variabilidade da Frequência Cardíaca em Indivíduos de Meia-Idade e o Efeito do Treinamento de Força. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 11, n. 2, p. 113-119, mar./abr. 2007.

LOPES, P. B. D.; OLIVEIRA, C. M. Q. de. **Variação da frequência cardíaca no teste de 1 RM**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física) – Faculdade de Ciências da Educação e Saúde, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2020.

MCCRATY, R.; SHAFFER, F. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health Risk. **Global Advances in Health and Medicine**, v. 4, n. 1, p. 46-61, 2015.

MONTEIRO, E. R. *et al.* Behavior of heart rate variability after 10 repetitions maximum load test for lower limbs. **International Journal of Exercise Science**, [s.l.], v. 11, n. 6, p. 834-843, maio 2018.

PAREKH, A.; LEE, C. M. Heart rate variability after isocaloric exercise bouts of different intensities. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 37, n. 4, p. 599-605, 2005.

PASCHOAL, M. A. *et al.* Variabilidade da frequência cardíaca em diferentes faixas etárias. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 10, n. 4, p. 413-419, dez. 2006.

REZK, C. C. *et al.* Cardiovascular effects of a strength test (1RM) in prehypertensive subjects. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 69-73, mar./abr. 2006.

SEILER, S.; HAUGEN, O.; KUFFEL, E. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 39, n. 8, p. 1366-73, 2007.

SHAFFER, F.; VENNER, J. Heart Rate Variability Anatomy and Physiology. **Biofeedback**, v. 41, n. 1, p. 13-25, mar. 2013.

TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY; THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING ELECTROPHYSIOLOGY. Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. **Circulation**, v. 93, n. 5, p. 1043-65, Mar. 1996.

THAYER, J. F.; LANE, R. D. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. **Journal of Affective Disorders**, v. 61, n. 3, p. 201-216, 2000.

VANDERLEI, L. C. M. *et al.* Noções básicas da variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, v. 24, n. 2, p. 205-217, 2009.