



FCDEF FACULDADE DE CIÊNCIAS DO
DESPORTO E EDUCAÇÃO FÍSICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Monitorização do estado de fadiga e de adaptação ao treino através da variabilidade da frequência cardíaca em jogadores de futebol durante as duas primeiras semanas da pré-época desportiva.

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra com vista à obtenção do grau de Mestre em Biocinética.

Orientador: Professor Doutor Luís Rama

Alexandre Gonçalves Abreu

Coimbra, 2015

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luís Manuel Pinto Lopes Rama pela orientação, pela disponibilidade e atenção prestadas, pela paciência e pelo apoio ao longo de todo este trabalho.

Ao clube que acompanhou várias etapas do meu crescimento e que contribuiu também para esta, abrindo-me as suas portas e permitindo a minha intromissão na sua rotina, principalmente aos jogadores e à equipa técnica pela cooperação.

Aos meus colegas de mestrado pelo incentivo e pelo companheirismo demonstrados ao longo dos dois últimos anos.

Aos meus amigos pelo apoio, pelo ânimo e por me ouvirem.

A todos os que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, sobretudo aos que despertaram em mim vontade de aprender mais.

À minha família pelo apoio e compreensão desde sempre.

E por último aos meus pais, pelo apoio incondicional, pela paciência, por todos os sacrifícios que fizeram por mim e para me possibilitar realizar este trabalho, e sobretudo pelo exemplo que me dão todos os dias.

A todos, muito obrigado.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar a resposta do SNA à variação da carga de treino ao longo da pré-época competitiva na modalidade de futebol, através da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) de repouso. A amostra utilizada foi composta por cinco jogadores de futebol ($22,12 \pm 2,84$ anos) de uma equipa sénior participante na série “E” do campeonato nacional de seniores. Foram registadas no início do estudo as medidas antropométricas necessárias para a caracterização da amostra, e foi atribuído a cada jogador um cardiofrequencímetro Polar® S-810 com o qual efetuou registo diários de 10 minutos da frequência cardíaca de repouso registada batimento-a-batimento, realizado pela manhã após acordar e em posição de supino para análise dos parâmetros de variabilidade da frequência cardíaca. Foi registada a carga de treino de cada sessão através do método de TRIMP de Stagno et al. (2007) e do método de RPE de Foster et al. (2001) e foi ainda avaliado o desempenho no teste de salto com contramovimento (CMJ) e no teste de Sprint de 20 metros (Sprint) no primeiro e no último treino para avaliar alterações na performance.

Foi encontrada uma correlação positiva ($r=0,444$; $p<0,05$) entre a quantificação da carga de treino através dos métodos de TRIMP e de RPE indicando a utilidade da perceção subjetiva do esforço no controlo da carga de treino.

Não foi identificada correlação entre a variação dos parâmetros da VFC e a variação da carga de treino, nem entre a carga de treino e a variação dos resultados nos testes de performance uma vez que a própria carga do treino não variou significativamente ao longo do período de recolha de dados. Por este motivo, o facto de não terem sido encontradas diferenças significativas nos parâmetros da VFC ao longo das duas semanas de pré-época não permite por si só refutar a validade deste método para o controlo da adaptação à carga de treino em jogadores de futebol ao longo da pré-época.

Palavras-chave: Variabilidade da frequência cardíaca; Monitorização do treino; Carga de treino, Futebol.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate autonomic nervous system reaction to the fluctuation of the training load during the preparation season in football players through heart rate variability.

The sample was composed by five football players ($22,12 \pm 2,84$ years) of a Senior team which participated on E series of the senior national championship.

In the beginning of the study anthropometric measures necessary to the characterization of the sample were taken. A heart rate monitor Polar® S-810 was given to each player with which they recorded a daily ten minute record of heart rate variability recorded beat by beat during the morning after waking up and in supine position to the analysis of heart rate variability parameters.

The training load of each training session was registered with the TRIMP method of Stagno et al. (2007) and the RPE method of Foster et al. (2001) and was also evaluated the performance in the counter movement jump (CMJ) and the 20 meter Sprint test (Sprint) to evaluate changes in performance capability.

A positive correlation was found ($r=0,444$; $p<0,05$) between the quantification of training load through the TRIMP and the RPE method, indicating the utility of the rating of perceived exertion to the training load control.

It was not found any correlation between the variation of heart rate variability parameters and the fluctuation of the training load neither between the training load and the results in performance test. This is due to the fact that training load itself did not change through the period of data collection.

The fact that no significant changes were found in heart rate variability parameters through the two week period in the preparation stage it is not enough to refute the validity of this instrument to the control of adaptation to training load in football players in the preparation stage.

Keywords: Heart rate variability; Training monitoring; Training Load; Football.

LISTA DE ABREVIATURAS

bpm – Batimentos por minuto

IMC – Índice de massa corporal

NN50 – Número de intervalos RR adjacentes que diferem mais de 50ms

pNN50 – Percentagem de NN50

RMSSD – Raiz quadrada da média da soma do quadrado das diferenças entre intervalos RR adjacentes.

RPE – Percepção subjetiva do esforço

\overline{RR} - Valor médio dos intervalos RR

SDANN – Desvio padrão das médias dos intervalos RR medidos em segmentos de 5 minutos

SDNN – Desvio padrão dos intervalos R-R.

SDNN index – Média dos desvios padrão dos intervalos RR medidos em segmentos de 5 minutos

SDSD – Desvio padrão das diferenças entre intervalos RR adjacentes.

SNA – Sistema nervoso autónomo

TRIMP – Impulso de treino

TRIMP_{MOD} – Impulso de treino modificado

UA – Unidades Arbitrárias

VFC – Variabilidade da frequência cardíaca

VO₂_{máx} - Consumo máximo de oxigénio.

ÍNDICE GERAL

LISTA DE ABREVIATURAS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	VIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	IX
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. REVISÃO DA LITERATURA	2
2.1 Caracterização fisiológica da modalidade de futebol	2
2.2 Quantificação da carga de treino	4
2.3 Controlo do estado de fadiga e de adaptação ao treino.....	5
2.4 Sistema nervoso autónomo e o controlo da frequência cardíaca.....	6
2.5 Variabilidade da frequência cardíaca.....	7
2.6 Métodos de análise da variabilidade da frequência cardíaca.....	8
2.6.1 Domínio Tempo.....	9
2.6.2 Domínio Frequência.....	10
2.7 Variabilidade da frequência cardíaca e o exercício	11
CAPÍTULO II.....	12
3 OBJETIVOS	13
3.1 Objetivo Geral	13
3.2 Objetivos específicos	13
CAPÍTULO III	14
4. METODOLOGIA	15
4.1 Descrição da amostra	15
4.2 Desenho do estudo.....	15
4.3 Recolha de elementos biográficos e de medidas antropométricas.....	16
4.3.1. Idade cronológica.....	16
4.3.2 Massa corporal.....	16
4.3.3. Estatura.....	17
4.3.4. Pregas subcutâneas.....	17
4.4 Testes de performance.....	17
4.5 Quantificação das cargas de treino	19
4.5.1. TRIMP	19

4.5.2. RPE	19
4.6 Recolha e análise de elementos para determinação da VFC	20
CAPÍTULO IV	21
5 RESULTADOS.....	22
5.1. Caracterização da amostra.....	22
5.2. Caracterização das cargas de treino	23
5.3. Correlação entre TRIMP e RPE	25
5.4. Testes de performance	26
5.5. Parâmetros da VFC.....	28
CAPÍTULO V	30
6. DISCUSSÃO	31
CAPÍTULO VI	34
7. CONCLUSÃO	35
BIBLIOGRAFIA	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Eletrocardiograma e respetivo complexo QRS (Adaptado de Seeley et al., 2004)	8
---	---

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Mínimo, máximo, média e desvio padrão da variável idade, expressa em anos com aproximação às décimas dos cinco (N=5) elementos da amostra.	22
Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis antropométricas Massa corporal (kg), Estatura (cm), IMC (kg/m ²), e “soma 7 pregas” (mm) correspondente ao somatório de sete pregas subcutâneas, dos 5 sujeitos da amostra.	23
Tabela 3 - Quantificação da carga de treino individual e da carga média diária através do método do TRIMP de Stagno et al. (2007)	23
Tabela 4 - Quantificação da carga de treino individual e da carga média diária através do método de RPE de Foster et al. (2001).	24
Tabela 5 – Ranking das médias do valor da carga de treino diário calculado através dos métodos do TRIMP e da RPE e resultado do teste de Friedman.	25
Tabela 6 – Valor médio \pm desvio padrão dos valores de carga dos 21 casos analisados (N=21) quantificados através do método de RPE, expresso em UA, e do TRIMP.	26
Tabela 7 – Valor da correlação entre os valores de carga de treino quantificados pelo método de RPE e de TRIMP em 21 casos (N=21).	26
Tabela 8 - Resultados individuais e resultados médios \pm desvio padrão do teste CMJ realizado nos momentos M1, M2 e M3, expressos em cm.	27
Tabela 9 - Resultados individuais e resultados médios \pm desvio padrão dos testes de Sprint realizados nos momentos M1, M2 e M3, expressos em km/h.	27
Tabela 10 - Resultados do teste de Wilcoxon às variáveis CMJ e Sprint nos momentos M1 e M3	28
Tabela 11 -Valores médios \pm desvio padrão iniciais (M1) e finais (M2) e resultados do teste de Wilcoxon aos parâmetros da VFC.	28
Tabela 12 – Correlação de Pearson entre os valores dos somatórios da RPE e do TRIMP de todo o período de recolha de dados e a variação entre o momento inicial M1 e o momento final M2 dos valores das variáveis da VFC.	29

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Perfil gráfico da variação do TRIMP de cada um dos cinco sujeitos (N=5) ao longo das seis sessões de treino.....	24
Gráfico 2 - Perfil gráfico da variação da RPE de cada um dos 5 sujeitos (N=5) ao longo das seis sessões de treino expresso em unidades arbitrárias (UA).	25

CAPÍTULO I
INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Treinadores e desportistas trabalham ambicionando alcançar a melhor performance possível, sobretudo nos momentos de competição (Borresen & Lambert, 2009). No futebol e noutros desportos coletivos isso não é exceção. É usual encarar-se o desenvolvimento das capacidades físicas dos jogadores como um dos principais objetivos da pré-época, sendo comum registarem-se cargas de treino duas a quatro vezes superiores às registadas durante a temporada competitiva. Assim, torna-se fundamental controlar minuciosamente a carga e a resposta individual de cada desportista ao treino, maximizando a sua evolução e prevenindo situações de sobre treino ou lesão (Buchheit et al., 2013).

A monitorização do estado do sistema nervoso autónomo (SNA) através da medição da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é um método promissor na monitorização da adaptação individual ao treino (Plews et al., 2013), mas o entendimento da sua relação com a carga de treino, a fadiga e a recuperação requer mais investigação (Buchheit et al., 2012).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Caracterização fisiológica da modalidade de futebol

O futebol exige um esforço de carácter intermitente, em que períodos de intensidade baixa ou moderada alternam com períodos mais curtos mas de elevada intensidade (Reilly, 1997). A duração do jogo, faz com que a sua prática dependa sobretudo da energia produzida através do metabolismo aeróbio, contudo o sistema anaeróbico assume um papel fundamental na resposta energética a ações de alta intensidade, às quais o sistema aeróbico não consegue responder, que por norma são as mais decisivas do jogo (Stølen et al., 2005).

Durante um jogo, jogadores de campo de elite correm em média entre 10 e 13 quilómetros (km) e o guarda-redes cerca de 4km, embora a maioria destas distâncias seja percorrida em marcha ou em corrida de baixa intensidade, (Bangsbo et al., 2006) em média a cada 90 segundos um jogador realiza um sprint com duração média de 2 a 4

segundo, além de que, de cada 4 a 6 segundos existe uma variação de atividade, desde passe, drible, remate, cabeceamento e confronto físico com o oponente para proteger a bola, pelo que cada jogador executa em média entre 1000 e 1400 ações durante um jogo (Stølen et al.,2005).

Segundo Bangsbo et al. (2006) o valor médio da frequência cardíaca de um jogador raramente é inferior a 65% da frequência cardíaca máxima, e pode atingir picos na ordem dos 98%, contudo o valor médio de intensidade medido em percentagem da frequência cardíaca máxima é aproximadamente 85%. Este valor parece coincidir com o limiar anaeróbico, normalmente situado entre os 80 e os 90% em jogadores de futebol, o que significa que apesar de haver variações bruscas de intensidade ao longo do jogo, em termos médios a intensidade do jogo parece regular-se em função do Limiar anaeróbio (Stølen et al., 2005).

De acordo com Reilly (1997) e Mohr et al. (2005), o consumo médio de oxigénio durante um jogo corresponde aproximadamente a 75% do consumo máximo de oxigénio ($VO_{2máx}$), contudo Bangsbo et al. (2006) sugere um valor, a rondar os 70% do $VO_{2máx}$, medida que é reforçada por medições da temperatura interna durante o jogo, uma vez que existe uma relação linear estabelecida entre a temperatura retal e a intensidade relativa de trabalho (Bangsbo et al., 2006).

Em termos de valores absolutos, o $VO_{2máx}$ de jogadores de campo do sexo masculino varia entre 50 e 70 ml/kg/min, enquanto para os guarda-redes esse valor varia entre 50 e 55 ml/kg/min (Stølen et al., 2005).

Apesar da predominância do sistema aeróbio, o metabolismo anaeróbio desempenha um papel fulcral, e uma maior capacidade anaeróbia parece ser um fator de distinção entre jogadores de elite e não-elite (Stølen et al., 2005).

Segundo Mohr et al. (2005) as concentrações médias de lactato situam-se entre as 3 e as 6 mmol/l, podendo ser encontrados valores individuais superiores a 12mmol/l, o que sugere elevado recrutamento do sistema anaeróbio, espectacular nos períodos mais intenso do jogo. O sistema anaeróbio alático também contribui para responder às necessidades energéticas do jogo. Sabe-se que o exercício intenso durante o jogo conduz a uma elevada utilização da fosfocreatina, que é parcialmente repostada nos períodos de intensidade mais baixa (Bangsbo et al., 2006).

2.2 Quantificação da carga de treino

As perturbações homeostáticas provocadas pelo treino fazem com que os sistemas fisiológicos tendam a adaptar-se para melhorar a sua resposta na manutenção da homeostase. Para otimizar essas adaptações é essencial garantir que o estímulo induzido é suficientemente forte para promover melhorias sem contudo inibir a recuperação (Borresen & Lambert, 2009; Buchheit et al., 2010)

De acordo com Borresen & Lambert (2009), a otimização do treino envolve em primeiro lugar quantificar o trabalho realizado pelo desportista durante o treino, e posteriormente determinar se o esforço realizado se está a traduzir ou não numa adaptação favorável à melhoria da performance.

Para quantificar a carga de treino é geralmente necessário integrar indicadores de esforço externos com indicadores internos, que são depois contabilizados com o tempo de duração da sessão de treino para obter medidas compostas da carga de treino (Buchheit, 2014). O impulso de treino (training impulse - TRIMP) calculado através da frequência cardíaca proposto por Banister et al. (1991) é uma dessas medidas.

O TRIMP, do inglês “training impulse”, relaciona a resposta da frequência cardíaca ao exercício com a duração do mesmo.

Este método apresenta porém limitações, particularmente em tipos de exercícios em que a resposta cardíaca é pouco estável (Borresen & Lambert, 2009) e a sua aplicação em desportos de longa duração e de carácter intermitente como os desportos de equipa, particularmente o futebol, é pouco prático (Stagno et al., 2007).

Na tentativa de simplificar a quantificação da carga de treino, Foster et al. (2001) propôs a utilização da perceção subjetiva do esforço (RPE), do inglês “rating of perceived exertion”. Este método consiste em multiplicar a duração total da sessão de treino (em minutos), pela classificação da dificuldade do total da sessão de treino, atribuída através da escala CR10 (Borg et al., 1987), obtendo-se assim um valor único representativo da magnitude da carga de treino interna, medido em unidades arbitrárias (UA) (Impellizzeri et al., 2004). Num estudo recente, Buchheit et al. (2013) utilizou a RPE como método de quantificação da carga de treino, e os resultados obtidos sugeriram a utilidade deste método na monitorização das respostas ao treino durante a pré-época.

Na tentativa de criar um método capaz de quantificar adequadamente a carga de treino em desportos de carácter intermitente, nomeadamente os desportos de equipa, Stagno

et al.(2007) propôs uma modificação do TRIMP originalmente proposto por Banister et al. (1991). As modificações consistiam na inclusão de um fator de ponderação para cada uma das zonas de frequência cardíaca que refletisse o perfil típico da curva representativa da resposta do lactato sanguíneo perante o aumento da intensidade, e no ajuste das posições das zonas de frequência cardíaca em função do limiar de lactato e do ponto de início de acumulação de lactato (OBLA- Onset of blood lactate accumulation) (Stagno et al., 2007). Os resultados do estudo revelaram que tanto o TRIMP modificado ($TRIMP_{MOD}$) médio semanal como o tempo médio semanal despendido em atividade de alta intensidade estão correlacionados com mudanças percentuais do $VO_{2máx}$ e na velocidade de corrida a que era atingido o OBLA em teste submáximo, ao longo da época competitiva. A conclusão do estudo aponta para que o $TRIMP_{MOD}$ possa ser utilizado como método de monitorização da carga de treino em desportos coletivos de carácter intermitente e de alta intensidade (Stagno et al., 2007).

2.3 Controlo do estado de fadiga e de adaptação ao treino

O sucesso de um programa de treino de futebol está intimamente ligado à prescrição do estímulo de treino e dos períodos de recuperação adequados às necessidades de cada jogador (Buchheit et al., 2010). Enquanto o excesso de carga de treino pode aumentar o estado de fadiga, o risco de lesão ou até conduzir o jogador a um estado de sobre-treino à sua insuficiência pode levar a situações de destreino. Neste âmbito a monitorização da fadiga e da performance de cada jogador em resposta ao treino ao longo das várias fases da época é determinante para poder adequar de forma individual a carga e o conteúdo do treino a cada momento (Buchheit, 2014).

A monitorização de componentes salivares e de componentes sanguíneos específicos ou o uso de questionários psicométricos são alguns dos métodos utilizados para monitorizar a resposta do desportista à carga de treino em termos de performance e de acumulação de fadiga. Neste âmbito as medidas de frequência cardíaca têm gerado grande interesse, especialmente pela sua natureza não invasiva, pelos baixos custos associados, pelo facto de poderem ser aplicados de forma regular e em simultâneo a um número considerável de desportistas, e por não exigirem demasiado tempo (Buchheit, 2014). Um método particularmente promissor consiste na monitorização do estado do

sistema nervoso autónomo (SNA) através da medição da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (Borresen & Lambert, 2008; Buchheit et al., 2010; Buchheit, 2014; Plews et al., 2013).

2.4 Sistema nervoso autónomo e o controlo da frequência cardíaca

O coração é o único músculo capaz de manter o seu próprio ritmo devido a uma pequena massa de tecido muscular especializado denominada nódulo sino-arterial. O nódulo sino-arterial localiza-se dentro da parede posterior do átrio direito e tem a capacidade de se polarizar e despolarizar espontaneamente, fornecendo o estímulo inicial para a atividade cardíaca. Apesar disso existem mecanismos reguladores da frequência cardíaca externos ao miocárdio capazes de se sobrepor ao seu ritmo inerente (McArdle et al., 2001). Este controlo é exercido pelos centros cerebrais superiores (comando central) e pelas áreas de controlo cardiovascular do tronco cerebral através da atividade dos nervos simpáticos e parassimpáticos do SNA (Aubert, Seps, & Beckers, 2003).

Os efeitos produzidos pela inervação simpática e parassimpática são complementares. Os nervos simpáticos causam um efeito excitatório sobre o coração, aumentando a frequência cardíaca. Contraem os vasos sanguíneos, diminuem a mobilidade gastrointestinal e contraem os esfíncteres. Os nervos parassimpáticos produzem os efeitos antagónicos (Aubert et al., 2003).

Além do controlo que exercem sobre a frequência cardíaca e sobre a força, as inervenções simpáticas e parassimpáticas também estão presentes em áreas reflexogénicas do coração que quando excitadas através de estímulos químicos ou mecânicos acionam mecanismos reflexos que influenciam o próprio coração e também o estado de vasoconstrição. Estas mesmas inervenções estão relacionadas com a atividade reflexa dos barorreceptores, pelo que alterações na pressão sanguínea terão reflexo no aumento ou diminuição da atividade simpática ou parassimpática (Aubert et al., 2003).

Parte da VFC deve-se ao ciclo natural de arritmia causado pela influência da respiração no fluxo de impulsos simpáticos e vagais no nódulo sino-arterial, a respostas a estímulos ambientais, psicológicos e ao exercício, bem como à influência dos ritmos circadianos. Apesar dessas influências, a modulação da frequência cardíaca é determinada em primeiro lugar por alterações na atividade do SNA (Aubert et al., 2003).

Face ao anteriormente exposto, podemos afirmar que o SNA desempenha um papel fundamental no controlo do sistema cardiovascular através do funcionamento das vias, simpática e parassimpática, particularmente no ajuste batimento-a-batimento dos padrões hemodinâmicos, contribuindo de forma essencial para adequar o funcionamento cardiovascular. Assim sendo, o controlo cardiovascular, expresso através das variáveis hemodinâmicas em função do tempo, reflete a atividade do sistema autónomo, podendo ser utilizado como instrumento para analisar flutuações do SNA provocadas por diferentes circunstâncias fisiológicas ou estudar influências externas tais como o efeito do treino (Aubert et al., 2003).

2.5 Variabilidade da frequência cardíaca

A avaliação da VFC é um instrumento não invasivo, útil para analisar o controlo do SNA sobre a FC (Sandercock & Brodie, 2006), que tem ganho popularidade (Plews et al., 2013), em parte, graças à maior acessibilidade a ferramentas de medição de frequência cardíaca batimento-a-batimento inicialmente limitadas ao acesso a aparelhos de eletrocardiograma de elevado custo. Hoje o acesso a este método é fácil, graças à disponibilidade de sistemas de monitorização de frequência cardíaca portáteis com validade atestada e de menor custo, o que tem contribuído para a sua crescente utilização (Buchheit, 2014; Sandercock & Brodie, 2006).

A VFC consiste na medição não invasiva da variação dos intervalos de tempo entre dois batimentos (R-R), que pode variar significativamente mesmo em situações em que a FC se mantém relativamente estável, e a sua interpretação permite fazer inferências sobre as possíveis mudanças no estado do SNA cardíaco provocadas pelo treino (Borresen & Lambert, 2008., Buchheit, 2014).

Embora a recolha das séries R-R para a análise da VFC seja um processo simples, existem inconsistências metodológicas, relacionadas com o vasto número de métodos de tratamento e interpretação dos dados existentes e encontrados na literatura, o que na opinião de vários autores, pode estar na origem da maioria das descobertas contraditórias publicadas na literatura, e não em limitações inerentes às medidas de FC para informar sobre o estado de treino (Buchheit, 2014; Sandercock & Brodie, 2006).

2.6 Métodos de análise da variabilidade da frequência cardíaca

Para analisar a VFC é necessário obter primeiro um registo de ECG de qualidade elevada. A duração dos registos deve ser suficientemente longa e estável para permitir uma boa resolução da frequência, pelo que deverá ter no mínimo 10 minutos. A duração dos registos para análise no domínio da frequência (ver ponto 2.6.2) deverá ser no mínimo o dobro do comprimento de onda da frequência mais baixa a analisar, sendo recomendada uma duração mínima de pelo menos entre 5 e 10 minutos. Para que se obtenha uma boa resolução e um registo bem definido é recomendável que a frequência de amostragem seja de pelo menos 250Hz podendo ir até aos 1000Hz, de forma a permitir uma resolução temporal de 1ms^{-1} (Aubert et al., 2003).

Após a obtenção de um registo de qualidade, é necessário reconhecer o padrão do complexo QRS (Fig.1). O complexo QRS constitui o eletrocardiograma em conjunto com as ondas P e T. Este complexo formado pelas três ondas individuais Q, R e S, resulta da despolarização ventricular e assinala o início da contração ventricular (Seeley et al. 2004). A deteção deste padrão pode ser feita através de software apropriado, que produz um tacograma, determinando a sequência de ocorrência temporal do pico correspondente ao ponto R (Aubert et al., 2003; Rama, 2009).

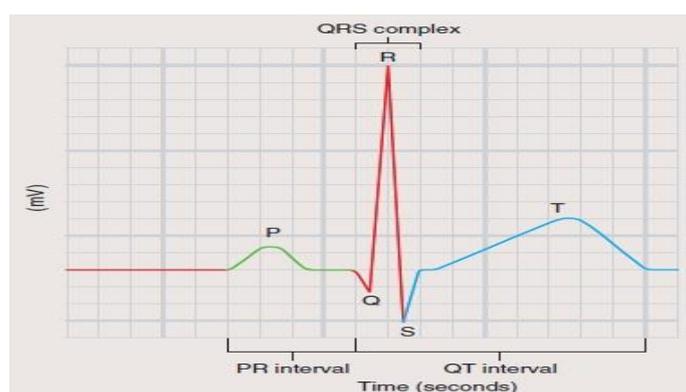


Figura 1 – Eletrocardiograma e respetivo complexo QRS (Adaptado de Seeley et al., 2004).

Um procedimento metodológico extremamente importante, mas nem sempre tido em conta é a necessidade de editar as séries R-R antes da análise dos dados, uma vez que a presença de um batimento ectópico num registo de cinco minutos, pode alterar em 50% os índices de VFC normais, provocando diferenças que podem não refletir alterações

reais no estado do SNA (Buchheit, 2014). Para esse efeito recorre-se usualmente a software que faz essa filtragem automaticamente (Nunan et al., 2009) eliminando o ruído e corrigindo alguns dados através de interpolação (Aubert et al., 2003). O resultado desta filtragem é um registo normalizado do intervalo R-R (Rama, 2009).

Antes de se poder fazer a análise espectral é necessário obter uma amostra do sinal em intervalos de tempo regulares. Esta amostra é produzida por algoritmos que criam um sinal por interpolação com intervalos equidistantes de 0,5 segundos (Aubert et al., 2003).

A análise dos dados obtidos pode ser realizada com recurso a diferentes métodos. Os mais tradicionais são a análise no domínio tempo e no domínio frequência, e mais frequentemente têm sido utilizados alguns métodos não-lineares (Aubert et al., 2003).

2.6.1 Domínio Tempo

O método original, e provavelmente de execução mais simples, de análise da VFC, é a quantificação no domínio tempo (Achten & Jeukendrup, 2003; Task Force, 1996). A avaliação da VFC no domínio tempo consiste em analisar as variações entre intervalos RR normais (Achten & Jeukendrup, 2003). Os parâmetros relativos a este domínio são calculados facilmente com recurso a métodos estatísticos. Esses parâmetros são, sugeridos por Aubert et al. (2003); Rama (2009); Task force (1996), são:

\overline{RR} (ms) - Valor médio dos intervalos RR

(SDNN) (ms) – Desvio padrão dos intervalos RR.

(SDANN) (ms) – Desvio padrão das médias dos intervalos RR medidos em segmentos de 5 min.

(RMSSD) (ms) – Raiz quadrada da média da soma do quadrado das diferenças entre intervalos RR adjacentes.

(SDNN index) (ms) – Média dos desvios padrão dos intervalos RR medidos em segmentos de 5 minutos

(SDSD) (ms) – Desvio padrão das diferenças entre intervalos RR adjacentes.

(NN50) (ms) – Número de intervalos RR adjacentes que diferem mais de 50ms

(pNN50) (%) – Percentagem de NN50

A maior limitação deste parâmetro prende-se com a impossibilidade de distinguir a atividade de cada uma das vias do SNA, contudo revelam alguma correlação com o domínio da HF (frequência alta), o que pode ser indicador de influência vagal (Aubert et al., 2003).

Os valores no domínio tempo podem também ser apresentados através de métodos geométricos dos quais o mais simples é o histograma, contudo o seu uso parece ser bastante limitado e não é utilizado frequentemente na literatura (Aubert et al., 2003).

2.6.2 Domínio Frequência

Enquanto no domínio tempo a VFC era analisada através da mudança nos intervalos RR ao longo do tempo, no domínio frequência é feita a análise da frequência a que essas mudanças nos intervalos RR ocorrem (Achten & Jeukendrup, 2003). Os dados no domínio frequência representam-se por um espectro de densidade de potência que corresponde à potência de diferentes oscilações presentes no registo de ECG. Os picos a diferentes frequências refletem as diferentes contribuições do sistema simpático e parassimpático do SNA (Achten & Jeukendrup, 2003; Borresen & Lambert, 2008)

Os parâmetros mais utilizados na análise do domínio frequência são (Achten & Jeukendrup, 2003):

(VLF) - Potência de frequências muito baixas

(LF) - Potência de frequências baixas

(HF) - Potência de frequências altas

(LF/HF) – Rácio entre a potência das baixas frequências e a potência das altas frequências

O sistema parassimpático contribui consideravelmente para a HF que se situa na região espectral compreendida entre os 0.15 e os 0.40Hz. Uma outra região espectral identificada está compreendida entre 0.04 e 0.15Hz e resulta da contribuição de ambas as vias do SNA. O rácio LH/LF representa o balanço simpático-vagal, possibilitando a sua utilização como índice da resposta autónoma no qual valores elevados refletem predominância por parte do sistema nervoso simpático (Borresen & Lambert, 2008).

As medições a diferentes frequências são geralmente expressas em valores de potência absoluta (ms^2) ou em unidades normalizadas (nu) que representam o valor

relativo de cada componente da potência em proporção ao valor da potência total menos o valor dos componentes da potência de frequências muito baixas (Achten & Jeukendrup, 2003).

2.7 Variabilidade da frequência cardíaca e o exercício

Apesar de a frequência cardíaca ser uma variável aparentemente simples, pode ser avaliada segundo vários parâmetros e medida em diferentes ocasiões, o que significa que pode gerar um vasto número de índices, cada um com prós e contras que devem ser ponderados aquando da escolha da metodologia mais apropriada para monitorizar um determinado desportista. Além de os determinantes fisiológicos dos diferentes índices diferirem também o seu período de adaptação ao longo do treino tem características próprias, além de que a sensibilidade que apresentam quer à sobrecarga quer à performance pode ser também sobejamente diferente (Buchheit, 2014).

De acordo com Buchheit (2014) numa perspetiva de utilização de medidas relacionadas com a frequência cardíaca para controlar o treino de forma diária, o único instrumento apropriado é a VFC de repouso, registada de manhã.

Importa ter consciência que as medidas derivadas da frequência cardíaca não têm capacidade para fornecer informação acerca de todos os aspetos relacionados com o bem-estar, cansaço e performance do desportista, pelo que devem utilizar-se simultaneamente outros marcadores de performance não-invasivos e marcadores psicométricos para monitorizar adequadamente a resposta de desportistas ao treino (Buchheit, 2014).

CAPÍTULO II
OBJECTIVOS

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente estudo é analisar a resposta do SNA à variação da carga de treino na pré-época competitiva na modalidade de futebol em jogadores participantes no Campeonato Nacional de Seniores, através do comportamento da variabilidade da frequência cardíaca em repouso.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar o nível de associação entre diferentes métodos de quantificação da carga de treino TRIMP e RPE.
- Verificar relação entre a resposta da variabilidade da frequência cardíaca em repouso e a carga de treino no início e no final de duas semanas da pré-época desportiva.
- Verificar a relação entre a resposta da variabilidade da frequência cardíaca de repouso e a variação dos resultados em testes de performance.

CAPÍTULO III
METODOLOGIA

4. METODOLOGIA

4.1 Descrição da amostra

A amostra utilizada neste trabalho foi composta por cinco jogadores de futebol do plantel sénior de um clube pertencente à Associação de Futebol de Leiria e que participou ao longo da época competitiva 2014/2015 na série E do Campeonato Nacional de Seniores. Dos cinco elementos, quatro eram jogadores de campo e um era guarda-redes, designadamente o sujeito número 5. Os elementos da amostra tinham idades compreendidas entre os 19 e os 25 anos. Durante o período de recolha de dados, a amostra treinou com uma frequência de três vezes por semana.

Antes do início do estudo foram explicados aos elementos da amostra os objetivos do mesmo e os procedimentos em que estariam envolvidos.

4.2 Desenho do estudo

Para a concretização deste estudo foi necessário levar a cabo as seguintes tarefas:

- Recolha de dados para caracterização da amostra realizada num primeiro momento, neste caso imediatamente antes do primeiro treino, através das variáveis biográficas e medidas antropométricas de todos os participantes:

- Idade cronológica
- Massa corporal (kg)
- Estatura (cm)
- Somatório de 7 pregas subcutâneas (tricipital, subescapular, midaxilar, supra-ílica, abdominal, crural e geminal) (mm)

- Recolha de dados necessários à persecução dos objetivos do estudo através dos seguintes pontos:

- Registo do tempo útil de cada sessão de treino.
- Registo da frequência cardíaca em exercício ao longo de cada sessão de treino.
- Preenchimento da escala CR10 (Borg et al., 1987) 30 minutos após o fim de cada sessão de treino.

- Recolha diária de um registo da frequência cardíaca de repouso com duração de 10 minutos obtido em posição de supino.
- Teste de salto com contra movimento – no primeiro treino e na última sessão de treino de cada semana.
- Teste de sprint de 20m - no primeiro treino e na última sessão de treino de cada semana.
- Análise e tratamento dos dados recolhidos com recurso a software informático adequado.

4.3 Recolha de elementos biográficos e de medidas antropométricas.

Com o objetivo de caracterizar a amostra e de permitir a comparação dos resultados deste estudo com outros, realizou-se o registo de vários dados antropométricos e biográficos da amostra. Este registo foi efetuado antes do início do primeiro treino e contemplou procedimentos descritos abaixo.

4.3.1. Idade cronológica

Registo da data de nascimentos dos participantes e posterior cálculo da idade cronológica segundo Healy et al. (1981).

4.3.2 Massa corporal

Cada elemento da amostra foi medido descalço e vestido com vestuário leve, composto por calções e t-shirt. Em cada medição o sujeito manteve-se imóvel sobre a balança até o valor estabilizar. Utilizou-se para a medição a balança digital portátil Seca, modelo 770 com graduação de 0.1 kg.

4.3.3. Estatura

A estatura é a distância do vertex ao plano de referência do solo. Para a medição da estatura, os elementos da amostra, descalços, foram posicionados de costas contra o estadiômetro e em posição anatômica de referência. A posição da cabeça foi corrigida para ficar orientada de acordo com o plano de Frankfurt, e então efetuou-se a medição utilizando o estadiômetro portátil Bodymeter 206 com graduação de 0.1 cm.

4.3.4. Pregas subcutâneas

Após localizado o local correto de medição da prega através das referências anatômicas, a prega composta pela dobra de pele e pelo tecido adiposo subjacente é destacada do músculo utilizando o polegar e o indicador. Os dedos seguram a prega a uma distância de aproximadamente 2 cm do local de referência e o adipômetro coloca-se perpendicularmente à prega uma profundidade de 1 cm. A medição deve ser efetuada dois segundos após o adipômetro ter sido colocado e aplicado a sua pressão total que deve ser constante e igual a $10\text{g}/\text{mm}^2$. Para a medição das pregas adiposas neste estudo foi utilizado um adipômetro plástico Slimguide. As pregas medidas foram: tricipital, subescapular, midaxilar, suprailíaca, abdominal, crural e geminal.

4.4 Testes de performance

O objetivo da realização dos testes de performance é servir de termo de comparação entre os diferentes momentos de avaliação e determinar o efeito da carga de treino sobre a performance.

Antes da realização dos testes os jogadores realizaram sempre aquecimento, esse que foi mantido inalterado antes de todos os testes que se vieram a realizar como foi previamente acordado com a equipa técnica. Estes testes foram realizados nos três momentos estratégicos definidos, o primeiro treino, o último treino da primeira semana, e o último treino da segunda semana.

4.4.1. Teste de salto com contra movimento

O teste de salto com contra movimento permite avaliar a força explosiva dos membros inferiores e inicia-se com o sujeito de pé sobre o tapete de contacto, com as mãos apoiadas nos quadris que assim devem permanecer durante todo o movimento. O sujeito pode então iniciar o movimento que deve ser contínuo e que consiste numa fase excêntrica em que flete os membros inferiores seleccionando a amplitude do movimento de forma autónoma, procedida de uma fase concêntrica em que realiza a extensão total dos membros inferiores provocando uma impulsão vertical. Os testes foram inspecionados visualmente para evitar a consideração de resultados em que existisse flexão excessiva da perna ou do tornozelo no momento da recessão, passíveis de influenciar significativamente os resultados. Em cada momento de avaliação cada elemento da amostra efetuou três repetições separadas por um intervalo mínimo de 30 segundos das quais era selecionado apenas o melhor resultado. Em cada repetição os participantes eram encorajados a realizar o teste de forma máxima.

4.4.2. Teste de sprint de 20 metros

Este teste consistiu na realização de dois sprints de 20 metros em cada um dos três momentos de avaliação. Entre cada sprint foi respeitado um intervalo mínimo de 60 segundos, e foi registado o melhor tempo de entre as duas repetições, tendo sido previamente explicado aos participantes que deveriam sprintar o mais rápido possível em cada uma das repetições. Neste teste foi utilizado um conjunto de células fotoelétricas GLOBUS com as quais se formaram dois “portões”. Os participantes iniciavam o teste de pé, com o pé mais avançado colocado junto a uma marca que distava 0,5 metros do primeiro portão e partiam quando se sentissem prontos, o que permitiu eliminar o de reação. O teste foi realizado numa superfície de relva sintética ao ar livre por não existir disponível um espaço indoor.

4.5 Quantificação das cargas de treino

A quantificação da carga de treino foi efetuada através de dois métodos. O cálculo do TRIMP e da RPE expressa em UA.

4.5.1. TRIMP

Com a finalidade de calcular o TRIMP, os elementos da amostra utilizaram cardiofrequencímetros Polar® S-810 durante as sessões de treino para registar a sua frequência cardíaca média em cada sessão. Neste estudo foi calculado o TRIMP_{MOD}, método proposto por Stagno et al. (2007), que se baseia na utilização da frequência cardíaca média e do tempo útil da sessão de treino para determinar o valor da carga de treino.

$$TRIMP_{MOD} = T(\text{min}) \times \left(\frac{FCex^* - FCrep^{**}}{FCmáx^{***} - FCrep} \right) \times 0,1225 \left[3,9434 \times \left(\frac{FCex - FCrep}{FCmáx - FCrep} \right) \right]$$

*FCex** - Frequência cardíaca de exercício

*FCrep*** - Frequência cardíaca de repouso

*FCmáx**** - Frequência cardíaca máxima

4.5.2. RPE

A quantificação da carga de treino com base na RPE exigiu o preenchimento de um exemplar da escala CR10 (Borg et al., 1987) através da qual foi atribuída uma classificação subjetiva da dificuldade total da sessão de treino que foi multiplicada pela duração total do treino (em minutos). Obteve-se assim um valor representativo da magnitude da carga de treino interna, expresso em UA. (Impellizzeri et al., 2004). Entre o final do treino e o preenchimento da escala CR10 respeitou-se sempre um intervalo mínimo de 30 minutos.

4.6 Recolha e análise de elementos para determinação da VFC

Ao longo das duas semanas os participantes deveriam ainda realizar um registo de 10 minutos em posição de supino após acordar, antes de se levantarem, utilizando cardiofrequencímetros Polar®, modelo S-810. Os cardiofrequencímetros eram programados por mim no dia anterior para o modo batimento-a-batimento, essencial para a análise da VFC. Os cardiofrequencímetros eram-me restituídos no dia seguinte antes da sessão de treino para que os dados fossem armazenados e os cardiofrequencímetros pudessem ser novamente devolvidos para registar a frequência cardíaca ao longo da sessão. Os dados obtidos foram posteriormente analisados e tratados com recurso ao software Kubios HRV - Heart Rate Variability Analysis Software versão 2.2. No tratamento dos dados selecionou-se um segmento de 5 minutos para análise. Foi utilizado um filtro de suavização de baixo nível (low) nos dados do intervalo RR desse segmento. Posteriormente foi feita análise nos domínios do tempo e da frequência e através de métodos geométricos.

A análise estatística foi levada a cabo com recurso ao programa IBM SPSS Statistics 22 e ao Microsoft Office Excel 2013.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS

5 RESULTADOS

5.1. Caracterização da amostra

5.1.1. Idade

A tabela 1 apresenta a estatística descritiva da variável idade cronológica. A idade média da amostra é de $22,12 \pm 2,84$ anos, sendo que a idade mínima dos participantes foi 19,32 anos e a máxima 25,41 anos.

Tabela 1 – Mínimo, máximo, média e desvio padrão da variável idade, expressa em anos com aproximação às décimas dos cinco (N=5) elementos da amostra.

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Idade cronológica (anos)	5	19,32	25,41	22,12	$\pm 2,84$

5.1.2. Variáveis antropométricas

A tabela 2 apresenta a estatística descritiva das variáveis antropométricas da amostra. As variáveis antropométricas podem distinguir-se entre variáveis simples, onde se inserem a massa corporal e a estatura, e variáveis compostas onde se inserem a soma das 7 pregas adiposas e o índice de massa corporal (IMC). A amostra composta por cinco elementos (N=5) apresentou um valor médio de massa corporal de $73,18 \pm 6,09$ kg, e uma estatura média de $174,44 \pm 5,68$ cm. Através da composição das duas variáveis anteriores foi possível calcular o IMC médio da amostra que é de $24,08 \pm 2,19$ (kg/m²). A média da soma das 7 pregas adiposas é de $71,20 \pm 18,67$ mm.

Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis antropométricas Massa corporal (kg), Estatura (cm), IMC (kg/m²), e “soma 7 pregas” (mm) correspondente ao somatório de sete pregas subcutâneas, dos 5 sujeitos da amostra.

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Massa corporal (kg)	5	65,00	82,00	73,18	±6,09
Estatura (cm)	5	167,20	182,50	174,44	±5,68
IMC (kg/m ²)	5	21,59	26,32	24,08	±2,19
Soma 7 pregas (mm)	5	51,00	95,00	71,20	±18,67

5.2. Caracterização das cargas de treino

A tabela 3 apresenta o registo da carga de treino calculada pelo método do TRIMP. São apresentados os valores individuais diários de carga de treino, a carga média±desvio padrão de cada sessão, a carga acumulada por cada jogador em cada uma das duas semanas e a carga média± desvio padrão semanal. Segundo este método de quantificação, o TRIMP médio da primeira semana foi de 59,01±4,68, enquanto na segunda o TRIMP médio foi de 45,87±4,42.

Tabela 3 - Quantificação da carga de treino individual e da carga média diária através do método do TRIMP de Stagno et al. (2007)

Sujeito	Semana 1				Semana 2			
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	∑ Semana1	Dia 4	Dia 5	Dia 6	∑ Semana2
1	19,72	22,36	21,5	63,58	18,48	17,46	13,44	49,38
2	22,75	22,43	15,08	60,26	20,47	14,68	11,93	47,08
3	19,58	16,43	16,24	52,25	18,48	8,66	11,04	38,18
4	20,61	22,25	19,72	62,58	18,48	13,56	14,71	46,75
5	16,36	20,12	19,92	56,40	20,47	10,84	16,67	47,98
M±Dp	19,81±2,30	20,72±2,59	18,49±2,71	59,01±4,68	19,47±1,41	13,04±3,41	13,56±2,24	45,87±4,42

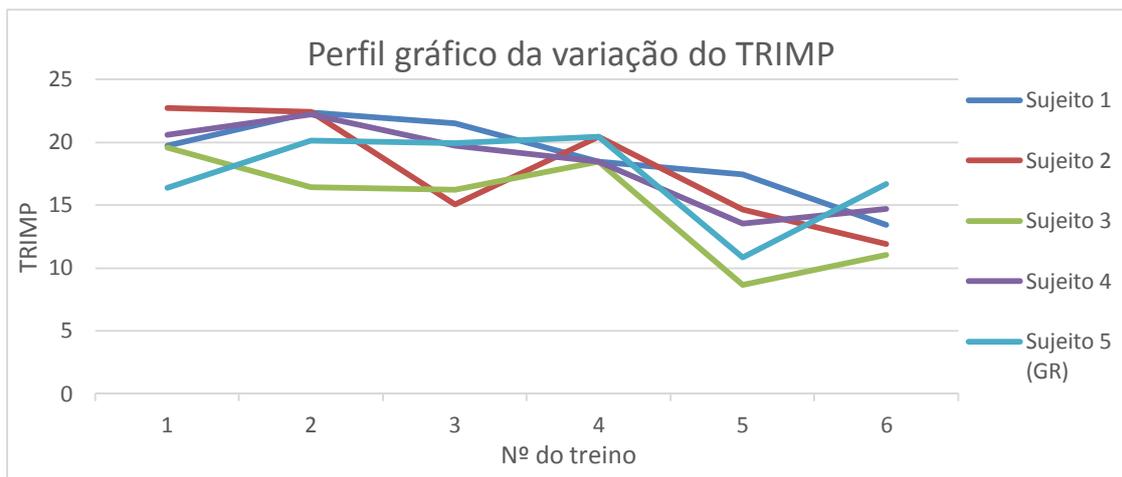


Gráfico 1 - Perfil gráfico da variação do TRIMP de cada um dos cinco sujeitos (N=5) ao longo das seis sessões de treino.

Na tabela 4 podemos ver o registo da carga de treino quantificada em UA através do método da RPE. São apresentados os valores individuais diários de carga de treino, a média diária \pm desvio padrão, o total semanal individual e a carga média semanal \pm desvio padrão. Segundo este método, a carga média da primeira semana foi de $1292,20 \pm 250,32$ UA, enquanto na segunda semana a carga média foi de $1076,60 \pm 145,76$ UA.

Tabela 4 - Quantificação da carga de treino individual e da carga média diária através do método de RPE de Foster et al. (2001).

Sujeito	Semana1				Semana2			
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Σ	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Σ
1	468,00	368,00	400,00	1476,00	408,00	244,00	174,00	1166,00
2	234,00	276,00	300,00	945,00	306,00	183,00	348,00	972,00
3	468,00	368,00	500,00	1516,00	408,00	244,00	435,00	1267,00
4	312,00	276,00	300,00	1113,00	306,00	244,00	174,00	904,00
5	234,00	552,00	400,00	1411,00	408,00	183,00	348,00	1074,00
M \pm Dp	343,20 \pm 118,29	368,00 \pm 112,68	380,00 \pm 83,67	1292,20 \pm 250,32	367,20 \pm 55,87	219,60 \pm 33,41	295,80 \pm 116,72	1076,60 \pm 145,76

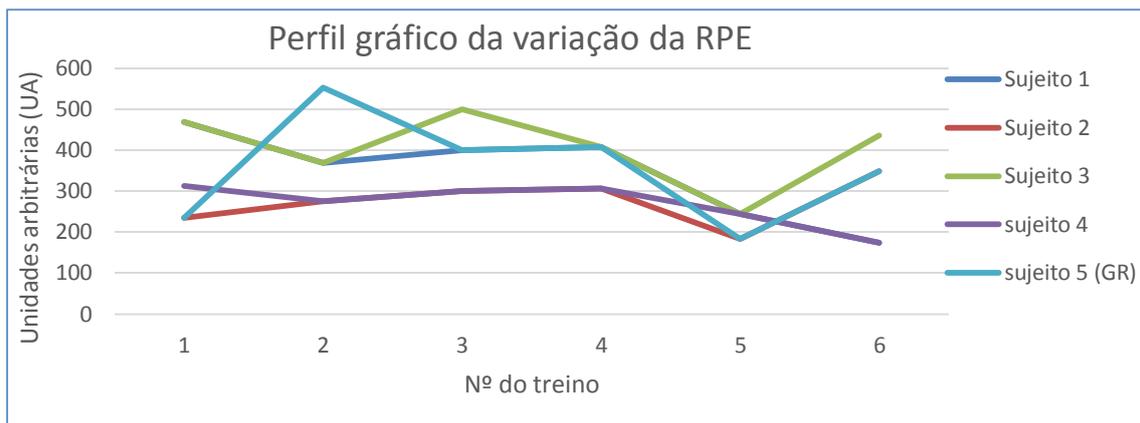


Gráfico 2 - Perfil gráfico da variação da RPE de cada um dos 5 sujeitos (N=5) ao longo das seis sessões de treino expresso em unidades arbitrárias (UA).

Na tabela 5 são apresentados os resultados do teste de Friedman às variáveis RPE e TRIMP em seis momentos correspondentes aos seis treinos registados. A variável RPE não apresenta diferenças significativas ao longo dos seis treinos, contudo a variável TRIMP apresenta diferenças significativas na distribuição entre o TRIMP5 e o TRIMP2, ou seja entre o segundo e o sexto treino.

Tabela 5 – Ranking das médias do valor da carga de treino diário calculado através dos métodos do TRIMP e da RPE e resultado do teste de Friedman.

	Ranking das médias						Estatística de Friedman		
	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia6	N	Z	p
RPE	4,20	3,40	4,40	4,60	1,40	3,00	5	10,257	ns
TRIMP	4,60	5,20	3,80	4,20	1,40	1,80	5	17,114	0,004

Amostra 1 – Amostra 2	Z	Dp	p
TRIMP5 – TRIMP2	3,80	1,18	0,020

5.3. Correlação entre TRIMP e RPE

Na tabela 6 são apresentados os valores da estatística descritiva do TRIMP e RPE relativos a 21 casos em que foi possível quantificar o mesmo estímulo de treino através de ambos os métodos. O valor médio da RPE foi de $338,10 \pm 111,99$ UA enquanto o TRIMP médio foi de $17,13 \pm 3,91$.

Tabela 6 – Valor médio \pm desvio padrão dos valores de carga dos 21 casos analisados (N=21) quantificados através do método de RPE, expresso em UA, e do TRIMP.

	N	Média	Desvio padrão
RPE	21	338,10	$\pm 111,99$
TRIMP	21	17,13	$\pm 3,91$

A tabela 7 apresenta o resultado da correlação entre as cargas de treino quantificadas pelo método da RPE e pelo método do TRIMP. Foram considerados 21 casos em que foi possível quantificar o mesmo estímulo de treino através de ambos os métodos. A correlação entre os dois métodos é positiva com um valor de $r=0,444$ e significância de $p<0,05$.

Tabela 7 – Valor da correlação entre os valores de carga de treino quantificados pelo método de RPE e de TRIMP em 21 casos (N=21).

	N	TRIMP r	p
RPE	21	0.444	,044

5.4. Testes de performance

Na tabela 8 são apresentados em centímetros (cm) os resultados individuais, bem como a média \pm desvio padrão dos resultados da amostra de sete elementos (N=7) no teste de salto com contramovimento (CMJ) em cada um dos três momentos definidos, M1, M2 e M3. No primeiro momento (M1) correspondente ao primeiro treino da época os sujeitos saltaram em média $40,70\pm 3,90$ cm, no segundo momento (M2) correspondente ao último treino da primeira semana saltaram em média $38,84\pm 4,13$ cm e no momento final (M3) saltaram em média $39,74\pm 3,06$ cm.

Tabela 8 - Resultados individuais e resultados médios \pm desvio padrão do teste CMJ realizado nos momentos M1, M2 e M3, expressos em cm.

Sujeito	M1	M2	M3
1	47,30	44,70	40,40
2	39,30	42,00	44,00
3	38,70	34,60	43,00
4	41,70	39,00	39,00
5	36,70	33,20	35,40
6	44,10	41,20	39,40
7	37,10	37,20	37,00
Média \pm Dp	40,70 \pm 3,90	38,84 \pm 4,13	39,74 \pm 3,06

Na tabela 9 são apresentados em centímetros (km/h) os resultados individuais, bem como a média \pm desvio padrão dos resultados da amostra de sete elementos (N=7) no teste de sprint de 20m em cada um dos três momentos definidos, M1, M2 e M3. No primeiro momento (M1) correspondente ao primeiro treino da época os sujeitos realizaram o sprint em média a uma velocidade de 23,34 \pm 0,76 km/h, no segundo momento (M2) correspondente ao último treino da primeira semana realizaram o sprint com uma velocidade média de 23,35 \pm 0,99 km/h e no momento final (M3) realizaram o sprint com uma velocidade média de 22,88 \pm 0,66 km/h.

Tabela 9 - Resultados individuais e resultados médios \pm desvio padrão dos testes de Sprint realizados nos momentos M1, M2 e M3, expressos em km/h.

Sujeito	M1	M2	M3
1	24,66	25,26	24,00
2	23,30	24,00	23,38
3	23,53	22,93	23,00
4	22,15	22,78	22,43
5	23,15	22,29	21,95
6	23,00	22,86	22,71
7	23,61	23,30	22,71
M \pm Dp	23,34 \pm 0,76	23,35 \pm 0,99	22,88 \pm 0,66

Na tabela 10 são apresentados os resultados do teste de Wilcoxon em que não foram encontradas diferenças significativas na performance dos sete elementos da amostra (N=7) entre o momento inicial (M1) e o momento final (M3).

Tabela 10 - Resultados do teste de Wilcoxon às variáveis CMJ e Sprint nos momentos M1 e M3

	N	M1			M3			Z	p
		M±Dp	Min	Max	M±Dp	Min	Max		
CMJ	7	40,70±3,90	36,70	47,30	39,74±3,06	35,40	44,00	-0,762	ns
Sprint	7	23,34±0,76	22,15	24,66	22,88±0,66	21,95	24,00	-0,1859	ns

5.5. Parâmetros da VFC

Na tabela 11 são apresentados os resultados da aplicação do teste de Wilcoxon às variáveis da VFC nos momentos M1, correspondente ao primeiro registo RR efetuado, e M2, correspondente ao último registo RR efetuado. Em nenhuma das variáveis foi encontrada diferenças significativas entre M1 e M2.

Tabela 11 -Valores médios± desvio padrão iniciais (M1) e finais (M2) e resultados do teste de Wilcoxon aos parâmetros da VFC.

	M1	M2	Z	p
Mean RR (ms)	1107,89±155,13	1140,56±132,56	-0,674	ns
SDNN (ms)	177,84±128,01	116,85±38,64	-0,674	ns
RMSSD	103,16±26,62	108,23±37,72	-0,405	ns
LF (ms ²)	4407,98±4107,09	4204,55±1684,98	-0,135	ns
HF (ms ²)	2569,43±1174,51	3096,70±1560,31	-0,405	ns
LF/HF	1,80±1,74	1,56±0,95	-0,405	ns
Total (ms ²)	23816,74±18665,10	14661,92±8764,63	-0,674	ns
LF (n.u.)	55,32±19,08	57,52±11,81	-0,405	ns
HF (n.u.)	44,56±19,01	42,40±11,76	-0,405	ns
SD1	73,10±18,89	76,68±26,74	-0,405	ns
SD2	237,34±182,59	145,23±51,73	-0,674	ns

MeanRR - valor médio dos intervalos RR (ms); SDNN – desvio padrão dos intervalos RR (ms); RMSSD – raiz quadrada da média da soma do quadrado das diferenças entre intervalos RR adjacentes (ms); LF – potência de frequências baixas (ms²); HF – potência de frequências altas (ms²); LF/HF – rácio entre a potência das baixas frequências e a potência das altas frequências; Total – Potência total (ms²); LF (n.u.) – potência de frequências baixas em unidades normalizadas; HF (n.u.) – potência de frequências altas em unidades normalizadas; SD1 – desvio padrão das distâncias dos pontos à diagonal Y=X; SD2 – desvio padrão das distâncias dos pontos à reta Y= -X + MeanRR.

Na tabela 12 estão representados os resultados da correlação de Pearson entre os somatórios das cargas de treino calculados através dos dois métodos de quantificação analisados e a taxa de variação de cada um dos parâmetros da VFC.

Tabela 12 – Correlação de Pearson entre os valores dos somatórios da RPE e do TRIMP de todo o período de recolha de dados e a variação entre o momento inicial M1 e o momento final M2 dos valores das variáveis da VFC.

	N	RPE		TRIMP	
		r	p	r	p
Mean RR	5	0,606	ns	0,231	ns
SDNN	5	0,118	ns	0,193	ns
RMSSD	5	0,236	ns	0,401	ns
LF	5	-0,066	ns	0,698	ns
HF	5	0,148	ns	0,647	ns
LF/HF	5	-0,717	ns	0,686	ns
Total	5	0,121	ns	0,480	ns
LF (n.u.)	5	-0,728	ns	0,550	ns
HF (n.u.)	5	0,627	ns	-0,760	ns
SD1	5	0,236	ns	0,401	ns
SD2	5	0,121	ns	0,161	ns

MeanRR - valor médio dos intervalos RR (ms); SDNN – desvio padrão dos intervalos RR (ms); RMSSD – raiz quadrada da média da soma do quadrado das diferenças entre intervalos RR adjacentes (ms); LF – potência de frequências baixas (ms²); HF – potência de frequências altas (ms²); LF/HF – rácio entre a potência das baixas frequências e a potência das altas frequências; Total – Potência total (ms²); LF (n.u.) – potência de frequências baixas em unidades normalizadas; HF (n.u.) – potência de frequências altas em unidades normalizadas; SD1 – desvio padrão das distâncias dos pontos à diagonal Y=X; SD2 – desvio padrão das distâncias dos pontos à reta Y= -X + MeanRR.

CAPÍTULO V
DISCUSSÃO

6. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como principal objetivo identificar a resposta do SNA à variação da carga de treino através da análise dos parâmetros da VFC. O controlo da adaptação do indivíduo ao estímulo de treino é determinante para a eficiência do processo de treino e mesmo para a salvaguarda do bem-estar do desportista, sobretudo em períodos tão críticos como pode ser o da pré-época.

A amostra representada neste estudo foi composta por 5 jogadores cuja média de idades era de $22,12 \pm 2,84$ anos, tendo o mais novo 19,32 anos e o mais velho 24,41 anos. A massa corporal média dos elementos da amostra é de $73,18 \pm 6,09$ kg, e a estatura média é de $174,44 \pm 5,68$ cm. A média do somatório das 7 pregas subcutâneas é de $71,20 \pm 18,67$ mm e o valor médio do IMC é de $26,32 \pm 2,19$ kg/m².

Neste estudo a carga de treino foi quantificada utilizando o método do TRIMP_{MOD} de Stagno et al. (2007) cujos resultados estão representados na tabela 3, e o método da RPE através do preenchimento da escala CR10 de Borg et al. (1987) cujos resultados estão representados na tabela 4. Através da observação do perfil gráfico de ambas as variáveis, gráficos 1 e 2, é possível identificar algumas tendências semelhantes na variação da carga ao longo das duas semanas de treino. A análise correlativa é apresentada na tabela 7. Inicialmente foi possível obter 27 registos, o que permitiu quantificar o mesmo estímulo através de ambos os métodos, contudo devido à falta de consistência detetada no preenchimento da escala por parte de um dos indivíduos excluíram-se 6 casos respeitantes a esse mesmo indivíduo pelo que foram considerados apenas 21 casos (N=21). Da análise destes 21 casos obteve-se uma correlação positiva com o valor de $r=0,444$ e com significância de $p<0,05$. Estes resultados concordam com os reportados por vários autores, que sugerem, que apesar de as correlações encontradas não apresentarem rigor excelente, a RPE funciona como um bom indicador da carga de treino interna total em desportos coletivos como um substituto dos métodos de quantificação da carga baseados na frequência cardíaca (Borresen & Lambert, 2009; Impellizzeri et al, 2004; Stagno et al, 2007). Buchheit et al. (2013) utilizou a RPE como método de quantificação da carga de treino, e também os resultados que obteve sugeriram a utilidade deste método na monitorização das respostas ao treino durante a pré-época. Acreditamos que se tivesse existido um período maior de familiarização com a utilização da escala de CR10 o cálculo da RPE acabaria por se aproximar mais do valor real da carga, e como

tal correlacionar-se de forma mais forte com o TRIMP. Contudo tal não foi exequível dada a impossibilidade de reunir com o plantel antecipadamente.

A análise da variação da carga de treino utilizando os dois métodos não revelou valores significativamente diferentes ao longo do período do estudo, tal como pode ser consultado na tabela 5. Os valores da carga representados através da RPE não diferem significativamente entre as sessões de treino, embora ao analisarmos a variação da carga quantificada através do TRIMP podemos verificar que existem diferenças significativas. Estas diferenças dizem respeito apenas às amostras TRIMP5 e TRIMP2, ou seja ao segundo e ao terceiro treino. Analisando a tabela 3 podemos verificar que o treino do dia 5 apresenta um valor médio bastante inferior aos restantes, pelo podemos supor que esta diferença resultará de um treino anormalmente leve. Tendo em conta que este é o único caso em que houve diferenças significativas entre as cargas de treino, pode sugerir-se que a carga não variou significativamente ao longo das primeiras duas semanas da pré-época.

Os testes de performance visam identificar alterações na capacidade dos jogadores que possam ser relacionadas com os efeitos da carga ao longo do tempo e com alterações na VFC. Os resultados do teste de CMJ estão representados na tabela 8 e os resultados do teste de Sprint na tabela 9. Como se pode comprovar a partir da tabela 10 não se verificaram diferenças com significado quer no desempenho do CMJ quer do Sprint.

Embora os testes de performance tenham sido realizados em três momentos distintos optou-se por analisar as diferenças entre M1 e M3 uma vez que o objetivo seria relacionar essas possíveis diferenças com a resposta da VFC coincidente com os mesmos momentos. Uma vez que só dispomos de dados da VFC no momento inicial e no momento final, os dados de M2 dos testes de performance não cumprem esse requisito.

Com o objetivo de analisar a resposta do SNA à carga de treino do período analisado, cujos resultados, podem ser consultados na tabela 12. Em nenhum dos parâmetros da VFC foram encontradas diferenças entre o momento inicial e o momento final da recolha de dados.

Na comparação da variação das cargas de treino com a variação dos parâmetros da VFC através da análise da taxa de variação de cada um dos parâmetros para depois correlacionar com o somatório das cargas de treino calculado segundo cada um dos dois métodos em análise, os resultados que podem ser consultados na tabela 13, podemos verificar que, neste caso a taxa de variação de cada um dos parâmetros da VFC e a carga

de treino global quantificada através de qualquer um dos dois métodos em análise, quer seja o TRIMP quer seja a RPE, não apresentam nenhum tipo de correlação significativa.

CAPÍTULO VI
CONCLUSÃO

7. CONCLUSÃO

O nosso estudo sugere que o desenho do planeamento desportivo não implicou uma variabilidade e acentuação da magnitude da carga de treino nas duas semanas de pré-época. O facto de não terem sido encontradas diferenças significativas nos parâmetros da VFC ao longo das duas semanas de pré-época não é por si só conclusivo acerca da validade deste instrumento. A inexistência de alterações nestes parâmetros não permite refutar a validade deste instrumento uma vez que também não foram detetadas alterações significativas na carga de treino. O mesmo raciocínio pode aplicar-se aos resultados nos testes de CMJ e Sprint, pois uma vez que a carga de treino parece ter sido tão inócua seriam de estranhar alterações evidentes no rendimento.

BIBLIOGRAFIA

- ACHTEN, J., & JEUKENDRUP, A. E. (2003). Heart Rate Monitoring Applications and Limitations. *Sports Med*, 33(7): 517–538.
- AMERICAN, T. N. (1996). Guidelines Heart rate variability, 354–381.
- AUBERT, E., SEPS, B., & BECKERS, F. (2003). Heart Rate Variability in Athletes. *Sports Medicine*, 33(12): 889–919
- BANGSBO, J., MOHR, M., & KRUSTRUP, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7): 665–74.
- BANNISTER, E. W. (1991). Modelling athletic performance. In H. J. Green, J. D. McDougal, & H. Wenger (Eds.), *Physiological testing of elite athletes*, 403 - 424. Champaign, IL: Human Kinetics.
- BANNISTER, E.W., H.J. GREEN., MACDOUGALL, J.D., WENGER, H.A. (1991). Modeling elite athletic performance: physiological testing of the high-performance athlete. Campaign (IL): Human Kinetics Books: 403-25
- BORG, G., P. HASSMEN, & M. LAGERSTROM. (1987). Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur. J. Appl. Physiol Occup. Physiol.* 56: 679-685.
- BORRESEN, J., & LAMBERT, M. I. (2008). Autonomic Control of Heart Rate during and after Exercise Training Status. *Sports Med*, 38(8): 633–646.
- BORRESEN, J., & LAMBERT, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, 39(9): 779–95.
- BUCHHEIT, M. (2006). Utilisation de la variabilité de la fréquence cardiaque chez le sportif. *Cardio & Sport*, +7: 29–37.
- BUCHHEIT, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5: 1-19.
- BUCHHEIT, M., MENDEZ-VILLANUEVA, A., QUOD, M. J., POULOS, N., & BOURDON, P. (2010). Determinants of the variability of heart rate measures during a competitive period in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 109(5): 869–78.
- Buchheit, M., Racinais, S., Bilsborough, J. C., Bourdon, P. C., Voss, S. C., Hocking, J., ... Coutts, a J. (2013). Monitoring fitness, fatigue and running performance during a pre-season training camp in elite football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6): 550–5.

- BUCHHEIT, M., SIMPSON, M. B., AL HADDAD, H., BOURDON, P. C., & MENDEZ-VILLANUEVA, A. (2012). Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 112(2): 711–23.
- CARLING, C., REILLY, T., & WILLIAMS, A. M. (2009). *Performance Assessment for Field Sports*. Abingdon: Routledge.
- CASTELO, J., BARRETO, H., ALVES, F., SANTOS, P. M. H., CARVALHO, J., & VIEIRA, J. (1996). *Metodologia do treino desportivo*. Lisboa: Faculdade de Motricidade Humana.
- FOSTER, C., FLORHAUG, J. A., FRANKLIN, J., GOTTSCHALL, L., HROVATIN, L. A., PARKER, S., DODGE, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 15(1): 109–15.
- IMPELLIZZERI, F. M., RAMPININI, E., COUTTS, A. J., SASSI, A., MARCORÀ, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6): 1042–7.
- MCARDLE, W.D., KATCH, F.I., KATCH, V.L. (2001) *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*, 5th edition. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins.
- MOHR, M., KRUSTRUP, P., BANGSBO, J. (2005). Fatigue in soccer: a brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23(6): 593–9.
- Nunes, R. T. (2010). Controle da carga de treinamento em curto prazo, marcadores hematológicos, psicológicos, enzimáticos e imunológicos. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora
- PLEWS, A. D. J., LAURSEN, P. B., MEUR, Y. LE, HAUSSWIRTH, C., KILDING, A. E., & BUCHHEIT, M., (2013a). Monitoring Training With Heart Rate Variability : How Much Compliance is Needed for Valid Assessment? *International Journal of Sports Physiology and performance* (in press).
- PLEWS, D. J., LAURSEN, P. B., STANLEY, J., KILDING, A. E., & BUCHHEIT, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*, 43(9): 773–81.
- RAMA, L. (2009) Variação de parâmetros fisiológicos, bioquímicos, hormonais e imunitários em nadadores e remadores numa época desportiva. Tese de doutoramento. Universidade de Coimbra
- REILLY, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of sports sciences*, 15(3): 257-63.
- SEELEY, R., STEPHENS, T., TATE, P., (2004) *Anatomy and Physiology*, Sixth Edition. The McGraw-Hill Companies.

- SKIBA, P. F. (2006). Calculation of Power Output and Quantification of Training Stress in Distance Runners: the Development of the GOVSS Algorithm. Available from: <http://www.physfarm.com/govss.pdf> [Accessed: July 1, 2014]
- SANDERCOCK, G. R. H., BRODIE, D. A. (2006). The use of heart rate variability measures to assess autonomic control during exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16(5): 302–13.
- STAGNO, K. M., THATCHER, R., VAN SOMEREN, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *Journal of Sports Sciences*, 25(6): 629–34.
- STØLEN, T., CHAMARI, K., CASTAGNA, C., WISLØFF, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports Medicine*, 35(6): 501–536.
- WEINECK, J. (2005). *Entrenamineto Total*. Barcelona: Editorial Paidotribo