

Universidade de Évora - Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano

Mestrado em Exercício e Saúde

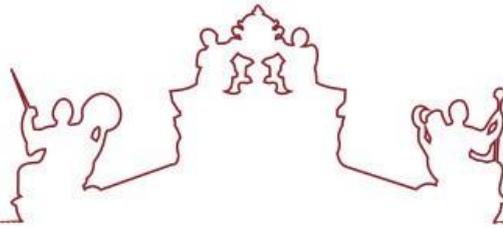
Dissertação

**Análise da variabilidade da frequência cardíaca durante um
jogo de Padel em categorias amadoras**

Pedro Manuel Véstia Borrego

Orientador(es) | José Alberto Parraça
Maria Dolores Apolo Arenas
Santos Villafaina Dominguez

Évora 2022



Universidade de Évora - Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano

Mestrado em Exercício e Saúde

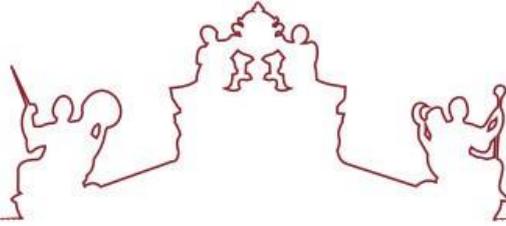
Dissertação

**Análise da variabilidade da frequência cardíaca durante um
jogo de Padel em categorias amadoras**

Pedro Manuel Véstia Borrego

Orientador(es) | José Alberto Parraça
Maria Dolores Apolo Arenas
Santos Villafaina Dominguez

Évora 2022



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano:

Presidente | Pablo Tomas-Carus (Universidade de Évora)

Vogais | José Alberto Parraça (Universidade de Évora) (Orientador)

Orlando de Jesus Fernandes (Universidade de Évora) (Arguente)

Évora 2022



“Tudo parece impossível até que seja feito!”

- Nelson Mandela -

Agradecimentos

Começo por agradecer a todos os intervenientes a sua colaboração, sem a qual não teria sido possível realizar a presente dissertação.

A todos os que me incentivaram, acompanharam e apoiaram nesta caminhada. Nem sempre foi fácil, mas com muita resiliência e perseverança, todos os obstáculos foram superados, principalmente quando todos sabemos as dificuldades que enfrentamos devido a pandemia que nos assola.

À Universidade de Évora, que através do seu corpo docente, me permitiu evoluir e colmatar as lacunas existentes, tornando-me desta forma mais competente e capacitado.

A todo o corpo docente pela sua competência, disponibilidade, compreensão, amabilidade e todo o conhecimento transmitido ao longo do curso.

Ao Professor Doutor José Alberto Parraça pelo seu incentivo, disponibilidade, apoio, dedicação e rigor científico aplicado na orientação deste trabalho.

À Professora Doutora Maria Dolores Apolo Arenas e ao Professor Doutor Santos Villafaina Dominguez pela sua disponibilidade em serem também meus orientadores e pela sua dedicação e entrega.

A todos os colegas de turma pela sua camaradagem, companheirismo e espírito de grupo que sempre existiu entre todos.

Para terminar, deixo um agradecimento especial a todos aqueles, que de forma direta ou indireta permitiram a realização da presente dissertação.

MUITO OBRIGADO!

Resumo

Análise da variabilidade da frequência cardíaca durante um jogo de Padel em categorias amadoras

A prática do Padel tem aumentado exponencialmente na última década, principalmente a prática amadora. Esta prática apresenta alguns riscos associados, tais como riscos cardiovasculares que podem ser prevenidos pela monitorização da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), uma técnica não invasiva que informa sobre a modulação autonómica. Não há, no entanto, estudos a nível mundial que caracterizem a VFC durante as partidas de Padel. Este estudo tem como objetivo monitorizar as respostas da VFC e caracterizá-las por meio de métricas lineares e técnicas convencionais ou tradicionais durante três intervalos: em repouso, durante o jogo e na recuperação. Participaram neste estudo transversal vinte e sete jogadores amadores. Os resultados mostraram que uma partida de Padel impactou significativamente a modulação autonómica em jogadores amadores. Relativamente ao RMSsd, SD1, SD2, SampEn LF e VLF, foram significativamente reduzidos durante o jogo, enquanto alfa-2, HF e LF/HF aumentaram durante o jogo. Além disso, foi detetada uma mudança abrupta na modulação autonómica entre as avaliações do jogo e da recuperação, o que alerta para a necessidade de se repensar as práticas dos protocolos de retorno à calma. Este estudo é relevante, uma vez que, os vários tempos analisados permitem investigar a evolução de diferentes medidas da VFC nos domínios do tempo, frequência e técnicas convencionais ou tradicionais, esclarecendo a interpretação das variáveis, principalmente as menos investigadas como as medidas não lineares.

Palavras-chave: Exercício; Frequência cardíaca; Modulação autonómica; Padel; Variabilidade.

Abstract

Analysis of heart rate variability during a Padel game in amateur categories

Padel practice has been increasing exponentially in the last decade, especially in the amateur practice. This practice has some associated risks, such as cardiovascular risks which can be prevented by the heart rate variability (HRV) monitoring, a non-invasive technique, which suggests about autonomic modulation. However, there is no study worldwide that characterizes the HRV during padel matches. This study aims to monitor HRV responses and characterizes them using linear and conventional or traditional techniques in three breaks: at baseline, during a game and in recovery. Twenty-seven amateur players participated in this cross-sectional study. Results showed that a padel match significantly impacted the autonomic modulation in amateur players. In this regard, RMSsd, SD1, SD2, SampEn LF and VLF, were significantly reduced during the game, whereas alpha-2, HF and LF/HF increased. Furthermore, an abrupt change in the autonomic modulation between the game and recovery assessments was found, which alerts to the need to rethink the practices of calm-down protocols. This study is relevant, as the multiple timepoints analyzed allow us to investigate the evolution of different HRV measures in the time, frequency and conventional or traditional techniques, clarifying the interpretation of the variables, especially the less investigated ones, such as the conventional or traditional techniques.

Keywords: Exercise; Heart rate; Autonomic modulation; Padel; Variability

Índice

Resumo	VI
<i>Abstract</i>	VII
Índice	1
Índice de tabelas	2
Índice de figuras	3
Lista de abreviaturas	4
Introdução	5
1. Enquadramento Teórico	6
1.1 Padel	6
1.1.1 Regras do Jogo	7
1.1.2 O campo	8
1.1.3 Diferenças entre o Padel e o ténis	9
1.2 Frequência cardíaca	10
1.3 Variabilidade da frequência cardíaca	12
2. Objetivos	14
2.1 Objetivos gerais	15
2.2 Objetivos específicos	15
3. Metodologia	15
3.1 Participantes	15
3.2 Local da intervenção	15
3.3 Critérios de inclusão e exclusão	15
3.4 Caracterização da Amostra	16
3.5 Procedimentos	16
3.6 Instrumentos e etapas de pré-processamento	17
3.7 Análise estatística	18
4. Resultados	19
5. Discussão	22
6. Conclusões	27
7. Referências bibliográficas	28

Índice tabelas

Tabela 1. Equações utilizadas habitualmente para estimar a frequência cardíaca máxima.....	11
Tabela 2. Características dos participantes	16
Tabela 3. Análise descritiva (média \pm desvio padrão) e inferencial da VFC durante uma partida de Padel amador	19

Índice figuras

Figura 1. Ilustração de um campo de Padel e suas dimensões	9
Figura 2. Evolução da variável no domínio do tempo, RMSsd, durante o protocolo	20
Figura 3. Evolução da variável no domínio da frequência (HF, LF, VLF e relação LF/HF), durante o protocolo	21
Figura 4. Evolução das técnicas convencionais ou tradicionais (Alfa-1, Alfa-2, SampEn, SD1 e SD2) durante o protocolo	22

Lista de abreviaturas

BPM – Batimentos por minuto

DFA – Análise de flutuação *detrended*

FC – Frequência cardíaca

FCmáx. – Frequência cardíaca máxima

FIP – Federação Internacional de Padel

FPP – Federação Portuguesa de Padel

HF – Alta frequência (*high frequency*)

HRmáx. – Frequência cardíaca máxima (*Maximum heart rate*)

HRV - *Heart rate variability* (variabilidade da frequência cardíaca)

IMC – Índice massa corporal

LF – Baixa frequência (*low frequency*)

RMSsd – Raiz quadrada da soma das diferenças sucessivas entre intervalos
RR normais adjacentes ao quadrado

SD1 – Desvio padrão perpendicular

SD2 – Desvio padrão horizontal

SAMPen – Entropia amostral (*sample entropy*)

SNA – Sistema nervoso autónomo

SNS – Sistema nervoso simpático

SNP – Sistema nervoso parassimpático

VFC – Variabilidade da frequência cardíaca

VLF – Muito baixa frequência (*very low frequency*)

Introdução

O Padel é uma modalidade desportiva de raquetes, muito semelhante ao ténis, que apresenta um enorme crescimento em todo o mundo, tem a sua origem no México, em 1969, segundo a Federação Internacional de Padel (FIP). Porém, em Portugal, a modalidade só ganhou alguma expressão a partir de 2001 (Garcia Martinez, I., 2014). À semelhança de outras modalidades desportivas, o Padel distingue-se por uma elevada exigência física, principalmente a nível cardiovascular, provocando alterações substanciais na frequência cardíaca (FC) dos seus praticantes (García, Francisco Pérez, Mariño & Marín, 2017).

Como forma de manter a homeostasia e decorrente dos ajustes proporcionados pelo sistema nervoso autónomo, o coração varia o seu funcionamento batimento a batimento (Paschoal, M. A. et al., 2006). Estas alterações na FC são designadas de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e mostram as interações entre o coração, o cérebro e a dinâmica de dois ramos do sistema nervoso autónomo, o sistema nervoso simpático e o parassimpático (Schwerdtfeger, A. R., et al., 2020).

A utilização diversificada da VFC tem-se afirmado como um preditor das funções internas do organismo, tanto em condições normais como patológicas. Desta forma, o estudo da VFC deixou de ser exclusivo do ponto de vista clínico, e tornou-se indispensável também na área da atividade física (Vanderlei, L. C. M. et al., 2009), visto que, através da análise da VFC, podemos extrair diversos biomarcadores (Brown, L., et al., 2018; Zhang, Y., et al., 2020),

Este estudo pretende monitorizar as respostas da VFC e a sua caracterização por meio de métricas lineares e técnicas convencionais ou tradicionais em três intervalos: em repouso, durante o jogo e durante a recuperação, permitindo estabelecer as diferenças na modulação autonómica durante estes diferentes intervalos de tempo. Desta forma, vai fornecer uma evolução nos parâmetros da VFC durante a prática de atividade física, auxiliando pesquisadores e treinadores na interpretação dos seus dados, constituindo-se como um importante instrumento de avaliação e predição do funcionamento do organismo em repouso, durante e após a atividade física.

1. Enquadramento teórico

1.1. Padel

O Padel, também conhecido como *Paddle*, é uma modalidade desportiva de raquetes, muito semelhante ao ténis, que se disputa em pares ou duplas. O sistema de pontuação utilizado é o mesmo que o do ténis. É disputado dentro de um campo retangular, também designado por quadra, fechado, de vidro sintético e metal cujas dimensões são de 10X20 m, em que também é permitido aos praticantes o uso das paredes laterais e traseiras (Federação Internacional de Padel, 2008). A superfície do campo pode ser de vários tipos, desde relva sintética, alcatifa ou betão poroso, no entanto, as duas primeiras são as mais comuns (Federação Portuguesa de Padel, 2020).

Quanto à sua origem, segundo Sánchez-Alcaraz Martínez, B. (2013), existem duas versões, a primeira versão relaciona os desportos de raquete, como o ténis ou o badminton, como antecedentes do Padel, estando a sua origem relacionada com o *jeu de la paume* francês. No entanto, surgiram posteriormente nos Estados Unidos, variantes como o *Paddle Tennis* e o *Platform Tennis*, que eram versões reduzidas do ténis, porém, com elementos muito comuns ao Padel atual. A segunda versão, segundo o autor e que é a que é aprovada pela Federação Internacional de Paddle, afirma que o Padel tem a sua origem no México, mais propriamente na cidade de Acapulco, em 1969, através do empresário Enrique Corcuera.

Em Portugal, o primeiro campo de Padel surge na cidade de Lisboa, nos finais dos anos 90, contudo, só a partir de 2001 é que o Padel ganhou alguma expressão no nosso país (Garcia Martinez, I., 2014).

A prática do Padel tem apresentado um crescimento impressionante por todo o mundo, o qual tem vindo a aumentar de forma constante e muito acima das expectativas desde 2010 (Courel Ibanez, J., 2017). A sua prática, tal como acontece noutras modalidades desportivas distingue-se por ser muito exigente a nível físico, especialmente a nível cardiovascular, o que origina variações substanciais na frequência cardíaca dos seus praticantes, levando assim, a alterações na sua função cardiorrespiratória durante o jogo (García, Francisco Pérez, Mariño & Marín, 2017).

É um desporto intermitente de média/alta intensidade (Castillo-Rodríguez, A., 2014) e longa duração, que apresenta múltiplos benefícios físicos, psicológicos, pessoais e sociais (Parrón Sevilla, E., 2015). Contudo, a duração total do jogo é predominantemente aeróbia, em que os atletas intercalam constantemente períodos de esforço de intensidade variável e períodos de descanso (Diego Muñoz, et al., 2018).

Num jogo de Padel, são utilizadas as vias metabólicas aeróbias e anaeróbias tal como acontece noutros desportos intermitentes (Huber, ACdSM, 2014; Parraça, J., 2020), que segundo Oja, P. (2017), pode levar a uma redução do risco de morte relacionado com doenças cardiovasculares em 59%. No entanto, o Padel apresenta outros riscos associados, desde complicações cardiovasculares específicas (Sánchez, FSL & Cortes, RP, 2020) ou um risco de lesão estimado em 2,75 por 1000 horas de jogo (García–Fernández, P., 2019), que ocorre com maior frequência em jogadores amadores (Sánchez, FSL & Cortes, RP, 2020).

Para além dos riscos referidos anteriormente, a modalidade também apresenta benefícios, já que, através da sua prática continuada, os praticantes por um lado melhoram a sua condição física, e por outro, ainda desenvolvem capacidades físicas como a coordenação motora, a agilidade, a precisão e a potência muscular (Huber, 2014).

1.1.1. Regras do jogo

Segundo a Federação Portuguesa de Padel (FPP), que é a instituição que tutela e a quem cabe regulamentar a modalidade em Portugal, descrevem-se de uma forma geral as regras do jogo:

- a) O jogo é praticado em duplas 2X2;
- b) O serviço é efetuado por baixo e não pode ser realizado acima da cintura.
- c) Na execução do serviço o jogador deve deixar a bola bater primeiro no solo atrás da linha de fundo ou de serviço, que deve ser efetuado na diagonal, passar a rede e acertar dentro da zona de receção do campo do adversário.

- d) Se a bola bater no campo contrário e tocar na rede metálica que limita o campo antes do segundo ressalto, após o serviço e passada a rede, é considerada falta.
- e) A pontuação é igual à do ténis, ou seja, para se ganhar um jogo é preciso ganhar quatro pontos seguidos, isto é, 15-0, 30-0, 40-0 e jogo.
- f) O jogador que responde não pode responder diretamente em vólei.
- g) É permitido aos jogadores sair do campo e jogar a bola desde que esta não toque duas vezes no chão.

1.1.2. O Campo

Segundo o regulamento do jogo de Padel, emitido em fevereiro de 2017, a FPP define para os recintos desportivos onde se pratica a modalidade o seguinte:

- a) A área de jogo (medidas interiores do campo) é um retângulo de 10 metros de largura por 20 metros comprimento com uma tolerância de 0,5%.
- b) Este retângulo é dividido ao meio por uma rede. Em ambos os lados, paralelas a ela e a uma distância de 6,95m estão as linhas de serviço. Esta área, entre a rede e as linhas de serviço, é dividida ao meio por uma linha perpendicular a estas, chamada linha central de serviço, a qual divide esta área em duas áreas iguais. A linha central de serviço deve prolongar-se 20cm para além da linha de serviço. As duas metades do campo devem ser absolutamente simétricas no que se refere a superfícies e traçados de linhas. Todas as linhas devem ter uma largura 5 cm. A cor das linhas deve ser preferencialmente branca ou preta, em contraste evidente com a cor do chão.
- c) A altura livre de jogo mínima será de 6 metros em toda a superfície do campo, sem que exista nenhum elemento que invada o dito espaço, nomeadamente os focos de iluminação. Para as novas construções de campos, sugere-se que a altura mínima livre de jogo seja de 8 metros, sem que exista nenhum elemento que invada o dito espaço, nomeadamente os focos de iluminação.

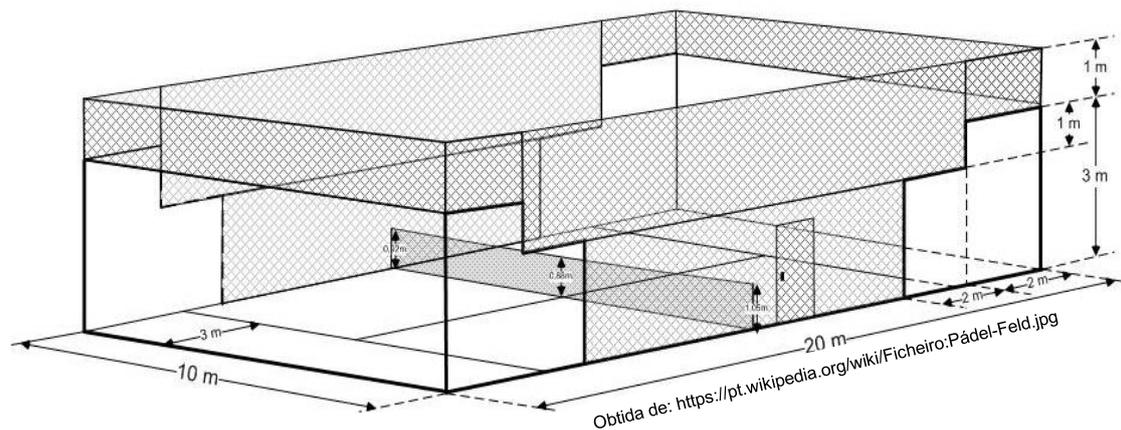


Figura 1. Ilustração de um campo de Padel e suas dimensões.

1.1.3. Diferenças entre o Padel e o Tênis

Aspetos como o serviço, as dimensões, a estrutura do campo e as bolas são alguns dos pontos que distinguem o Padel do ténis. O Padel é um desporto que pode ser definido como um misto de ténis e *squash*, que utiliza principalmente as regras e o mesmo sistema de pontuação do ténis com algumas adaptações. Uma delas é o serviço ser efetuado por baixo (Carrasco, L., et al., 2011).

Contrariamente ao ténis, o Padel é uma modalidade que se pratica aos pares, dentro de um campo fechado por vidros sintéticos, permitindo aos seus praticantes o aproveitamento das paredes laterais e traseiras, como acontece no *squash*. O campo de Padel apresenta um formato retangular com as dimensões de 10x20 metros, com uma rede semelhante à do ténis no centro que divide a área de jogo. Relativamente às paredes, podemos identificar dois tipos de paredes, as paredes laterais, que apresentam uma altura de 3 metros e as paredes traseiras que possuem uma altura de 4 metros (FPP, 2017).

As raquetes que os jogadores de Padel utilizam também apresentam diferenças visíveis no seu tamanho e composição quando comparadas com as raquetes de ténis e *squash* (Carrasco, L., et al., 2011).

Outra das diferenças relativamente ao ténis é a bola. No Padel esta tem menos pressão que uma bola de ténis, resultando num ressalto menos agressivo, dando mais fluidez ao jogo, permitindo assim longas trocas de pontos.

1.2. Frequência cardíaca

A frequência cardíaca é o número de vezes que o coração bate ou se contrai, expressa normalmente em batimentos por minuto (bpm) (ACSM, 2011). É uma das formas mais simples para perceber a resposta cardiovascular ao exercício, possibilitando igualmente a análise da sua relação com outros parâmetros de destaque (Teixeira, D. et al., 2017).

A FC é modulada por uma ação conjunta, embora independente do sistema nervoso simpático (SNS) e parassimpático (SNP) do sistema nervoso autónomo (SNA) (Jose, 1996, citado por Condessa, L. A. et al., 2014), que ao inibir parcial ou completamente a atividade vagal cardíaca, leva a uma aceleração da FC. No entanto, em caso de necessidade, alguns segundos depois irá ocorrer uma participação adrenérgica (Nóbrega, Castro e Araújo, 1990, citado por Condessa, L. A. et al., 2014).

Apesar de não existirem padrões conhecidos ou estimados para a FC em repouso, esta variável é considerada um indicador da aptidão cardiorrespiratória, pois tende a diminuir à medida que nos tornamos fisicamente mais aptos (ACSM, 2011). Os seus valores variam entre os 60 e os 100 bpm num adulto, contudo em atletas de *endurance*, podemos observar valores em repouso próximo dos 40 bpm, como resultado da adaptação do seu organismo ao esforço (Teixeira, D. et al, 2017). Geralmente, valores inferiores de FC estão associados a uma boa condição funcional, contudo, valores elevados podem estar associados a distúrbios funcionais e risco cardiovascular (Palatini, P., 1999).

Existem muitas formas para determinar ou medir a FC, desde a palpação manual em vários locais anatómicos, sendo os mais usuais o radial, o braquial e o carotídeo. Por norma, deve-se contar os batimentos durante 15 segundos, e em seguida, multiplicar por quatro, ou contar durante 30 segundos e seguidamente multiplicar por dois, mais precisa e menos propensa a erros que a primeira opção, para determinar a FC por um minuto. Outra das opções é o uso de um

monitor/relógio para a FC, atualmente muito populares, com uma grande variedade, maior disponibilidade e muito acessíveis ou através de um eletrocardiograma (ACSM, 2011).

Para além das variações da intensidade do exercício, existe uma multiplicidade de fatores que podem alterar a FC, sem que a intensidade seja a sua causa direta (Canário-Lemos et al., 2020), desde o repouso, o tipo de exercício físico, a posição de decúbito, o estado de vigília, o sono (Taylor et al. 1979), a temperatura ambiente, o estado de hidratação (Canário-Lemos et al., 2020). Porém, a FC é uma variável prática, que pode ser aplicada para estimar a intensidade de esforço, e ser utilizada para controlar as cargas de treino (Treiber e colaboradores, 1989, citado por Condessa, L. A. et al., 2014).

Na tabela 1, podemos visualizar as equações que habitualmente são mais utilizadas para estimar a frequência cardíaca máxima (FCmáx.), no entanto, salienta-se que, para se obter uma maior precisão na determinação da intensidade do exercício, é aconselhável o uso da FCmáx. medida diretamente (ACSM, 2011).

Tabela 1. Equações utilizadas habitualmente para estimar a frequência cardíaca máxima

Autor	Equação	População
Fox, S.M., et al., 1971	$FC_{máx} = 220 - idade$	Pequeno grupo de homens e mulheres
Astrand, P.O., 1952	$FC_{máx} = 216,6 - (0,84 \times idade)$	Homens e mulheres com idade entre 4 e 34 anos
Tanaka, H. et al., 2001	$FC_{máx} = 208 - (0,7 \times idade)$	Homens e mulheres saudáveis
Gellish, R.L., et al., 2007	$FC_{máx} = 207 - (0,7 \times idade)$	Homens e mulheres que participaram num programa de condição física para adultos com ampla variação de idade e níveis de aptidão
Gulati, M. et al., 2010	$FC_{máx} = 206 - (0,88 \times idade)$	Mulheres de meia-idade assintomáticas que foram indicadas para teste de esforço
MILLER et al., 1993	$FC_{máx} = 200 - (0,5 \times idade)$	Para indivíduos obesos
Londeree e Moeschberger, 1982	$FC_{máx} = 206,3 - (0,711 \times idade)$	Desportistas

FCmáx = Frequência cardíaca máxima.

(ACSM, 2014)

1.3. Variabilidade da Frequência cardíaca

O coração não é um dispositivo que produz um batimento regular, varia o seu funcionamento batimento a batimento, como resultado das adaptações proporcionadas pelo sistema nervoso autónomo de forma a manter a homeostasia (Paschoal, M. A. et al., 2006).

Estas alterações na FC designam-se como variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e permitem observar a capacidade que o coração apresenta na resposta aos inúmeros estímulos fisiológicos a que está sujeito, como a respiração, o exercício físico, o *stress* mental, as alterações hemodinâmicas e metabólicas (Aubert et al., 2003; Santos et al., 2003; Rajendra Acharya et al., 2006).

Segundo Moss, D. & Shaffer, F. (s.d.), a VFC pode ser definida como as mudanças no intervalo ou distância entre um batimento do coração e o próximo. O intervalo entre batimentos é o tempo entre uma onda R (ou batimento cardíaco) e o próximo, em milissegundos. Salienta-se ainda que este intervalo, é altamente variável dentro de determinado período de tempo (Moss, D. & Shaffer, F. (s.d.)).

A VFC mostra as interações entre o coração, o cérebro e a dinâmica de dois ramos do sistema nervoso autónomo, o sistema nervoso simpático (SNS) e o parassimpático (SNP) (Schwerdtfeger, A. R., et al., 2020). Através da análise da VFC, podemos retirar diversos biomarcadores, que de uma forma robusta nos indicam os níveis de saúde, bem-estar e resiliência ao stress (Brown, L., et al., 2018; Zhang, Y., et al., 2020).

Uma baixa VFC exprime uma menor capacidade adaptativa ao meio ambiente. Portanto, é possível detetar e prevenir desequilíbrios no SNP, mortalidade e outras doenças (Thayer, J. F., et al., 2010; Friedman, B. H. & Thayer, J. F., 1998). No desporto, a VFC tem sido estudada em atletas e não atletas durante a carga de trabalho de treino físico, intervenções ou mesmo durante o sono (Paschoal, M. A., et al., 2006), no âmbito da prevenção de lesões e contribuindo para uma otimização das cargas de treino e desempenho (Cuzzolin, F., et al., 2021). A sua fácil aplicabilidade, apresenta a vantagem de ser um método não invasivo e de

observação da função autonómica, o que permite a observação das flutuações que ocorrem durante curtos períodos ou em longos períodos de tempo (Roberts, W., 2009).

A análise da VFC é calculada através da extração do tempo dos intervalos R para R (Catai, A. M., et al., 2020) e pode ser realizada através de duas abordagens: modelos lineares e métodos de análise dinâmica não linear (Leyro, T. M., et al., 2019). A análise linear inclui a análise no domínio do tempo e a análise no domínio da frequência. As análises no domínio do tempo são todas correlacionadas, porque têm a sua origem diretamente dos intervalos RR. Por exemplo, RMSsd (Francesco, B., et al., 2012) indica que a modulação do SNP (Zhang, Y., et al., 2020) com valores altos mostra uma grande variabilidade e, portanto, um menor risco de morte súbita (Shaffer F. & Ginsberg J. P., 2017).

O domínio da frequência, como o nome indica, são as análises espectrais (Francesco, B., et al., 2012), e têm em consideração três frequências (Zhang, Y., et al., 2020) da VFC:

- a) As altas frequências (*High Frequency* - HF), localizadas entre 0,15 e 0,4 Hz, refletem a atividade vagal parassimpática correspondente às variações cardíacas relacionadas com o ciclo respiratório (Shaffer, F. et al., 2014), diminuindo em situações de *stress*, pânico e ansiedade (Shaffer, F. & Ginsberg, J. P., 2017).
- b) As baixas frequências (*Low Frequency* - LF), localizadas entre 0,04 e 0,15 Hz, refletem as funções do SNP e do SNS, as alterações na pressão arterial e as funções respiratórias eferentes (Shaffer, F. & Ginsberg, J. P., 2017).
- c) As frequências muito baixas (*Very Low Frequency* - VLF), localizadas entre 0,0033 e 0,04 Hz, estão associadas à termorregulação, níveis hormonais (testosterona) e influências endoteliais cardíacas (Shaffer, F. & Ginsberg, J. P., 2017; Shaffer, F. et al., 2014).

A relação entre as frequências baixas e altas (relação LF/HF) ainda é pouco compreendida, mas transmite o domínio do SNP sobre o SNS (Shaffer, F. & Ginsberg, J. P., 2017; Shaffer, F. et al., 2014).

A análise não linear tem a sua origem através da observação de séries temporais de batimentos cardíacos normais, que apesar de serem aleatórias, seguem padrões fractais. Essas séries temporais apresentam semelhanças com escalas de tempo que obedecem a flutuações de $1/f$, como o ruído rosa (Mäkikallio, T. H. et al, 2002), padrão que tem servido de modelo para diversos sistemas biológicos e estados psicológicos (Stadnitski, T., 2012).

Através de uma Análise de Flutuação *Detrended* (DFA), podemos calcular dois índices: um indicador de auto-similaridade de curto prazo, entre 4 e 16 batimentos cardíacos (Alfa-1) e outro indicador de longo prazo, entre 16 e 64 batimentos cardíacos (Alfa-2) (de Godoy, M. F., 2016). Outros dois indicadores retirados da análise não linear são o desvio padrão da distribuição do gráfico de Poincaré, o desvio padrão perpendicular (SD1) que caracteriza a modulação do SNS e o desvio padrão horizontal (SD2) que caracteriza a modulação do SNS e do SNP na monitorização a longo prazo (Catai, A. M., et al., 2020).

Outro indicador amplamente utilizado é a entropia amostral (*Sample Entropy*) (SampEn), um logaritmo negativo da probabilidade condicional de duas sequências idênticas (Richman, J. S., 2000). Assim, valores baixos caracterizam séries temporais regulares, por outro lado, valores mais altos apresentam sistemas mais complexos e estão associados a comportamentos saudáveis (de Godoy, M. F., 2016).

Deste modo, o estudo da VFC deixou de ser exclusivo do ponto de vista clínico, e tornou-se indispensável também na área da atividade física. A sua utilização diversificada tem-se afirmado, como um preditor das funções internas do organismo, tanto em condições normais como patológicas (Vanderlei, L. C. M. et al., 2009).

2. Objetivos

De acordo com a revisão de literatura efetuada previamente e considerando o desconhecimento até à data da existência de trabalhos de investigação que tenham incidido o seu estudo sobre a VFC no Padel, os objetivos desta dissertação estão divididos em gerais e específicos.

2.1. Objetivos gerais

Este estudo apresenta como objetivos gerais a monitorização das respostas da VFC e a sua caracterização através de métricas lineares e técnicas convencionais ou tradicionais em três intervalos: em repouso, durante o jogo e durante a recuperação.

2.2. Objetivos específicos

Este estudo apresenta como objetivos específicos:

- a) Estabelecer as diferenças na modulação autonómica através dos parâmetros da VFC no domínio do tempo, durante os diferentes intervalos de tempo (repouso, jogo (30,60,90 minutos) e recuperação);
- b) Estabelecer as diferenças na modulação autonómica através dos parâmetros da VFC no domínio da frequência, durante os diferentes intervalos de tempo (repouso, jogo (30,60,90 minutos) e recuperação);
- c) Estabelecer as diferenças na modulação autonómica através dos parâmetros não lineares da VFC durante os diferentes intervalos de tempo (repouso, jogo (30,60,90 minutos) e recuperação);

3. Metodologia

3.1. Participantes

Participaram neste estudo transversal, um total de 27 jogadores amadores de Padel (idade = $37,26 \pm 9,42$).

3.2. Local da intervenção

A intervenção foi realizada nas instalações de Padel *Indoor* do IP7 (Évora, Portugal) de abril de 2019 a junho de 2019.

3.3. Critérios de inclusão e exclusão

Como critérios de inclusão os participantes tinham de cumprir os seguintes requisitos:

- a) Praticar Padel entre 3 e 5 horas / semana.
- b) Ter idade entre 18 e 65 anos.
- c) Ter lido, aceite e assinado o termo de consentimento livre e esclarecido.

Para além disso, os participantes eram excluídos, se:

- a) Apresentassem uma condição para a qual o Padel estava contra-indicado, tais como, retinopatia, lesões musculoesqueléticas ou problemas graves de equilíbrio.
- b) Tivessem ingerido alguma substância ou medicamento que tenha afetado o sistema nervoso autónomo 48h antes de iniciar o protocolo.

Todos os procedimentos foram aprovados pelo comité de ética em pesquisa da Universidade (número de aprovação: 89/2018) e seguiram todas as diretrizes éticas de acordo com o Padrão Europeu de Boas Práticas Clínicas (Diretrizes ICH-GCP) e a Declaração de Helsinque.

3.4. Caracterização da Amostra

A Tabela 2, permite observar as principais características antropométricas dos participantes.

Tabela 2. Características antropométricas dos participantes

Variáveis	Média (SD)
Idade	37.26 (9.42)
Altura (cm)	175.26 (5.05)
Peso (kg)	80.93 (12.67)
IMC (kg/m ²)	26.26 (3.21)
% de massa gorda	21.41 (5.94)

IMC: Índice de massa corporal

3.5. Procedimentos

Os participantes foram distribuídos aleatoriamente por um técnico em grupos de quatro, tal como a constituição das equipas foi feita de forma aleatória (dois jogadores por equipa). Este pesquisador/investigador não participou na avaliação nem na recolha de dados. Salienta-se que, tanto a avaliação como a análise dos dados, foram realizadas por um investigador diferente daquele que fez a distribuição das equipas, portanto cego na atribuição dos grupos.

Primeiro, os participantes realizaram uma avaliação em repouso de cinco minutos, onde foi medida a variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Posteriormente, os participantes realizaram dez minutos de aquecimento no campo de Padel. Seguidamente, os participantes realizaram uma partida de Padel de 90 minutos enquanto foi avaliada a VFC. Imediatamente após a partida, os participantes completaram cinco minutos de registo da VFC em repouso nas mesmas condições da avaliação inicial.

Para estudar profundamente a modulação autonómica nos 90 minutos de jogo, foram extraídos três intervalos de cinco minutos durante os 90 minutos de jogo: um nos primeiros 30 minutos, outro entre os 30 e 60 minutos e finalmente entre os 60 e os 90 minutos de jogo. Desta forma, foi possível estudar a VFC em três momentos diferentes da partida.

3.6. Instrumentos e etapas de pré-processamento

A VFC foi registada com um monitor RS800CX (Polar Inc, Kempele, Finlândia). Este dispositivo sem fios foi colocado na zona do peito dos participantes, o que permitiu um registo confortável e confiável (Bustamante-Sánchez, Á. & Clemente-Suárez, V. J., 2020). As gravações foram efetuadas de acordo com as recomendações da *Task Force* da Sociedade Europeia de Cardiologia e da Sociedade Norte-Americana de Estimulação e Eletrofisiologia (Camm, A. J., et al., 1996).

Assim, as gravações de curto prazo (5 minutos) foram utilizadas para o repouso, as partidas e as aquisições pós-jogo. Seguidamente, os períodos foram agrupados no primeiro, segundo e terceiro grupos para obtenção do valor médio.

O *software Kubios HRV* (v. 3.3) (da Costa de Rezende Barbosa, M. P., et al., 2016; Tarvainen, M. P., et al., 2014) foi usado para pré-processar e obter os dados da VFC. Contudo, foi aplicado um filtro intermediário para corrigir possíveis irregularidades identificando aqueles intervalos RR, que são menores/maiores que 0,25 segundos, relativamente à média dos batimentos anteriores. A correção substitui as irregularidades identificadas pela interpolação de *spline* cúbica. Todos os índices de VFC foram extraídos usando o *software* MATLAB (MathWorks, Portola Valley, Califórnia, EUA).

3.7. Análise estatística

Para o estudo da VFC, foram utilizadas técnicas convencionais lineares, para analisar o domínio do tempo e o domínio da frequência, e para analisar as técnicas convencionais não lineares, foram utilizadas técnicas específicas.

Através da análise foi possível extrair as seguintes métricas:

- 1) Análise no domínio do tempo:
 - a) RMSsd.
- 2) Análise de domínio da frequência:
 - b) Análise espectral de HF, LF, VLF e razão LF/HF.
- 3) Análises não lineares:
 - c) Métricas não lineares: Alpha-1, Alpha-2, SD1, SD2 e SampEn.

Foi realizada uma análise descritiva por meio de médias e desvios-padrão. A normalidade e homogeneidade de variância foram testadas através dos testes de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov e a amostra obedeceu aos pressupostos de normalidade necessários para o uso da estatística paramétrica.

Foi realizada uma análise de variância para medidas repetidas (ANOVA), para avaliar as diferenças entre as variáveis para cada intervalo e foi calculado o tamanho do efeito η^2 parcial (η^2_p), em função do que propõe Cohen: pequeno ($TE \leq 0,6$), médio ($0,6 < TE \leq 1,2$) e grande ($TE > 1,2$) (Cohen, J., 1988). Foi também utilizado o teste *t* para amostras emparelhadas para realizar análises *posthoc*, e o valor *P* foi corrigido usando a correção de Bonferroni para comparações múltiplas para evitar o erro Tipo I. O nível de significância foi estabelecido em 0,05.

O software utilizado foi o *Statistical Package for Social Sciences V24.0 (IBM SPSS Statistics for Windows, Armonk, Nova York: IBM Corp.)*.

4. Resultados

Na Tabela 3, pode-se observar a análise descritiva para todas as variáveis dependentes na VFC e os efeitos realizados nos diferentes intervalos (repouso, jogo 30 min, jogo 60 min, jogo 90 min e recuperação). Relativamente à VFC, a ANOVA de medidas repetidas mostra diferenças significativas para todas as variáveis estudadas ($p < 0,001$) para todas as comparações.

Tabela 3. Análise descritiva (média \pm desvio padrão) e inferencial da VFC durante uma partida de Padel amador.

Análise descritiva (média \pm desvio padrão) e inferencial da VFC durante uma partida de Padel amador.

	Momentos do jogo de Padel					F	p-value	η^2p
	Repouso	30min	60min	90min	Recuperação			
RMSsd	39,87 \pm 19,64	6,76 \pm 7,69	5,96 \pm 4,98	6,84 \pm 9,31	15,06 \pm 10,15	60,58	<,001	0,700
Alpha-1	1,25 \pm 0,26	1,30 \pm 0,30	1,21 \pm 0,30	1,25 \pm 0,30	1,51 \pm 0,25	8,39	<,001	0,244
Alpha-2	0,34 \pm 0,11	1,00 \pm 0,21	1,05 \pm 0,22	1,05 \pm 0,24	0,51 \pm 0,17	8,39	<,001	0,244
SD1	28,24 \pm 13,91	4,78 \pm 5,44	4,22 \pm 3,53	4,84 \pm 6,59	10,67 \pm 7,19	60,57	<,001	0,700
SD2	56,06 \pm 14,78	12,15 \pm 5,74	10,68 \pm 4,90	11,26 \pm 6,75	31,70 \pm 14,58	145,29	<,001	0,848
Sample Entropy	1,68 \pm 0,26	1,36 \pm 0,25	1,42 \pm 0,27	1,40 \pm 0,31	1,06 \pm 0,39	17,13	<,001	0,397
Low Frequency	67 \pm 16	65 \pm 10	59 \pm 15	58 \pm 14	76 \pm 13	9,061	<,001	0,266
Very Low Freq	29 \pm 16	11 \pm 6	13 \pm 6	13 \pm 6	14 \pm 10	20,162	<,001	0,446
High Frequency	5 \pm 2	23 \pm 12	28 \pm 13	29 \pm 15	9 \pm 7	28,615	<,001	0,534
Ratio LF / HF	4 \pm 3	7 \pm 3	6 \pm 3	6 \pm 3	9 \pm 6	6,577	<,001	0,208

Nas Figuras 2, 3 e 4, de forma complementar, podemos observar as diferenças aos pares entre os diferentes intervalos (repouso, 30 min, 60 min, 90 min e recuperação).

Relativamente à variável do domínio do tempo, RMSsd, foi possível observar uma queda significativa entre o repouso e os outros intervalos. No entanto, o valor de RMSsd de recuperação foi maior do que os três intervalos de tempo (30, 60 e 90 minutos) (ver Figura 2).

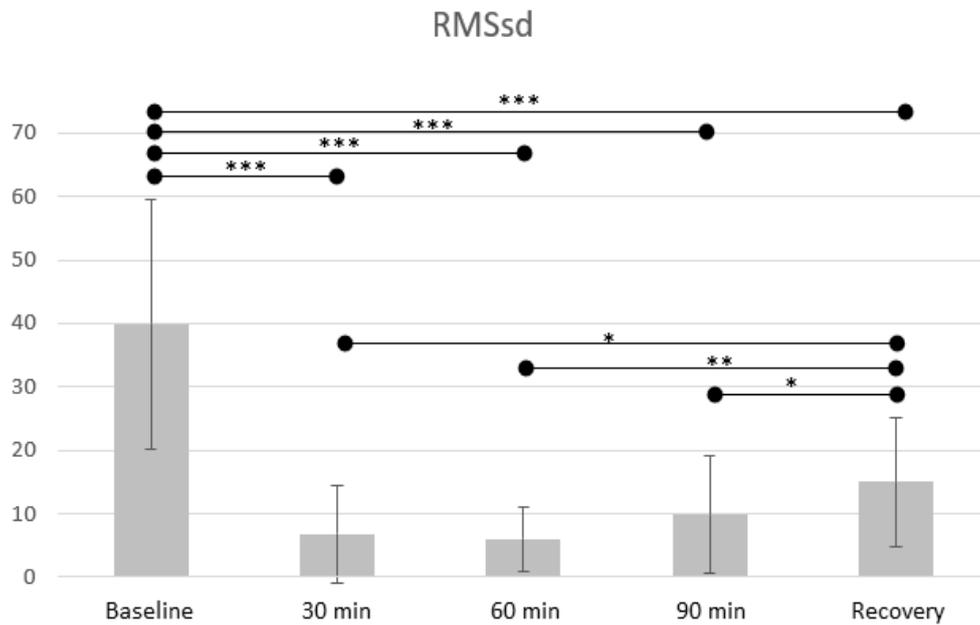


Figura 2. Evolução da variável no domínio do tempo, RMSsd, durante o protocolo: repouso, após 30 min de jogo, após 60 min de jogo, após 90 min de jogo e durante a recuperação. $p < 0,05$ *, $p < 0,01$ **, $p < 0,001$ ***

No que se refere ao domínio da frequência, a evolução ao longo do protocolo pode ser observada na Figura 3. Nesse sentido, podemos observar na HF uma diminuição significativa entre o repouso e os restantes intervalos. Na LF, os valores aumentaram de forma significativa durante a recuperação comparativamente com os intervalos de tempo (30, 60 e 90 minutos).

A VLF apresentou uma diminuição significativa quando comparamos o repouso com os outros intervalos de tempo e um aumento significativo quando comparamos esses intervalos com a recuperação.

Na relação LF/HF, observa-se um aumento significativo entre o repouso e o primeiro intervalo (após 30 minutos) e um aumento significativo na recuperação relativamente ao repouso, também visível nas avaliações após 60 e 90 minutos de jogo.

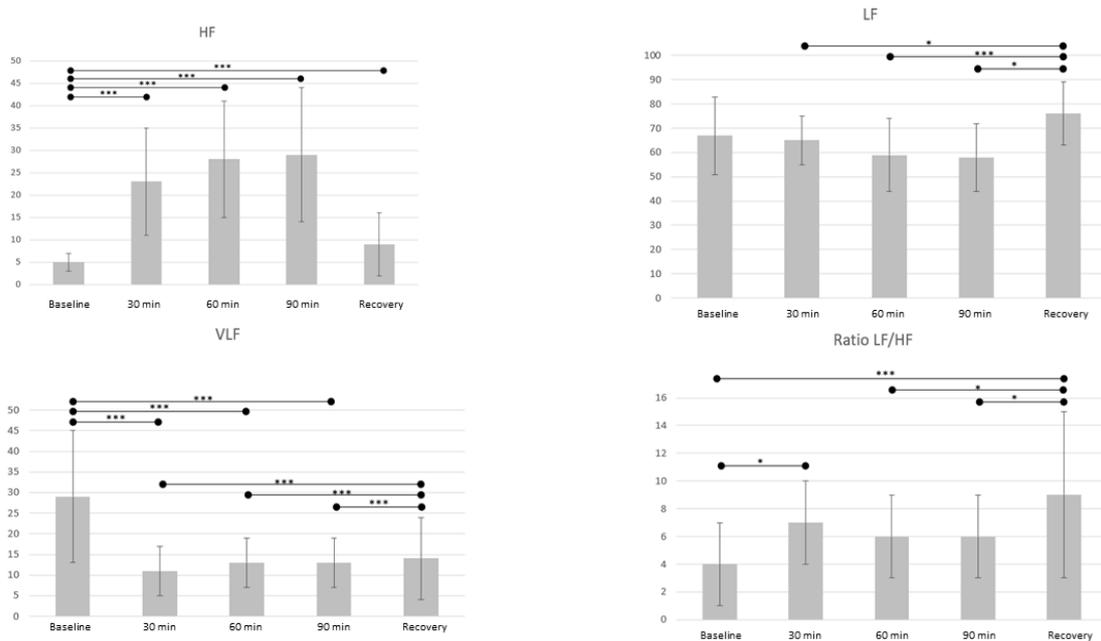


Figura 3. Evolução da variável no domínio da frequência (HF, LF, VLF e relação LF/HF), durante o protocolo: no repouso, após 30 min de jogo, após 60 min de jogo, após 90 min de jogo e durante a recuperação.

p < 0,05 *, p < 0,01 **, p < 0,001 ***

Na Figura 4, podemos visualizar a evolução das técnicas convencionais ou tradicionais, onde se constata um aumento significativo do alfa-1 na recuperação quando comparado com as restantes avaliações.

No alfa-2, observa-se um aumento significativo quando se compara o repouso com as restantes avaliações e uma diminuição significativa quando comparamos a recuperação com as avaliações do jogo (aos 30, 60 e 90 minutos).

Na SampEn, podemos observar uma redução gradual ao longo do protocolo, alcançando uma diminuição significativa entre o repouso e as restantes avaliações.

Relativamente, ao SD1 e SD2, são observados resultados semelhantes, com uma redução significativa entre a avaliação inicial e as outras avaliações, e um aumento significativo entre as avaliações do jogo (30, 60 e 90 minutos) e a recuperação.

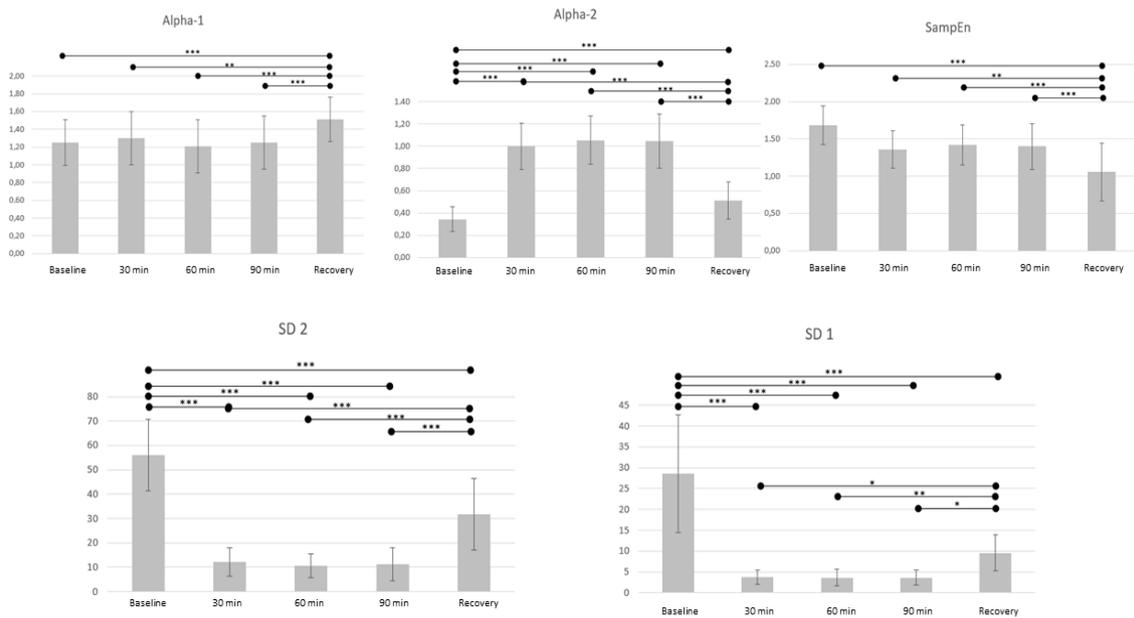


Figura 4. Evolução das técnicas convencionais ou tradicionais (Alfa-1, Alfa-2, SampEn, SD1 e SD2) durante o protocolo: no repouso, após 30 min de jogo, após 60 min de jogo, após 90 min de jogo e durante a recuperação.
 $p < 0,05$ *, $p < 0,01$ **, $p < 0,001$ ***

5. Discussão

Este estudo teve como objetivo investigar o impacto de uma partida de Padel na modulação autonómica, estabelecendo diferentes avaliações durante o jogo (aos 30, 60 e 90 minutos) para observar profundamente a evolução dos domínios de tempo, frequência e técnicas convencionais ou tradicionais de VFC.

Com a avaliação da VFC no Padel amador, observou-se que no domínio do tempo houve alterações significativas através da indução simpática do SNC do repouso para o jogo e parassimpática do jogo para o repouso, para reposição dos níveis de homeostasia. Pois os resultados permitiram observar que a variável no domínio do tempo, RMSsd, é significativamente reduzida durante o jogo.

No domínio da frequência na HF as diferenças mostraram-se significativas do repouso para o jogo e do repouso, para a recuperação. Na LF as diferenças foram apenas do jogo para o repouso onde parece ter havido um controlo da respiração de acordo com os resultados apresentados. Na VLF houve alterações

significativas do repouso para o jogo e do jogo para o repouso onde a termorregulação assume um papel preponderante. O Rácio LF/HF ainda é pouco conhecido, no entanto, verificaram-se diferenças significativas do repouso para a recuperação, uma vez que as diferentes fases do jogo mostraram um comportamento diferenciado com diferenças estatísticas significativas do repouso para os 30 minutos e dos 60 e 90 minutos para recuperação, o que leva a acreditar que houve uma oscilação do comportamento simpático e parassimpático na modulação do SNA.

As técnicas convencionais ou tradicionais apresentaram uma evolução diferente consoante a variável estudada. Nesse sentido, o comportamento de SD1 e SD2 foi semelhante com diferenças estatisticamente significativas do repouso para o jogo e do jogo para a recuperação, por sua vez, a SampEn registou semelhanças na relação entre o jogo e a recuperação. Contudo, SD1, SD2 e SampEn foram reduzidos durante o jogo, porém, houve um aumento do alfa-2.

O Alfa-1 apresentou um comportamento concordante com a bibliografia, mantendo-se em todo o processo entre os 4 e os 16 bpm, tal como, o Alfa-2 manteve os 16-64 bpm apenas durante o jogo.

No entanto, o fato deste ser o primeiro estudo que investiga o impacto de um jogo de Padel na modulação autonómica torna estes resultados interessantes. Além disso, os diferentes intervalos analisados neste estudo, permitem examinar a evolução das diferentes medidas da VFC nos domínios do tempo, frequência e técnicas convencionais ou tradicionais, clarificando a interpretação das variáveis, particularmente as menos investigadas, como as técnicas convencionais ou tradicionais.

Estudos anteriores destacaram a utilidade do RMSsd, uma variável no domínio do tempo, para avaliar a modulação autonómica devido à alta sensibilidade desta variável (Bustamante-Sánchez, Á. & Clemente-Suárez, V.J., 2020a; Bustamante-Sánchez, Á. & Clemente-Suárez, V.J., 2020b). De acordo com os resultados no domínio do tempo, durante a fase de repouso, o elevado valor observado no parâmetro RMSsd sugere valores ótimos, já que valores maiores estão associados a um menor risco de morte súbita (Shaffer, F. & Ginsberg, J. P., 2017).

No início da partida a VFC foi reduzida, apresentando uma modulação simpática a tentar manter a homeostasia do organismo. O mesmo é demonstrado por um aumento da HF e uma diminuição do VLF, o que pode estar relacionado com a necessidade do organismo se adaptar ao esforço durante o jogo, implicando assim uma desativação do SNP, através da alteração da frequência respiratória e da termorregulação, e a não ativação do SNS. A autossimilaridade de longo prazo (alfa-2) aumenta provavelmente devido à lenta modulação do SNS e SNP, o que indica que a adaptação ao esforço pode ter sido adequada na transição do período de descanso para a fase de jogo.

Assim, um dos objetivos deste estudo foi observar a evolução da VFC durante um jogo de Padel. No entanto, já existem estudos que relatam o efeito em forma de U no RMSsd (Shaffer, F. & Ginsberg, J. P., 2017; Belinchon-deMiguel, P. & Clemente-Suárez, V. J., 2018) com uma diminuição dos valores correspondentes à fase do jogo e posterior aumento associado ao retorno à calma. Este padrão, invertido, reflete-se em autossimilaridade de longo prazo (alfa-2), onde há um aumento da regularidade nas séries temporais com o esforço físico e um aumento da complexidade com o retorno à calma (o que significa um aumento na imprevisibilidade da série temporal). Quanto às flutuações, estas devem-se principalmente à modulação do SNS durante o esforço e à dominância do SNP durante o repouso/retorno à calma. Porém, do jogo para a fase de retorno à calma, há um aumento da autossimilaridade no curto prazo, levando a uma diminuição da complexidade das séries temporais, o que indica uma mudança abrupta na resposta cardiovascular.

Nesse sentido, na transição do jogo para a recuperação, ocorre um aumento da LF e VLF, bem como da relação LF/HF, o que pode ser justificado por uma procura de termorregulação (Carrillo, A. E., et al., 2016; Thayer, J. F., et al., 1997) associada à diminuição no SNS e à recuperação do domínio do SNP sobre o SNS. Desta forma, há um aumento na autossimilaridade de curto prazo (alfa-1) e uma redução na autossimilaridade de longo prazo (alfa-2), devido a um aumento drástico na modulação SNP e SNS.

Assim, o aumento da irregularidade das séries temporais poderia evidenciar uma mudança repentina nas necessidades fisiológicas do organismo, o que aumenta a possibilidade de risco cardiovascular (de Godoy, M. F., 2016). Essa mudança

abrupta mostra claramente a importância da fase de retorno à calma, recomendando que a realização de uma atividade semelhante, no entanto, com uma menor intensidade em termos de frequência cardíaca, seria necessária para evitar uma resposta acentuada na autossimilaridade de curto prazo, conseguindo assim um efeito cardíaco com características protetoras.

Não há alteração nos parâmetros analisados da VFC durante o jogo, o que indica que mesmo sendo um jogo intermitente de média/alta intensidade (Castillo-Rodríguez, A., et al., 2014), estas alterações não são entendidas como um estímulo fisiológico stressante (Shaffer, F. & Ginsberg, J. P., 2017). Desta forma, o organismo teria atingido os níveis de equilíbrio necessários para as condições de jogo.

Relativamente à fase de recuperação, com cinco minutos em repouso, ocorre uma diminuição do RMSsd e um aumento da HF e da relação LF/HF quando comparada com a condição basal. Deste modo, podemos interpretar esse fato como o corpo ainda a procurar ajustar a atividade vagal do SNP, através da restituição do domínio do SNP sobre o SNS, mantendo uma maior autossimilaridade no curto prazo e no longo prazo devido à modulação do SNS e SNP com séries temporais mais regulares.

Considerando que, a VFC nos fornece informações sobre o equilíbrio entre os sistemas nervoso parassimpático e simpático, uma VFC reduzida estaria relacionada com um alto nível de stress ou sobrecarga (Beauchaine, T., 2001; Fuentes, J. P., et al., 2019). Neste sentido, a nossa hipótese é que cinco minutos podem não ser suficientes para o organismo atingir a homeostasia inicial. Tais fatos são interessantes, porque com o controlo sistemático destas conclusões, a VFC poderá ser utilizada como um indicador prático para um melhor controlo do *timing* na prescrição do treino (Javaloyes, A., et al., 2020; Rodrigues, J. A. L., et al., 2019).

No entanto, este estudo apresenta algumas limitações que devem ser reconhecidas. Em primeiro lugar, o fato do estudo recair apenas sobre o Padel e, especificamente, em jogadores amadores. Contudo, recomenda-se a replicação deste estudo noutros desportos ou modalidades desportivas, bem como a inclusão de jogadores de elite para comparar as respostas da VFC entre

estes grupos. Nesse sentido, a inclusão de dois grupos permitirá estudar se o controlo da resposta do SNA no retorno à calma ou nas diferentes fases do jogo, difere estatisticamente entre estes grupos. Em segundo lugar, o tamanho relativamente pequeno da amostra não permite extrapolar os resultados para a população em geral.

Contudo, este estudo apresenta também alguns pontos fortes que devem ser reconhecidos. Assim, descrevemos a evolução da VFC durante o exercício físico, usando o Padel como modelo, extraindo diferentes variáveis de tempo, frequência e domínios não lineares. Isto é relevante, pois existem algumas controvérsias no estudo da VFC quanto à interpretação de determinadas variáveis, principalmente em algumas das medidas do domínio da frequência, ou pouco estudadas como as técnicas convencionais ou tradicionais (Shaffer, F. & Ginsberg, J. P., 2017).

Neste estudo, podemos observar como estas variáveis responderam a um agente *stressor* (a atividade física). Estes resultados e a sua representação gráfica permitirão que pesquisadores e treinadores interpretem os seus estudos. Além disso, relatamos que cinco minutos de recuperação não foram suficientes para recuperar o nível basal de VFC. Desta forma, a monitorização da VFC pode ser usada como um resultado-chave no processo de tomada de decisão do treino.

Assim, a avaliação sistemática com o repouso e medidas pré e pós-treino poderá ser usada como uma ferramenta útil na prescrição de treino, tal como, este processo sistemático pode reduzir o risco de *overtraining* (Kellmann, M., 2010 & Coates, A. M., et al., 2018). Pois, considera-se que a monitorização da VFC pode ser utilizada como uma ferramenta fundamental no processo de tomada de decisão do treino, pois a prática da modalidade (Padel) mostrou ter um impacto significativo na modulação do SNA.

6. Conclusões

A avaliação da VFC de uma partida de Padel amador mostrou claramente que durante os diferentes intervalos do jogo analisados através dos parâmetros da VFC no domínio do tempo, da frequência e nos parâmetros não lineares, impactou significativamente a modulação autonómica. Além disso, os resultados indicaram a necessidade de mudanças comportamentais no retorno à calma após um jogo de Padel amador para evitar uma mudança abrupta na modulação autonómica.

Referências bibliográficas

- Astrand, P.O. (1952). *Experimental Studies of Physical Working Capacity in Relation to Sex and Age*. Copenhagen (Denmark): Musksgaard. 171 p.;
- Aubert, A.E.; Seps, B.; Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Med.* v.33, n. 12, p. 889-919;
- Beauchaine T. (2001). Vagal tone, development, and Gray's motivational theory: toward an integrated model of autonomic nervous system functioning in psychopathology. *Development and psychopathology.* 13(2):183-214;
- Belinchon-deMiguel, P., Clemente-Suárez, V. J. (2018). Psychophysiological, body composition, biomechanical and autonomic modulation analysis procedures in an ultraendurance mountain race. *Journal of medical systems.* 42(2):1-5;
- Berntson, G. G., Norman, G. J., Hawkley, L. C., Cacioppo, J. T. (2008). Cardiac autonomic balance versus cardiac regulatory capacity. *Psychophysiology.* 45(4):643-52;
- Brown, L., Karmakar, C., Gray, R., Jindal, R., Lim, T., Bryant, C.. (2018). Heart rate variability alterations in late life depression: a meta-analysis. *Journal of affective disorders.* 235:456-66;
- Bustamante-Sánchez, Á., Clemente-Suárez, V. J. (2020a). Psychophysiological response in night and instrument helicopter flights. *Ergonomics.* 63(4):399-406;
- Bustamante-Sánchez, Á., Clemente-Suárez, V. J. (2020b). Psychophysiological Response to Disorientation Training in Different Aircraft Pilots. *Applied psychophysiology and biofeedback.* 45(4):241-7;
- Camm, A. J., Malik, M., Bigger, J. T., Breithardt, G., Cerutti, S., Cohen, R. J., et al. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation,* 93(5), 1043–1065.
- Canário-Lemos, R., Vilaça-Alves, J., Moreira, T., Peixoto, R., Garrido, N., Goss. F., Furtado, H., Machado Reis, V. (2020). Are Heart Rate and Rating of Perceived Exertion Effective to Control Indoor Cycling Intensity? *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Jul 4;17(13):4824;
- Carrasco, L., Romero, S., Sañudo, B., & De Hoyo, M. (2011). Game analysis and energy requirements of paddle tennis competition. *Science & Sports,* 26, (6), 338-344;

- Carrillo, A. E., Flouris, A. D., Herry, C. L., Poirier, M. P., Boulay, P., Dervis, S., et al. (2016). Heart rate variability during high heat stress: a comparison between young and older adults with and without Type 2 diabetes. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 311(4):R669-R75;
- Castillo-Rodríguez, A., Alvero-Cruz, J. R., Hernández-Mendo, A., Fernández-García, J. C. (2014). Physical and physiological responses in Paddle Tennis competition. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 14(2):524-34;
- Catai, A. M., Pastre, C. M., de Godoy, M. F., da Silva, E., de Medeiros Takahashi, A. C., Vanderlei, L. C. M. (2020). Heart rate variability: are you using it properly? Standardization checklist of procedures. *Brazilian journal of physical therapy*. 24(2):91-102;
- Coates, A. M., Hammond, S., Burr, J. F. (2018). Investigating the use of pre-training measures of autonomic regulation for assessing functional overreaching in endurance athletes. *European Journal of Sport Science*. 18(7):965-74;
- Cohen, J. (1988) *Statistical Power Analysis for the Behavioral-Sciences*. 2nd ed.; Academic Press, New York, USA;
- Condessa, L. A., Mazini Filho, M. L., Aidar, F. J., Sousa, A. V. de, Moura, C. E., Klain, I., Silva, A. C., & de Matos, D. G. (2014). Frequência cardíaca máxima: Importância e problemas relacionados a sua medida e estimativa - Uma revisão. *RBPFEEX - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 8(47).
- Courel Ibanez, J., Sanchez-Alcaraz Martinez, B. J., Garcia Benitez, S., Echegaray, M. (2017). Evolution of padel in Spain according to practitioners' gender and age. *Cultura ciencia y deporte*. 12(34):39-46;
- Courel-Ibáñez, J., Sánchez-Alcaraz Martínez, B. J., & Cañas, J. (2017). Game Performance and Length of Rally in Professional Padel Players. *Journal of human kinetics*, 55, 161–169;
- Cuzzolin, F., Calleja-Gonzalez, J., Jukic, I., Kocaoglu, B., Ostojic, S. M., Rovira, M., et al. (2021). Heart Rate Variability (HRV)–the athlete's health and performance “Black Box”. *Euroleague Players Association (ELPA), Performance Advisory Board (PAB), Newsletter*. 5;
- da Costa de Rezende Barbosa, M. P., da Silva, N. T., de Azevedo, F. M., Pastre, C. M., Marques Vanderlei, L. C. (2016). Comparison of Polar ((R)) RS800G3 heart rate monitor with Polar ((R)) S810i and electrocardiogram to obtain the series of RR intervals and analysis of heart rate variability at rest. *Clinical physiology and functional imaging*. 36(2):112-7;

- de Godoy, M. F. (2016). Non-linear analysis of heart rate variability: a comprehensive review. *Journal of Cardiology and Therapy*. 3(3):528-33;
- Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição/American College of Sports Medicine*. (2014). Tradutora: Dilza Balteiro Pereira de Campos. – 9. ed. – Rio de Janeiro: Guanabara. Tradução de: *ACSM'S guidelines for exercise testing and prescription*, ISBN 978-85-277-2616-0;
- Federação Portuguesa de Padel. (2017). Regulamento de Jogo do Padel.
- Francesco, B., Maria Grazia, B., Emanuele, G., Valentina, F., Sara, C., Chiara, F., et al. (2012). Linear and non-linear heart rate variability indexes in clinical practice. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. 2012;
- Friedman, B. H., Thayer, J. F. (1998). Autonomic balance revisited: panic anxiety and heart rate variability. *Journal of psychosomatic research*. 44(1):133-51;
- Fox, S. M. 3rd, Naughton, J. P., Haskell, W. L. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann Clin Res*. 1971;3(6):404–32;
- Fuentes, J. P., Villafaina, S., Collado-Mateo, D., de la Vega, R., Olivares, P. R., Clemente-Suárez, V. J. (2019). Differences between high vs low performance chess players in heart rate variability during chess problems. *Frontiers in Psychology*. 10:409;
- Garcia Martinez, I. (2014). Plan de empresa faro padel center. Grado en administración y dirección de empresas. Universidad Politécnica de Cartagena. P.13.;
- García–Fernández, P., Guodemar–Pérez, J., Ruiz–López, M., Rodríguez–López, E. S., García–Heras, A., Hervás–Pérez, J. P. (2019). Epidemiología lesional en jugadores españoles de pádel profesionales y amateur. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*;
- García, J., Francisco Pérez, M. G., Mariño, M., & Marín, D. (2017). Estudio de la carga interna en pádel amateur mediante la frecuencia cardíaca. *Apunts. Educación Física y deportes*, 75 – 81;
- Gellish, R. L., Goslin, B. R., Olson, R. E., McDonald, A., Russi, G. D., Moudgil VK. Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(5):822–9;
- Gulati, M., Shaw, L. J., Thisted, R. A., Black, H. R., Merz, C. N., Arnsdorf, M. F. Heart rate response to exercise stress testing in asymptomatic women. The St. James Women Take Heart Project. *Circulation*. 2010;122(2):130–7;
- Guzik, P., Piekos, C., Pierog, O., Fenech, N., Krauze, T., Piskorski, J., et al. (2018). Classic electrocardiogram-based and mobile technology derived approaches to heart rate variability are not equivalent. *International journal of cardiology*. 258:154-6;

- Huber, A. C. (2014). Uso de medicamentos, suplementos, estimulantes e fatores associados em praticantes de padel;
- Huber ACdSM. (2014). Uso de medicamentos, suplementos, estimulantes e fatores associados em praticantes de padel;
- Javaloyes, A., Sarabia, J. M., Lamberts, R. P., Plews, D., Moya-Ramon, M. (2020). Training Prescription Guided by Heart Rate Variability Vs. Block Periodization in Well-Trained Cyclists. *Journal of strength and conditioning research*. 34(6):1511-8;
- Kellmann, M. (2010). Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 20:95-102;
- Leyro, T. M., Buckman, J. F., Bates, M. E. (2019). Theoretical implications and clinical support for heart rate variability biofeedback for substance use disorders. *Current opinion in psychology*. 30:92-7;
- Londeree and Moeschberger. (1982). Effect of age and other factors on HRmax. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 53 (4), p. 297-304;
- Mäkikallio, T.H., Tapanainen, J. M., Tulppo, M. P., Huikuri, H. V. (2002). Clinical applicability of heart rate variability analysis by methods based on non-linear dynamics. *Cardiac electrophysiology review*. 6(3):250-5;
- Marães, Vera. (2009). Frequência cardíaca e sua variabilidade: análises e aplicações. *Revista andaluza de medicina del deporte*, ISSN 1888-7546, Nº. 1, 2010, pags. 33-42. 3;
- Miller et al. (1993). Predicting max HR. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25(9), p. 1077-1081;
- Moss, Donald; Shaffer, Fred (s.d.). *Heart Rate Variability Training*. The Biofeedback Foundation of Europe;
- Oja, P., Kelly, P., Pedisic, Z., Titze, S., Bauman, A., Foster, C., et al. (2017). Associations of specific types of sports and exercise with all-cause and cardiovascular-disease mortality: a cohort study of 80 306 British adults. *British Journal of Sports Medicine*. 51(10):812-7;
- Palatini, P. (1999) Need for a revision of the normal limits of resting hear rate. *J Hypertens*. 33:622-5;
- Parrón Sevilla, E., Nestares Pleguezuelo, T., Teresa Galván, C. d. (2015). Valoración de los hábitos de vida saludables en jugadores de pádel. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 8(4):184-;
- Parraça, J., Manteigas, F., Collado-Mateo, D., Villafaina, S., Batalha, N., editors. (2020). Efeitos agudos de um jogo de Padel na frequência cardíaca em

praticantes amadores (Estudo Piloto). 8o Congresso Internacional da Actividade Física e Desporto; Beja: Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Beja;

Paschoal, M. A., Volanti, V. M., Pires, C. S., Fernandes F. C., (2006) Heart rate variability in different age groups. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. V.10 (4). pp. 413-419;

Paschoal, Mário Augusto; Petrelluzzi, Karina Friggi Sebe; Gonçalves, Natáli Valim Oliver. (2002). Estudo da variabilidade da frequência cardíaca em pacientes com doenças pulmonar obstrutiva crónica. *Revista de Ciência Médica, Campinas*, 11 (1): 27-37, Jan./Abr;

Rajendra Acharya, A. U., Paul Joseph, K., Kannathal, N., Lim, C. M., Suri, J. S. (2006) Heart rate variability: a review. *Med Bio Eng Comput*. v. 44, n.12, p. 1031-51;

Reneau, M. (2020). Heart rate variability biofeedback to treat fibromyalgia: An integrative literature review. *Pain Management Nursing*. 21(3):225-32;

Richman, J. S., Moorman, J.R. (2000). Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*;

Rodrigues. J. A. L, Santos, B. C., Medeiros, L. H., Gonçalves, T. C. P., Júnior, C. R. B. (2019). Effects of Different Periodization Strategies of Combined Aerobic and Strength Training on Heart Rate Variability in Older Women. *Journal of strength and conditioning research*;

Sánchez-Alcaraz Martínez, Bernardino. (2013). Historia del pádel. *Materiales para la Historia del Deporte*. 11. 57-60;

Sánchez, F. S. L., Cortes, R. P., editors. (2020). Vascular injuries associated with paddle tennis. *Paget-Schroetter Syndrome*;

Santos, M. D. B., Moraes, F. R., Marães, V. R. F. S., Sakabe, D. I., Takahashi, A. C. M., Oliveira, L., et al. (2003). Estudo da arritmia sinusal respiratória e da variabilidade da frequência cardíaca de homens jovens e de meia-idade. *Ver. Soc. Cardiol.*, v. 13, n. 3 supl. A, p. 15-24;

Schwerdtfeger, A. R., Schwarz, G., Pfurtscheller, K., Thayer, J. F., Jarczok, M. N., Pfurtscheller, G. (2020). Heart rate variability (HRV): From brain death to resonance breathing at 6 breaths per minute. *Clinical Neurophysiology*. 131(3):676-93;

Shaffer, F., Ginsberg, J. P. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in public health*. 5:258;

- Shaffer, F., McCraty, R., Zerr, C. L. (2014). A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in psychology*. 5:1040;
- Stadnitski, T. (2012). Measuring fractality. *Frontiers in physiology*. 3:127;
- Tanaka, H., Monahan, K. D., Seals, D. R. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37(1):153–6;
- Taylor, J. A., Hayano, J., Seals, D. R. (1979). Lesser vagal withdrawal during isometric exercise with age. *J Appl Physiol*. (3):805-11;
- Tarvainen, M. P., Niskanen, J-P., Lipponen, J. A., Ranta-Aho, P. O., Karjalainen, P. A. (2014). Kubios HRV–heart rate variability analysis software. *Computer methods and programs in biomedicine*. 113(1):210-20;
- Teixeira, Diogo S.; Marques, Paulo; Gaspar, Carla (NOV 2017). Manual do Técnico de Exercício Físico. André Manz, Produções Culturais e Desportivas, Unipessoal Lda., 1ª Edição. Loures;
- Tayer, J. F., Yamamoto, S. S., Brosschot, J. F. (2010). The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *International journal of cardiology*. 141(2):122-31;
- Tayer, J. F., Nabors-Oberg, R., Sollers, J. J. (1997). Thermoregulation and cardiac variability: a time-frequency analysis. *Biomedical sciences instrumentation*. 34:252-6;
- Vanderlei, Luiz Carlos Marques; Pastre, Carlos Marcelo; Hoshi, Rosângela Akemi; de Carvalho, Tatiana Dias; de Godoy, Moacir Fernandes. (2009) Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery [online]*. v. 24, n. 2, pp. 205-217;
- Walter R. Thompson; Barbara A. Bushman; Julie Desch; Len Kravitz. Revisão técnica Giuseppe Taranto. Tradução: Giuseppe Taranto, Cláudia Lúcia Caetano de Araújo. (2011). *Recursos do ACSM para o Personal Trainer*. 3rd Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Website*: Federação Portuguesa de Padel. O que é o Padel? (2020). Escrito em 06 de fevereiro. <https://www.fppadel.pt/document/370BD518-4196-4527-93F0-9234AA881D65>, acedido em 18/01/2021;
- Zhang, Y., Zhou, B., Qiu, J., Zhang, L., Zou, Z. (2020). Heart rate variability changes in patients with panic disorder. *Journal of affective disorders*. 267:297-306;