



CAPACIDADE CARDÍACA COMO DETERMINANTE DO DESEMPENHO FÍSICO

CARDIAC CAPACITY AS A DETERMINANT OF PHYSICAL PERFORMANCE

LA CAPACIDAD CARDÍACA COMO DETERMINANTE DEL RENDIMIENTO FÍSICO



10.56238/sevenVIIImulti2026-108

Constança Simões Ribeiro Marques

Instituição: Polytechnic University of Castelo Branco - Portugal
E-mail: constanca.marques@ipcbcampus.pt

Margarida de Jesus Alfarroba

Instituição: Polytechnic University of Castelo Branco - Portugal
E-mail: malfarroba@ipcbcampus.pt

Gonçalo Freire Valentim

Instituição: Polytechnic University of Castelo Branco – Portugal
E-mail: gvalentim@ipcbcampus.pt

Maria João Conceição Fernandes

Instituição: Polytechnic University of Castelo Branco - Portugal
E-mail: maria.fernandes2@ipcbcampus.pt

Joceila Indira Semedo Correia

Instituição: Polytechnic University of Castelo Branco - Portugal
E-mail: joceila.correia@ipcbcampus.pt

Tomé Cunha Alves

Instituição: Polytechnic University of Castelo Branco - Portugal
E-mail: tome.alves@ipcbcampus.pt

Francisco José Barbas Rodrigues

Instituição: Sport Physical Activity and Health Research & Innovation Center (Sprint), Polytechnic University of Castelo Branco - Portugal
E-mail: franciscobrosdrigues@ipcb.pt

Guilherme Furtado

Instituição: Sport Physical Activity and Health Research & Innovation Center (Sprint), Polytechnic University of Coimbra - Portugal
E-mail: guilherme.furtado@ipc.pt

Patrícia Margarida dos Santos Carvalheiro Coelho

Instituição: Sport Physical Activity and Health Research & Innovation Center (Sprint), Polytechnic University of Castelo Branco - Portugal
E-mail: Patriciacoelho@ipcb.pt

RESUMO

A capacidade cardíaca constitui um determinante central da capacidade funcional e do desempenho físico, sendo o débito cardíaco o principal indicador da eficiência do sistema cardiovascular. O aumento do débito cardíaco durante o exercício resulta da interação entre a frequência cardíaca e o volume sistólico, regulada por mecanismos hemodinâmicos e pelo sistema nervoso autónomo, assegurando um fornecimento adequado de oxigénio aos músculos ativos. Estas respostas estão fortemente associadas ao consumo máximo de oxigénio ($VO_2\text{máx}$), refletindo predominantemente adaptações centrais do sistema cardiovascular, complementadas por adaptações periféricas ao nível muscular. Contudo, evidências indicam que, mesmo na presença de capacidade cardiovascular preservada, o desempenho durante esforços intensos ou prolongados pode ser limitado por mecanismos periféricos, nomeadamente pela fadiga muscular. Deste modo, o desempenho físico emerge da interação entre a capacidade central de fornecimento de oxigénio, a regulação autonómica e a eficiência periférica na utilização desse oxigénio.

Palavras-chave: Débito Cardíaco. Sistema Cardiovascular. Frequência Cardíaca. Volume Sistólico. Consumo de Oxigénio. Aptidão Cardiorrespiratória.

ABSTRACT

Cardiac capacity is a central determinant of functional capacity and physical performance, with cardiac output being the main indicator of cardiovascular system efficiency. The increase in cardiac output during exercise results from the interaction between heart rate and stroke volume, regulated by hemodynamic mechanisms and the autonomic nervous system, ensuring an adequate supply of oxygen to the active muscles. These responses are strongly associated with maximum oxygen consumption ($VO_2\text{max}$), predominantly reflecting central adaptations of the cardiovascular system, complemented by peripheral adaptations at the muscular level. However, evidence indicates that, even with preserved cardiovascular capacity, performance during intense or prolonged exertion can be limited by peripheral mechanisms, namely muscle fatigue. Thus, physical performance emerges from the interaction between central oxygen supply capacity, autonomic regulation, and peripheral efficiency in the use of that oxygen.

Keywords: Cardiac Output. Cardiovascular System. Heart Rate. Stroke Volume. Oxygen Consumption. Cardiorespiratory Fitness.

RESUMO

La capacidad cardíaca es un determinante central de la capacidad funcional y el rendimiento físico, siendo el gasto cardíaco el principal indicador de la eficiencia del sistema cardiovascular. El aumento del gasto cardíaco durante el ejercicio resulta de la interacción entre la frecuencia cardíaca y el volumen sistólico, regulado por mecanismos hemodinámicos y el sistema nervioso autónomo, lo que garantiza un suministro adecuado de oxígeno a los músculos activos. Estas respuestas están estrechamente asociadas con el consumo máximo de oxígeno ($VO_2\text{máx}$), lo que refleja principalmente adaptaciones centrales del sistema cardiovascular, complementadas por adaptaciones periféricas a nivel muscular.

Sin embargo, la evidencia indica que, incluso con la capacidad cardiovascular preservada, el rendimiento durante el esfuerzo intenso o prolongado puede verse limitado por mecanismos periféricos, como la fatiga muscular. Por lo tanto, el rendimiento físico surge de la interacción entre la capacidad central de suministro de oxígeno, la regulación autónoma y la eficiencia periférica en el uso de dicho oxígeno.

Palabras clave: Gasto Cardíaco. Sistema Cardiovascular. Frecuencia Cardíaca. Volumen Sistólico. Consumo de Oxígeno. Aptitud Cardiorrespiratoria.

1 INTRODUÇÃO

A capacidade cardíaca pode ser definida como a aptidão do coração para bombear sangue de forma eficiente, assegurando o fornecimento adequado de oxigénio e nutrientes às necessidades metabólicas do organismo. Este parâmetro constitui um dos principais determinantes da capacidade funcional global e do desempenho físico, particularmente em atletas. O débito cardíaco (DC), entendido como o volume de sangue ejetado pelo coração por minuto, representa a medida central desta capacidade e resulta do produto entre a frequência cardíaca (FC) e o volume sistólico (VS). Estes conceitos são fundamentais na fisiologia cardiovascular e descrevem o principal mecanismo de regulação do fluxo sanguíneo aos tecidos em repouso e durante o exercício físico (1). O VS corresponde ao volume de sangue ejetado pelo ventrículo esquerdo a cada batimento cardíaco e é influenciado por múltiplos fatores, incluindo o enchimento diastólico (pré-carga), a contratilidade miocárdica e a resistência à ejeção ventricular (pós-carga) (2). Por sua vez, a FC é regulada primariamente pelo nódulo sino-auricular, sendo modulada pelo sistema nervoso autónomo (SNA), o que permite um ajuste preciso da função cardíaca em função das exigências fisiológicas (3).

Em condições de repouso, observa-se um predomínio do tônus parassimpático, mediado sobretudo pelo nervo vago, o que mantém a FC relativamente baixa e energeticamente eficiente. A respiração exerce igualmente influência sobre esta modulação autonómica, originando a arritmia sinusal respiratória, caracterizada por um aumento da FC durante a inspiração e uma diminuição durante a expiração (3).

Durante o exercício físico, ocorre um aumento progressivo da ativação simpática, acompanhado por uma retirada concomitante do controlo parassimpático. Esta adaptação permite uma elevação rápida da FC, assegurando o aumento do DC e o fornecimento adequado de oxigénio aos músculos ativos. À medida que a intensidade do esforço aumenta, o controlo da FC torna-se predominantemente simpático. Após a cessação do exercício, a diminuição da ativação simpática e a reativação parassimpática conduzem a uma redução gradual da FC, sendo a rapidez deste processo um importante indicador da eficiência do controlo autonómico e da capacidade cardiovascular do indivíduo.

Durante o exercício, o DC aumenta substancialmente para satisfazer as elevadas exigências metabólicas dos músculos ativos. Em repouso, o DC apresenta valores médios de 5-6 L/min, podendo atingir valores superiores a 30-35 L/min em atletas altamente treinados durante esforços máximos (1). Este aumento resulta da elevação combinada da FC e do VS, sendo este último particularmente relevante nas fases iniciais da atividade física. A resposta do DC ao exercício envolve a integração de mecanismos neurais e mecânicos, incluindo o mecanismo de Frank-Starling, pelo qual o aumento do enchimento diastólico promove um maior VS, e a estimulação adrenérgica, que potencia a

contratilidade ventricular. Estes ajustes asseguram uma redistribuição eficiente do fluxo sanguíneo para os tecidos com maior consumo de oxigénio (4).

A capacidade de aumentar o DC durante o exercício está fortemente associada ao consumo máximo de oxigénio ($VO_2\text{máx}$), considerando o gold-standard da aptidão cardiorrespiratória. De acordo com a equação de Fick, o VO_2 resulta do produto entre o DC e a diferença arteriovenosa de oxigénio, refletindo a interação entre a capacidade central de transporte e a capacidade periférica de extração de oxigénio. As melhorias do $VO_2\text{máx}$ induzidas pelo treino de resistência estão, em grande medida, associadas ao aumento do DC máximo e do VS máximo, decorrentes de adaptações centrais do sistema cardiovascular (5).

As adaptações periféricas, embora frequentemente secundárias, também contribuem para o aumento do $VO_2\text{máx}$, através de alterações vasculares e metabólicas, como o aumento da densidade capilar e do conteúdo mitocondrial muscular. A relevância destas adaptações depende do tipo, intensidade e duração do estímulo de treino (5-7).

A prática regular e sistemática de atividade física induz adaptações estruturais, funcionais e elétricas no coração, refletindo um processo de remodelação cardíaca fisiológica. Em indivíduos treinados, observa-se frequentemente um aumento das dimensões das cavidades cardíacas e da massa ventricular, o que favorece um maior VS e uma maior eficiência cardíaca, reduzindo a necessidade de frequências cardíacas elevadas para atingir elevados valores de DC (8).

Paralelamente, um aumento do tônus parassimpático em repouso e alterações na variabilidade da FC, refletindo uma maior capacidade de modulação autonómica e de adaptação às exigências fisiológicas do exercício e do período de recuperação. A magnitude destas adaptações cardiovasculares não é uniforme, sendo influenciada por fatores como a idade, o sexo, o nível de treino e o tipo de modalidade desportiva praticada (8, 9).

Apesar da importância da capacidade cardíaca, o desempenho durante o exercício não é determinado exclusivamente pela função cardiovascular central. Em esforços intensos ou prolongados, o rendimento é frequentemente limitado pela fadiga muscular periférica, resultante de alterações metabólicas e contráteis ao nível das fibras musculares. Estes processos reduzem a eficiência mecânica muscular, aumentam a percepção subjetiva do esforço e influenciam reflexamente o controlo autonómico e cardiovascular (10).

A fadiga induzida pelo exercício associa-se a um aumento da ativação simpática e a uma redução da modulação parassimpática, evidenciada por alterações na variabilidade da FC, que podem persistir durante o período de recuperação. Alterações prolongadas na oxigenação e no consumo de oxigénio muscular em repouso refletem a necessidade da restabelecimento da homeostase metabólica (10, 11).

Assim, o limite funcional do desempenho resulta da interação entre a capacidade central de fornecimento de oxigénio e a capacidade periférica de o utilizar. A compreensão da tolerância ao exercício requer uma abordagem integrada que considere as adaptações cardiovasculares, os mecanismos de fadiga muscular e o papel modulador do SNA, sendo fundamental para a otimização do treino, da recuperação e da saúde cardiovascular a longo prazo.

2 OBJETIVO

Investigar a contribuição da fadiga muscular periférica como fator limitante do desempenho, mesmo na presença de capacidade cardiovascular adequada.

3 METODOLOGIA

Após a aceitação de participação no estudo com assinatura do consentimento informando, que foi aprovado por uma comissão de ética, foi aplicado um questionário acerca de hábitos do quotidiano do atleta e do seu histórico de saúde. Foram dadas orientações aos indivíduos sobre os comportamentos pré-exame como a abstenção de consumo de bebidas como a cafeína ou alcoólicas nas 48 horas antes do exame. Durante a recolha e antes do início da prática de exercício físico, foi solicitado ao atleta que se descalçasse e subisse para o estadiómetro, assumindo uma posição ereta, com os ombros relaxados e alinhados com os quadris, calcanhares juntos e encostados à parte de trás do equipamento, com o olhar direcionado para a frente, para que se pudesse determinar a altura, cada indivíduo foi pesado recorrendo a uma balança digital. Atendendo à idade do sujeito, foi calculado de imediato o valor da FC máxima através da fórmula $220 - \text{idade}$ (12). De seguida, cada indivíduo teve um período de descanso de cerca de 5 minutos em decúbito dorsal para a realização de ECG basal (antes do início do esforço físico). A cada atleta foi entregue um monitor de FC para controlo da FC durante o exercício físico intenso, tendo sido dadas indicações de regressar para a realização do segundo ECG quando o atleta atingisse a sua FC máxima. Foi ainda realizado um tira com a duração de 60 segundos para análise do RMSSD (13).

Cada ECG foi analisado segundo os critérios de Seattle, dando especial relevância aos intervalos RR (14). Para a avaliação da variabilidade da FC optámos pelo indicador RMSSD, que consiste na raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os RR normais sucessivos numa tira de 1 minuto, uma vez que permite avaliações em curtos períodos, sendo um dos principais indicadores do domínio do tempo e o menos afetado pela postura e frequência respiratória.

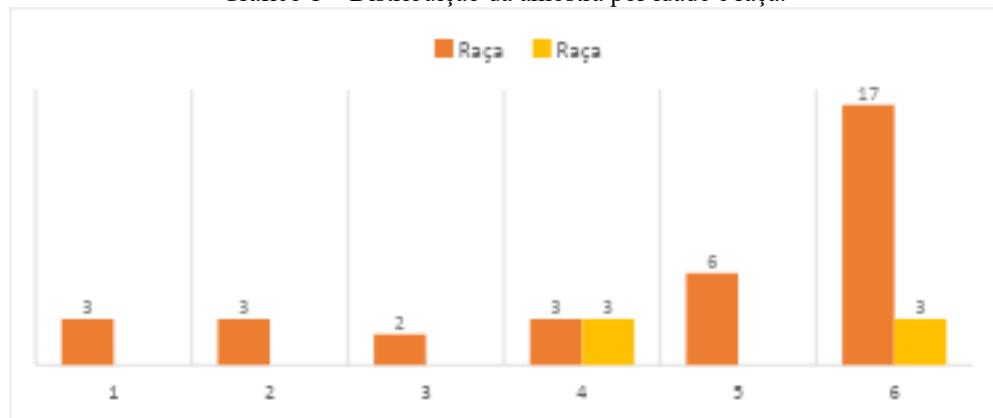
3.1 ESTRATÉGIAS DE ANÁLISE

Para a análise das variáveis em estudo recorreu-se ao programa Statistical Product and Service Solutions® (SPSS), tendo sido efetuada uma análise descritiva quantitativa através de prevalências absolutas e relativas (n e %).

4 DESENVOLVIMENTO

A amostra é constituída por 20 participantes do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 13 e os 17 anos com uma média de $15,45 \pm 1,468$ anos. Dos 20 indivíduos 17 indivíduos são de raça caucasiana e 3 de raça negra, conforme se pode visualizar no gráfico 1.

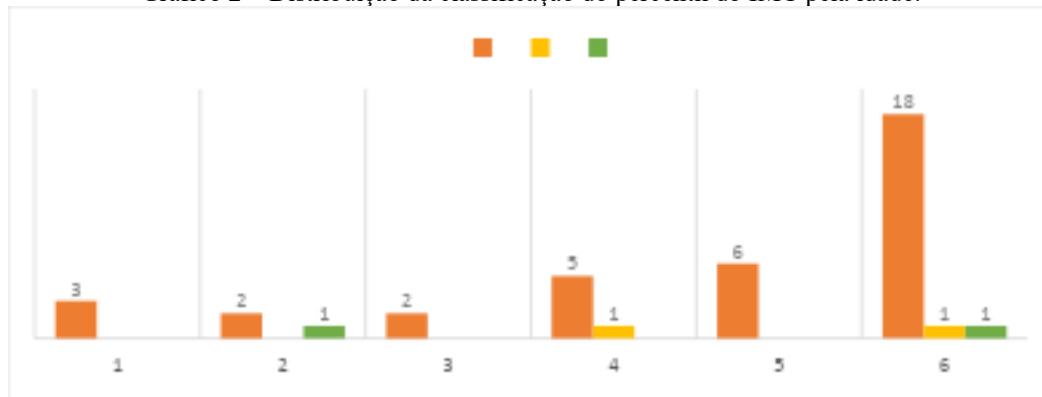
Gráfico 1 – Distribuição da amostra por idade e raça.



Fonte: Autores.

A análise da distribuição do percentil do IMC (gráfico 2) por idade mostrou uma clara predominância da categoria peso normal em todas as faixas etárias, com concorrência residual de excesso de peso e pré-obesidade. De forma semelhante, na análise por raça (gráfico 3), a maioria dos participantes, tanto caucasianos como negros, apresentaram peso normal, sendo pouco frequentes os casos de excesso de peso e pré-obesidade. Estes resultados indicam uma baixa taxa de alterações do estado nutricional da amostra estudada.

Gráfico 2 – Distribuição da classificação do percentil do IMC pela idade.



Fonte: Autores.

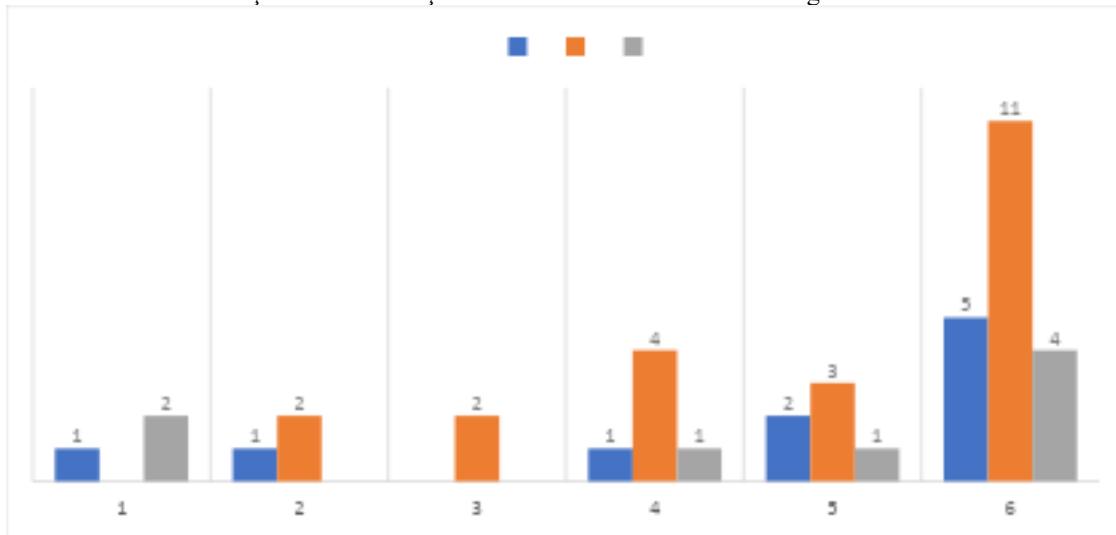
Gráfico 3 – Distribuição da classificação do percentil do IMC pela raça.



Fonte: Autores.

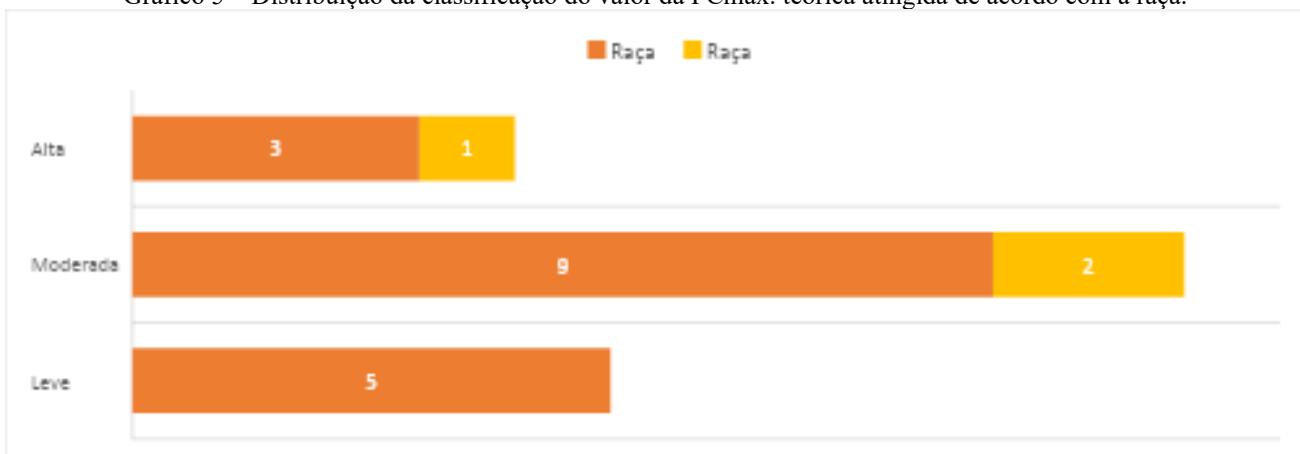
A classificação da FCmáx. teórica em função da idade, distribuída pelas categorias leve, moderada e alta (correspondentes, respetivamente, a 60-69,99%, 70-79,99% e 80-89,99% da FCmáx. teórica), evidencia que, nas idades de 13 e 14 anos, se verifica uma maior frequência das classificações leve e moderada, com ausência ou reduzida ocorrência da classificação alta. Aos 15 anos, observa-se exclusivamente a classificação moderada. Nos participantes com 16 e 17 anos, regista-se um aumento da frequência da classificação moderada, bem como a presença de alguns casos classificados como alta. Considerando o total da amostra, a classificação moderada apresenta a maior prevalência, seguida da leve, sendo a classificação alta a menos frequente. A análise por raça revela um predomínio da classificação moderada em ambos os grupos, com maior representação nos participantes caucasianos, tal como se pode analisar no gráfico 4 e 5.

Gráfico 4 – Distribuição da classificação do valor da FCmáx. teórica atingida de acordo com a idade.



Fonte: Autores.

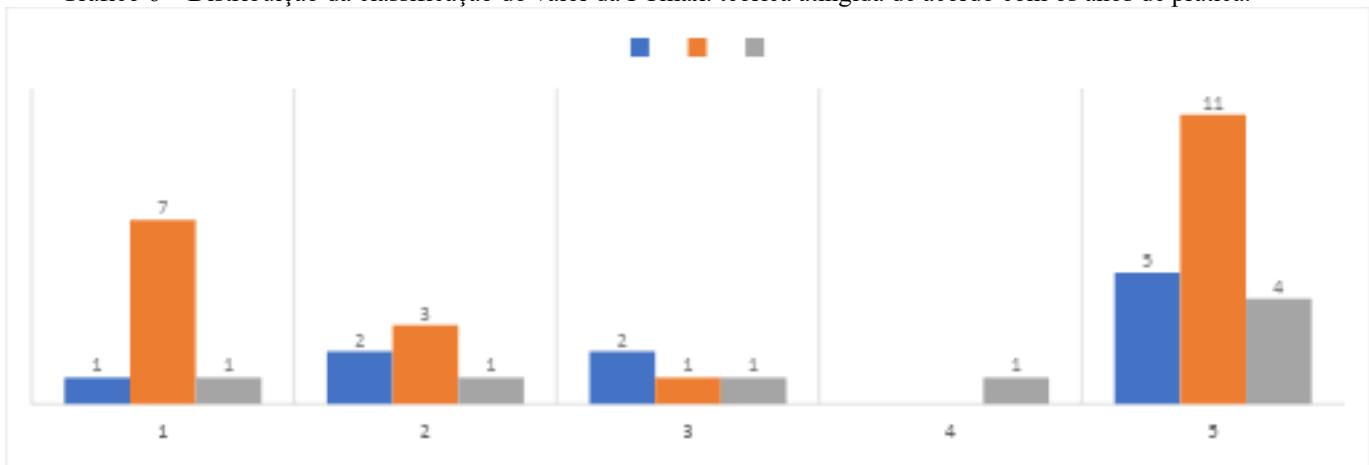
Gráfico 5 – Distribuição da classificação do valor da FCmáx. teórica atingida de acordo com a raça.



Fonte: Autores.

Na avaliação da FCmáx. teórica verifica-se que, nos participantes com 3 e 4 anos de prática, predomina a classificação moderada da FCmáx. teórica, acompanhada de algumas ocorrências nas classificações leve e alta. Nos indivíduos com 6 anos de prática, observa-se uma distribuição mais equilibrada entre as três categorias. Com 9 anos de prática, regista-se exclusivamente a classificação alta, tal como se pode ver no gráfico 6. Considerando o total da amostra, a classificação moderada é a mais prevalente.

Gráfico 6 – Distribuição da classificação do valor da FCmáx. teórica atingida de acordo com os anos de prática.



Fonte: Autores.

A tabela seguinte apresenta-se a distribuição dos valores do indicador RMSSD (ms) pelos 20 atletas, estratificados por anos de prática da modalidade (3, 4, 6 e 9 anos) e por idade (13 a 17 anos). Observa-se que a amostra é predominantemente composta por atletas com 3 e 4 anos de prática ($n = 15$), enquanto apenas um atleta apresenta 9 anos de experiência. Em relação à idade, verifica-se maior concentração de atletas nas faixas de 16 e 17 anos ($n = 12$), com menor representatividade nas idades mais jovens. Os valores determinados pelo indicador RMSSD variam entre 20 e 56 ms, com maior incidência entre 24 e 29 ms, intervalo que reúne a maioria dos casos e sugere um padrão predominante

de variabilidade da frequência cardíaca na amostra. Valores mais elevados deste indicador (≥ 42 ms) ocorrem de forma pontual e estão associados a atletas mais velhos e/ou com mais anos de prática, indicando possível melhor adaptação do Sistema Nervoso Autônomo (SNA) destes indivíduos.

Tabela 1 – Distribuição dos valores do indicador RMSSD (ms) de acordo com os anos de prática da modalidade e idade dos atletas.

Valor do Indicador RMSSD (ms)	Anos de Prática				Idade dos Atletas					Total
	3	4	6	9	13	14	15	16	17	
20	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
21	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
23	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
24	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
24	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
25	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
25	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
25	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
25	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
26	1	0	1	0	1	0	0	1	0	2
26	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
26	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
27	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
27	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
28	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
29	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
29	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
42	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
56	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Total	9	6	4	1	3	3	2	6	6	20

Fonte: Autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais achados deste estudo revelam que a maioria dos jovens atletas de basquetebol avaliados apresentam valores do percentil de IMC ajustado à idade, compatíveis com a classificação de peso normal. Este achado é consistente com o perfil morfológico frequentemente observado em praticantes desta modalidade, caracterizada por elevadas exigências físicas e intermitência de esforços. A manutenção de um IMC dentro da normalidade sugere equilíbrio adequado entre massa corporal e estatura, potencialmente favorável ao desempenho em ações típicas do basquetebol, como sprints, saltos, passes, mudanças rápidas de direção e contacto físico (15). Contudo, a presença de atletas classificados como abaixo do peso e, em menor número, com valores de IMC elevados para a idade, reflete a heterogeneidade individual associada ao crescimento, desenvolvimento e às diferentes posições e estilo de jogo na modalidade.

Relativamente à modulação autonómica cardíaca, os valores do indicador RMSSD observados na maioria dos atletas sugerem uma predominância do tônus parassimpático em repouso, indicativa de boa eficiência do SNA. Em atletas de basquetebol, esta adaptação assume particular relevância, dado o carácter intermitente e de alta intensidade do jogo, que exige rápidas transições entre períodos de

esforço intenso e fases de recuperação incompleta. De acordo com Karahan et al. valores elevados deste indicador refletem uma maior capacidade de adaptação autonómica, permitindo uma resposta cardiovascular eficiente durante o jogo e uma recuperação mais eficaz entre ações sucessivas de elevada intensidade (16). A variabilidade observada nos valores de RMSSD entre os atletas pode estar relacionada com diferenças individuais na carga de treino recente, no calendário competitivo ou no estado de fadiga acumulada, aspetos particularmente relevantes no basquetebol, onde a frequência de treinos e jogos pode ser elevada. Em jovens atletas, estas variações são ainda influenciadas pelo processo de maturação biológica, reforçando a necessidade de interpretar o indicador RMSSD como um indicador dinâmico e sensível ao contexto de treino (17).

No que diz respeito à frequência cardíaca máxima teórica, este parâmetro foi estimado com base na idade dos participantes e utilizado como referência para a análise da intensidade relativa do esforço. Verificou-se que a maioria dos jovens atletas não atingiu valores correspondentes a 85% da FCmáx teórica durante o exercício. Este resultado revela-se inferior ao esperado, considerando que se trata de praticantes regulares de basquetebol, modalidade caracterizada por esforços intermitentes de elevada intensidade e que, em jovens treinados, pressupõe a capacidade de alcançar intensidades cardiovasculares elevadas. A incapacidade de atingir pelo menos 85% da FCmáx teórica sugere que a interrupção do esforço ocorreu antes de se atingir um esforço cardiorrespiratório máximo, indicando que o sistema cardiovascular poderá não ter constituído o principal fator limitante do desempenho durante o exercício.

Um aspeto particularmente relevante observado neste estudo foi o facto de a maioria dos atletas relatar ter interrompido o esforço por fadiga muscular, e não por limitação cardiorrespiratória. Este achado é consistente com a natureza do basquetebol, em que a fadiga periférica, resultante da repetição de ações explosivas como sprints, saltos e mudanças de direção, tende a manifestar-se precocemente. A fadiga muscular, associada a alterações metabólicas e contráteis ao nível das fibras musculares, reduz a capacidade de gerar força e potência, levando à interrupção do esforço mesmo quando a reserva cardiovascular ainda não foi totalmente explorada (18, 19).

O facto de muitos atletas não terem atingido valores próximos da FCmáx teórica reforça esta interpretação, sugerindo que o sistema cardiovascular apresentava ainda margem funcional no momento da interrupção do exercício. Assim, nos atletas avaliados, o desempenho terá sido predominantemente limitado por fatores periféricos, em consonância com a literatura que descreve a fadiga muscular como um determinante central da tolerância ao exercício em modalidades intermitentes de alta intensidade (10).

A análise integrada do IMC, do indicador RMSSD e da resposta da FC em relação à FCmáx teórica evidencia que o desempenho e a tolerância ao esforço no basquetebol juvenil não dependem exclusivamente da capacidade cardiovascular central. Embora um IMC adequado e uma modulação

autonómica favorável constituam bases importantes para o desempenho, a ocorrência de fadiga muscular como principal fator limitante sublinha a importância das adaptações periféricas, nomeadamente a nível neuromuscular e metabólico. Neste contexto, a monitorização conjunta destes indicadores pode fornecer informação relevante para a individualização do treino, a gestão da carga e a otimização dos processos de recuperação.

De modo geral, a distribuição dos dados sugere uma tendência para valores de RMSSD mais elevados em atletas com maior idade e experiência, embora os resultados apresentados tenham carácter estritamente descritivo e não permitem inferências estatísticas. Ainda assim, esta tendência encontra-se conceptualmente alinhada com a literatura científica existente. Estudos realizados em adolescentes do sexo masculino demonstram que valores mais elevados do RMSSD durante a recuperação pós-exercício estão associados a uma reativação vagal mais eficiente e a um melhor estado de recuperação autonómica, particularmente em indivíduos com maior nível de treino ou melhor condição física (Tchana-Sato et al., 2023).

Apesar do limite inerente ao tamanho da amostra, os resultados observados parecem consistentes com o enquadramento fisiológico do RMSSD enquanto indicador sensível da modulação parassimpática e da recuperação autonómica após o esforço em populações jovens atletas.

Os resultados deste estudo reforçam a necessidade de uma abordagem integrada na avaliação da capacidade funcional de jovens atletas de basquetebol. A combinação de indicadores de dados antropométricos, como o IMC, com marcadores fisiológicos sensíveis, como o indicador RMSSD, e a análise da intensidade relativa do esforço com base na FCmáx teórica, aliada à percepção de fadiga muscular, permite uma compreensão mais abrangente dos fatores que condicionam o desempenho. Esta abordagem é fundamental para apoiar decisões no planeamento de treino, prevenir estados de fadiga excessiva e promover a saúde cardiovascular ao longo do desenvolvimento desportivo.

REFERÊNCIAS

1. King J, Lowery DR. Physiology, Cardiac Output [Internet]. National Library of Medicine. StatPearls Publishing; 2023. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470455/>
2. Bruss ZS, Raja A. Physiology, Stroke Volume [Internet]. Nih.gov. StatPearls Publishing; 2022. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK547686/>
3. Simoyi M. Respiratory Sinus Arrhythmia in Athletes, the Young, and the Old. 2020 Nov; Available from: https://www.researchgate.net/publication/346013608_Respiratory_Sinus_Arrhythmia_in_Athletes_the_Young_and_the_Old
4. Vatner SF, Pagani M. Cardiovascular adjustments to exercise: Hemodynamics and mechanisms. *Progress in Cardiovascular Diseases*. 1976 Sep;19(2):91–108.
5. Faricier R, Paterson DH, Murias JM. Physiological Determinants of $\dot{V}O_{2\text{ max}}$ Increase with Endurance Training in a Group Including Older and Young Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2025 Mar 21;
6. Maufroy E, Senterre J, Deboeck G. Central versus peripheral adaptation to explain improvement in aerobic exercise capacity by moderate-intensity continuous training or high-intensity interval training. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2025 May;32(Supplement_1).
7. Skattebo Ø, Calbet JAL, Rud B, Capelli C, Hallén J. Contribution of oxygen extraction fraction to maximal oxygen uptake in healthy young men. *Acta Physiologica*. 2020 May 4;230(2).
8. Zimmermann P, Moser O, Edelmann F, Schöffl V, Eckstein ML, Braun M. Electrical and Structural Adaption of Athlete's Heart and the Impact on Training and Recovery Management in Professional Basketball Players: A Retrospective Observational Study. *Frontiers in Physiology*. 2022 Feb 11;13.
9. Marek Malík, Katerina Hnatkova, Huikuri HV, Lombardi F, Schmidt G, Zabel M. CrossTalk proposal: Heart rate variability is a valid measure of cardiac autonomic responsiveness. *The Journal of Physiology*. 2019 Apr 21;597(10):2595–8.
10. Tornero-Aguilera JF, Jimenez-Morcillo J, Rubio-Zarapuz A, Clemente-Suárez VJ. Central and Peripheral Fatigue in Physical Exercise Explained: a Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022 Jan 1;19(7):3909.
11. Vasquez-Bonilla AA, Yáñez-Sepúlveda R, Tuesta M, Martin EBS, Matías Monsalves-Álvarez, Olivares-Arancibia J, et al. Acute Fatigue Impairs Heart Rate Variability and Resting Muscle Oxygen Consumption Kinetics. *Applied Sciences* [Internet]. 2024 Oct 10;14(20):9166–6. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/20/9166>
12. Marques S. Análise dos Métodos de Previsão Teórica da Frequência Cardíaca Máxima [Internet]. [Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Universidade de Coimbra]; 2009. Available from: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/13154>
13. Souza RA, Beltran OAB, Zapata DM, Silva E, Freitas WZ, Junior RV, et al. Heart rate variability, salivary cortisol and competitive state anxiety responses during pre-competition and pre-training moments. *Biology of Sport*. 2019;36(1):39–46.

14. Dores H, Freitas A, Mendes M. Interpretação do eletrocardiograma do atleta: os “Critérios de Seattle” [Internet]. ResearchGate. 2014. Available from: https://www.researchgate.net/publication/273299357_Interpretacao_do_eletrocardiograma_do_atleta_os_
15. Nikolaidis Pantelis T. Relationship of body mass status with running and jumping performances in young basketball players. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*. 2015;5(3).
16. Karahan B, Aslan H, Uysal E, Tekin R. THE RELATIONSHIP BETWEEN HEART RATE VARIABILITY AND ATHLETIC PERFORMANCE IN BASKETBALL PLAYERS. 2025.
17. Mishica C. Relationships between Heart Rate Variability, Sleep Duration, Cortisol and Physical Training in Young Athletes. *Journal of Sports Science and Medicine [Internet]*. 2021 Oct;20(4):778–88. Available from: <https://www.jssm.org/jssm-20-778.xml%3EFulltext>
18. Ferioli D, Rampinini E, Bosio A, La Torre A, Maffiuletti NA. Peripheral Muscle Function During Repeated Changes of Direction in Basketball. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2019 Jul 1;14(6):739–46.
19. Philipp NM, Dimitrije Čabarkapa, Eserhaut DA, Yu D, Fry A. Repeat sprint fatigue and altered neuromuscular performance in recreationally trained basketball players. *PLOS ONE*. 2023 Jul 17;18(7):e0288736–6.
20. Marx A, Porcari J, Doberstein S, Arney B, Bramwell S, Foster C. The Accuracy of Heart Rate-Based Zone Training using Predicted versus Measured Maximal Heart Rate. *Int J Res Ex Phys [Internet]*. 2018;14(1):21–8. Available from: https://ijrep.org/wp-content/uploads/lana-downloads/2019/02/marx.et_.al_.fall_.2018.pdf
21. Dupuy A, Birat A, Maurelli O, Garnier YM, Blazevich AJ, Rance M, et al. Post-exercise heart rate recovery and parasympathetic reactivation are comparable between prepubertal boys and well-trained adult male endurance athletes. *European Journal of Applied Physiology [Internet]*. 2022 Feb 1;122(2):345–55. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34705108/>