



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Pedro Miguel Lourenço Farinha

AS EXIGÊNCIAS FISIOLÓGICAS NO COMBATE
A INCÊNDIOS FLORESTAIS
UM ESTUDO REALIZADO COM BOMBEIROS
VOLUNTÁRIOS PORTUGUESES

Dissertação no âmbito do Mestrado em Biocinética, orientada pelo Professor Doutor Amândio Manuel Cupido dos Santos e coorientada pelo Professor Doutor Miguel Abrantes de Figueiredo Bernardo de Almeida e apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

junho de 2023

PEDRO MIGUEL LOURENÇO FARINHA

AS EXIGÊNCIAS FISIOLÓGICAS NO COMBATE
A INCÊNDIOS FLORESTAIS
UM ESTUDO REALIZADO COM BOMBEIROS
VOLUNTÁRIOS PORTUGUESES

DISSERTAÇÃO NO ÂMBITO DO
MESTRADO EM BIOCINÉTICA.

ORIENTADOR: PROFESSOR DOUTOR
AMÂNDIO MANUEL CUPIDO DOS
SANTOS

COORIENTADOR: PROFESSOR DOUTOR
MIGUEL ABRANTES DE FIGUEIREDO
BERNARDO DE ALMEIDA

1 2 9 0



FACULDADE DE
CIÊNCIAS DO DESPORTO
E EDUCAÇÃO FÍSICA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



“PER ANGUSTA AD AUGUSTA”
Victor Hugo

Agradecimentos

- Agradeço, em primeiro lugar, aos meus pais Luís e Lurdes, à Filipa e ao Romeu, por todo o amor, apoio e companhia que demonstraram diariamente. Por estarem sempre ao meu lado nos bons e maus momentos e por tentarem criar sempre um ambiente de positivismo em meu redor;
- Agradeço aos meus familiares próximos, em especial à minha querida avó Anita, e também aos meus amigos mais chegados, por me transmitirem calma e por todo o carinho e apreço demonstrado;
- Agradeço à corporação de Bombeiros Voluntários da Sertã e a toda a família 0502, que direta ou indiretamente me ajudaram na realização deste estudo, pela sua incrível abertura, entusiasmo e aceitação do mesmo. Vocês são verdadeiramente incríveis pelo que fazem em prol da comunidade;
- Agradeço ao Agrupamento de Escolas da Sertã por toda a ajuda prestada, e em específico, pela disponibilidade em facultarem as suas instalações para a realização de alguns testes. O vosso contributo foi preponderante para o sucesso da realização deste estudo;
- Agradeço ao meu amigo, “padrinho” e colega de faculdade João, pelo apoio e auxílio na realização de alguns testes de avaliação à amostra de estudo;
- Agradeço ao comandante dos Bombeiros Voluntários da Sertã, Alexandre Silva, e adjunto de comando, Filipe Nunes, por terem trabalhado de forma mais direta comigo em representação de toda a corporação, assim como por toda a colaboração e inteira disponibilidade demonstrada. Agradeço, em particular, todos os recursos disponibilizados e facultados consoante as minhas necessidades;
- Agradeço à Fátima Rosado, José Afonso, Filipa Sebastião e Carolina Dias, por toda a paciência e ajuda prestada;
- Agradeço ao Cristiano, ao Fábio, ao João, ao Marcelo, ao Ricardo e ao Vasco por toda a amizade, disponibilidade, entrega, esforço e entusiasmo demonstrado. Sem a vossa ajuda, este estudo não teria sido possível.

Obrigado pelo esforço, por acreditarem em mim e por se terem sacrificado, vocês são o maior alicerce deste estudo;

- Agradeço aos meus orientadores, Professor Doutor Amândio Santos e Professor Doutor Miguel Almeida, por me terem acolhido de forma tão amigável, por partilharem o meu entusiasmo com este estudo e por tornarem as vossas valências minhas também;
- Agradeço, em especial, ao Professor Doutor Amândio Santos, por me ter acompanhado de forma mais direta. Obrigado por toda a paciência, pela humildade que demonstrou e por me fazer cada vez mais apaixonar pela Fisiologia do Desporto.

Dedicatória

- ∞ A ti chefe Rosa, pelo apoio, boa disposição, conselhos, dicas e conhecimento inigualável! As palavras partilha, entreatura e liderança serão sempre conectadas ao teu nome! Serás sempre um modelo a seguir, uma inspiração e um verdadeiro exemplo do que é ser um bombeiro! Descansa em paz!

- ∞ A ti tio Carlos, pela tua sabedoria, conhecimento e generosidade. Obrigado pelo exemplo que sempre foste e sempre serás, pela inspiração que sempre me proporcionaste e por me teres transmitido o “bichinho” e gosto genuíno em ser bombeiro! Para muitos és chamado como o “mestre Farinha”, para muitos és visto como um professor, guia e líder no mundo dos bombeiros, mas para mim és simplesmente o meu tio que eu amo! Espero que esta dissertação te deixe orgulhoso! E não te esqueças, continua a guiar-nos aí em cima como sempre fizeste aqui em baixo! Até já “Sr. Comandante”! Descansa em paz!

- ∞ Aos meus avós Conceição, Diamantino e Fernando, pelos valores que sempre inculcaram na nossa família. A humildade, generosidade, honestidade, perseverança e resiliência que caracterizam a nossa família espelham realisticamente os alicerces que vocês fundaram e nos transmitiram. Estes valores, juntamente com todo o vosso amor são o melhor testemunho que alguém pode receber. Espero que esta dissertação, feita certamente com a vossa ajuda, vos deixe orgulhosos do vosso neto! Descansem em paz!

Resumo

Objetivos: caracterizar as necessidades fisiológicas exigidas aos bombeiros voluntários portugueses pelas ações de combate direto a incêndios florestais em mato ou povoamento florestal com recurso a linhas de água, de forma a sensibilizar a necessidade de delinear e estruturar planos de treino específicos que permitam uma preparação física mais adequada e otimizada a estes operacionais para este tipo de contextos.

Metodologia: neste estudo, a amostra foi composta por 7 bombeiros voluntários portugueses pertencentes à corporação de bombeiros voluntários da Sertã, do distrito de Castelo Branco, com uma média de idades de 24 anos +/- 1,25. Todos eles eram do sexo masculino, bombeiros de 3^a categoria, possuíam nacionalidade portuguesa, e tinham cumprido, no mínimo, 3 anos de serviço enquanto operacionais, estando aptos fisicamente e psicologicamente para cumprirem adequadamente as suas funções enquanto bombeiros.

O estudo foi dividido em duas fases distintas: na 1^a fase, respetiva à caracterização da amostra, os sujeitos foram avaliados quanto à sua antropometria, composição corporal, aptidão neuromuscular, aptidão cardiovascular e quanto aos seus limiares anaeróbios. Posteriormente e numa segunda fase, estes foram monitorizados com um sistema gps durante o nível reforçado de empenhamento operacional do Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Rurais (15 de maio a 31 de outubro), onde foram registados, durante as ocorrências de incêndios florestais, a frequência cardíaca e respetivas zonas de intensidade definidas de acordo com o limiar anaeróbio de cada um.

Resultados: de um total de 7 ocorrências distintas de incêndios florestais em Portugal continental, que representaram 16 registos de dados por parte dos 7 sujeitos, e tendo em conta que, em termos médios, os sujeitos passaram 17 horas e 53 minutos por ocorrência, registando dados durante esse tempo, por um período médio de 2 horas e 12 minutos, o que representa 12,33% do tempo

total, os sujeitos passaram, em média, 3,5% do tempo total de registo acima do seu limiar anaeróbio, 0,4% no seu próprio limiar anaeróbio e 96,1% abaixo do seu limiar anaeróbio. Estes passaram ainda 3% do tempo total de registo acima de concentrações de 4mmol/l, valor este definido pelos investigadores como de intensidade muito elevada. A frequência cardíaca máxima, por sua vez, rondou valores médios de 174 batimentos por minuto, rondando a frequência cardíaca média, valores registados de 121 batimentos por minuto. No entanto, estes valores médios não nos permitem discriminar a condição física dos bombeiros e assim dizer o que ocorre com os que têm uma condição física mais baixa e que necessitam de melhorar o seu desenvolvimento cardiovascular e a sua condição aeróbia de forma a poderem desempenhar as suas funções de uma forma mais capaz e correndo menos riscos.

Conclusão: com os resultados obtidos neste estudo, é possível concluir que o combate direto a incêndios florestais com recurso a linhas de água efetuado pelos bombeiros voluntários inseridos na amostra deste estudo, revelou-se uma tarefa cujo metabolismo energético ativado é predominantemente aeróbio, sendo esta atividade caracterizada pela sua longa duração e baixa intensidade na generalidade do tempo. No entanto, podemos simultaneamente afirmar, que em mais de 50% de todos os registos de dados efetuados, não houve uma constância no que diz respeito ao tipo de metabolismo ativado para produção de energia. O metabolismo aeróbio, apesar de predominante, em termos médios na totalidade do tempo, não foi constante, havendo muitos períodos em que a intensidade da tarefa foi bastante elevada, acima do limiar anaeróbio e de concentrações de lactato de 4 mmol/l, mantendo-se durante grandes períodos, chegando a atingir, por exemplo, 17,9% e 19,8% do tempo total de registo a essas intensidades. Esses períodos intermitentes de intensidades elevadas, acima do limiar anaeróbio, juntamente com os restantes períodos de intensidades baixas, caracterizam este tipo de atividade na sua generalidade,

como sendo de resistência de base acíclica, evidenciando-se pelas constantes permutas de intensidade ao longo desta.

Palavras-chave: incêndios florestais; combate direto; necessidades fisiológicas; limiar anaeróbio; metabolismo energético.

Abstract

Objectives: characterize the physiological needs required from Portuguese volunteer firefighters for direct firefighting actions in brushwood or forest stands using water lines, in order to raise awareness of the need to design and structure specific training plans that allow for a more adequate and optimized physical preparation of these operatives for this type of context.

Methodology: In this study, the sample was composed by 7 Portuguese volunteer firefighters belonging to the voluntary fire department of Sertã, Castelo Branco district, with an average age of 24 years old +/- 1.25. All of them were male, 3rd category firefighters, had Portuguese nationality, and had completed at least 3 years of service as operatives, being physically and psychologically fit to adequately fulfill their functions as firefighters.

The study was divided into two distinct phases: in the first phase, regarding the sample characterization, the subjects were evaluated regarding their anthropometry, body composition, neuromuscular fitness, cardiovascular fitness and their anaerobic thresholds. Subsequently and in a second phase, they were monitored with a gps system during the reinforced level of operational commitment of the Special Device for Fighting Rural Fires (May 15 to October 31), where heart rate and respective intensity zones defined according to each one's anaerobic threshold were recorded during forest fire occurrences.

Results: of a total of 7 distinct occurrences of forest fires in mainland Portugal, which represented 16 data records by the 7 subjects, and taking into account that, on average, the subjects spent 17 hours and 53 minutes per occurrence, recording data during that time, for an average period of 2 hours and 12 minutes, which represents 12.33% of the total time, the subjects spent, on average, 3.5% of the total recording time above their anaerobic threshold, 0.4% at their own anaerobic threshold, and 96.1% below their anaerobic threshold.

They also spent 3% of the total recording time above 4mmol/l, a threshold defined by the researchers as very high intensity. The maximum heart rate, in turn, averaged 174 beats per minute, and the average heart rate was around 121 beats per minute. However, these average values do not allow us to discriminate the physical condition of the firefighters and thus tell what happens to those who have a lower physical condition and who need to improve their cardiovascular development and aerobic condition in order to be able to perform their duties more capably and at less risk.

Conclusion: With the results obtained in this study, it is possible to conclude that the direct fight against forest fires using water lines performed by volunteer firefighters included in the sample of this study proved to be a task whose activated energy metabolism is predominantly aerobic, being this activity characterized by its long duration and low intensity in most of the time. However, we can simultaneously state that in more than 50% of all data records, there was no consistency regarding the type of metabolism activated for energy production. The aerobic metabolism, although predominant, on average during all the time, was not constant, with many periods in which the intensity of the task was quite high, above the anaerobic threshold and lactate concentrations of 4 mmol/l, and maintained for long periods, reaching, for example, 17.9% and 19.8% of the total recording time at these intensities. These intermittent periods of high intensities, above the anaerobic threshold, together with the remaining periods of low intensities, characterize this type of activity in general, as being acyclic-based endurance, evidenced by the constant changes of intensity throughout the activity.

Keywords: forest fires; direct combat; physiological needs; anaerobic threshold; energy metabolism.

Índice

Capítulo I - Introdução	21
Capítulo II – Estado da Arte	24
1- Incêndios Florestais	24
2 – Manobras e procedimentos adotados pelos bombeiros durante as ações de combate a um incêndio florestal segundo a Escola Nacional de Bombeiros	26
3 - Exigência física e parâmetros físicos inerentes às funções dos Bombeiros	29
4 - Determinantes Fisiológicas Pertinentes ao Estudo	34
➤ 4.1 – Aptidão Cardiorrespiratória	34
➤ 4.2 - Conceito de captação máxima de oxigênio – VO ₂ máx	35
➤ 4.3 – Limiar Anaeróbio/Lactato.....	37
➤ 4.4 – Frequência Cardíaca	40
➤ 4.5 –Métodos Antropométricos/Composição Corporal	43
Capítulo III – Metodologia	52
1. Delineamento da pesquisa.....	52
2. Autorização e considerações éticas	52
3. Seleção e caracterização da amostra de estudo	52
4. Objetivos do estudo	53
5. Protocolo do Estudo	54
6. Avaliações – métodos/materiais inseridos na recolha de dados	55
7. Avaliações – métodos e respetivos protocolos/procedimentos	58
➤ 7.1 - Avaliação Antropométrica (composição corporal).....	58

➤ 7.2 - Determinação dos valores de aptidão neuromuscular	66
➤ 7.3 – Avaliação da recuperação e adaptação cardíaca	72
➤ 7.4 – Determinação do VO2max.....	74
➤ 7.5 – Determinação do limiar anaeróbio.....	74
➤ 7.6 – Controlo GPS e frequência cardíaca	75
➤ 7.7 – Autocaracterização do esforço/perceção subjetiva	76
➤ 7.8 – Análise de dados	78
Capítulo IV– Apresentação, análise e discussão de resultados	81
1. Caracterização da amostra.....	81
➤ 1.1 – Dados gerais.....	81
➤ 1.2 - Avaliação antropométrica (composição corporal)	81
➤ 1.3 – Aptidão Neuromuscular	85
➤ 1.4 – Adaptação e recuperação cardíaca.....	87
➤ 1.5 – Aptidão Cardiovascular	88
➤ 1.6 – Concentração de 2 e 4 mmol/l de lactato e Limiares Anaeróbios	89
2. Dados GPS.....	90
➤ 2.1 – Recolha de dados GPS.....	90
➤ 2.2 – Análise de dados GPS.....	93
➤ 2.3 –Análise de dados GPS – Registos/Gravações em destaque.....	98
Capítulo V – Conclusão.....	111
Capítulo VI – Limitações do estudo e perspetivas para estudos futuros	114
1. Limitações do estudo	114
2. Perspetivas para estudos futuros	116
Capítulo VII – Bibliografia.....	118

Capítulo VIII - Anexos 125

Lista de Abreviaturas/Siglas/Acrónimos

ACR – Aptidão Cardiorrespiratória

ACSM – American College of Sports Medicine

bpm – batimentos por minuto

CO – Monóxido de Carbono

CO₂ – Dióxido de Carbono

DCV – Doença Cardiovascular

DECIR – Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Rurais

EUA – Estados Unidos da América

FC – Frequência Cardíaca

HBP – Pressão arterial alta

IF – Incêndios Florestais

IMC – Índice de Massa Corporal

Kg – Quilograma

KHz – Quilohertz

L – Litro

LAn – Limiar Anaeróbio

mA – miliampere

min – minuto

mmol – milimol

NFPA – National Fire Protection Association

NO₂ – Dióxido de Nitrogénio

O₂ – Oxigénio

OES – Occupational Exposure Standard (Padrão de exposição ocupacional)

pm – picometro

PM_{2,5} – Partículas em suspensão com um diâmetro inferior a 2,5 micrómetros

Q – Débito Cardíaco

QR – Quociente de Respiração

SNA – Sistema Nervoso Autônomo

VO₂ – Consumo de oxigênio

VOC – Componentes orgânicos voláteis

VO_{2max} – Consumo máximo de oxigênio

VS – Volume Sistólico

WC – Waist Circumference (Circunferência da cintura)

WHR – Waist-hip ratio (Relação cintura-anca)

ΔFC – Variação da Frequência Cardíaca

Lista de Figuras

Figura 1: Prega subescapular	60
Figura 2: Prega peitoral	61
Figura 3: Prega axilar média	61
Figura 4: Prega Suprailíaca	62
Figura 5: Prega abdominal.....	62
Figura 6: Prega tricipital	62
Figura 7: Prega da coxa.....	63
Figura 8: Gráfico elaborado pelo software “TEAM AMS” representando a oscilação da FC durante a totalidade de tempo de gravação/registo de dados GPS – A3.....	98
Figura 9: Gráfico elaborado pelo software “TEAM AMS” representando a oscilação da FC durante a totalidade de tempo de gravação/registo de dados GPS – D1.....	98
Figura 10: Gráfico elaborado pelo software “TEAM AMS” representando a oscilação da FC durante a totalidade de tempo de gravação/registo de dados GPS – E1.....	99
Figura 11: Gráfico elaborado pelo software “TEAM AMS” representando a oscilação da FC durante a totalidade de tempo de gravação/registo de dados GPS – A5.....	99
Figura 12: Gráfico elaborado pelo software “TEAM AMS” representando a oscilação da FC durante a totalidade de tempo de gravação/registo de dados GPS – B2.....	99

Lista de Gráficos

Gráfico 1: comparação do IMC e % de massa gorda por indivíduo.....	82
Gráfico 2: distribuição da amostra de acordo com os níveis de IMC.....	82
Gráfico 3: relação percentual entre o tempo total médio de registo de dados por ocorrência por parte dos sujeitos e o tempo total médio passado pelos sujeitos por ocorrência.....	93
Gráfico 4: oscilação da FC média e máxima registadas por indivíduo em cada gravação/registo.....	93
Gráfico 5: % de tempo médio passado nas diferentes zonas de intensidade – dados representativos da totalidade amostral.....	94
Gráfico 6: tempo médio (horas:minutos:segundos) passado nas diferentes zonas de intensidade – dados representativos da totalidade amostral.....	94
Gráfico 7: % de tempo médio passado nas diferentes zonas de intensidade por indivíduo.....	94
Gráfico 8: % de tempo médio passado nas diferentes zonas de intensidade por indivíduo e por registo/gravação em ocorrência.....	95
Gráfico 9: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade (%) – A3.....	100
Gráfico 10: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade – A3.....	100
Gráfico 11: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade (%) – D1.....	101
Gráfico 12: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade – D1.....	101

Gráfico 13: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade (%) –

E1.....102

Gráfico 14: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade –

E1.....102

Gráfico 15: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade (%) –

A5.....103

Gráfico 16: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade –

A5.....103

Gráfico 17: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade (%) –

B2.....104

Gráfico 18: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade –

B2.....104

Lista de Tabelas

Tabela 1: Equações para a estimativa da Frequência Cardíaca Máxima [12]..	43
Tabela 2: Avaliações: métodos/materiais inseridos na recolha de dados.....	57
Tabela 3: Classificação do peso segundo o IMC.....	59
Tabela 4: Pregas adiposas/subcutâneas.....	63
Tabela 5: Categorias de condicionamento pela composição corporal (% de gordura corporal) para homens e por idade.....	64
Tabela 6: Classificação do risco com base na relação cintura-anca para homens.....	66
Tabela 7: Valores normativos de força de preensão manual por idade para homens.....	68
Tabela 8: Categorias de condicionamento para flexões de braços, por idade e para homens, adaptado do ACSM.....	69
Tabela 9: Categorias de condicionamento para abdominais, por idade e para homens, adaptado do ACSM.....	70
Tabela 10: Categorias de condicionamento para a anteroflexão do tronco utilizando uma caixa “sit and reach” (com ponto zero estipulado nos 26 cm), por idade e para homens, adaptado do ACSM.....	72
Tabela 11: Classificações possíveis do índice de Ruffier-Dickson.....	73
Tabela 12: Escala modificada de Borg.....	78
Tabela 13.1: Composição corporal (massa corporal; estatura; IMC.....	81
Tabela 13.2: Composição corporal (perímetro cintura; relação cintura-anca).....	81
Tabela 13.3: Composição corporal (pregas subcutâneas; densidade corporal; % de gordura corporal).....	81

Tabela 14: distribuição da amostra de acordo com os níveis de IMC.....	82
Tabela 15: valores individuais obtidos na avaliação da composição corporal.....	83
Tabela 16.1: Aptidão Neuromuscular (abdominais; flexões de braços).....	85
Tabela 16.2: Aptidão Neuromuscular (força de preensão manual).....	85
Tabela 16.3: Aptidão Neuromuscular (flexibilidade – anteroflexão do tronco).....	85
Tabela 17: valores individuais obtidos na avaliação da aptidão neuromuscular.....	85
Tabela 18: Adaptação e recuperação cardíaca (índice de Ruffier-Dickson).....	87
Tabela 19: valores individuais obtidos na avaliação da adaptação e recuperação cardíaca através do Índice de Ruffier-Dickson.....	87
Tabela 20: Aptidão Cardiovascular (teste de Cooper).....	88
Tabela 21: valores individuais obtidos na avaliação da aptidão cardiovascular através do teste de Cooper.....	88
Tabela 22: Limiares (2 mmol/l, 4 mmol/l e anaeróbio) individuais.....	89
Tabela 23: Limiares (anaeróbio e a 4 mmol/l) representativos da amostra.....	89
Tabela 24: Registo de dados efetuados durante o DECIR.....	91
Tabela 25: Dados gerais respetivos ao registo de dados.....	92
Tabela 26: Análise da totalidade de dados registados durante as ocorrências de IF.....	93
Tabela 27: Registos/gravações individuais a destacar dada a sua relevância em termos de análise.....	98

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Capítulo 1 - Introdução

Nos tempos correntes, o nosso planeta é cada vez mais fustigado por fenómenos naturais não habituais, entre cheias, terramotos, deslizamentos de terra, sismos, furacões, incêndios florestais de grandes dimensões, entre outros. Tais ocorrências têm uma causa comum: o homem, que pela sua natureza e ações desmedidas, provocam inúmeras alterações climáticas que têm uma repercussão cada vez mais destrutiva à escala global.

No que toca aos incêndios florestais, Portugal historicamente sempre foi um dos países mais afetados, tendo em conta o seu clima e as suas características específicas. No entanto, nas últimas décadas, todo este cenário tem piorado consideravelmente, com a ocorrência mais constante de incêndios, com o seu maior poder destrutivo e com um aumento significativo de área ardida, indicando-nos vários estudos que todas estas situações vão piorar significativamente num período curto de tempo. Por esse motivo, muitas ações têm sido tomadas, no que toca à reestruturação organizacional das forças de combate e às medidas de prevenção, porém, no que toca à preparação física dos operacionais envolvidos no combate aos incêndios florestais, nomeadamente no seio das corporações dos bombeiros voluntários portugueses, as ações têm sido nulas quanto à melhoria e otimização do tipo de preparação física exigida em horário de trabalho. Para qualquer operacional de resgate e salvamento, quer seja bombeiro ou não, que esteja envolvido em ações de extremo risco e que a sua integridade física dependa não só do seu conhecimento técnico, mas também do seu nível de aptidão física, o treino e a preparação física têm de ser levados tão a sério como se de um atleta de elite se tratasse.

Pretendemos assim, com este estudo, caracterizar as necessidades fisiológicas requeridas durante um combate direto a um incêndio florestal em mato ou povoamento florestal com recurso a linhas de água, evidenciando variáveis como o limiar anaeróbio láctico, a frequência cardíaca e respetivos níveis/zonas de intensidade tendo em conta o LAn de cada sujeito, caracterizando assim o

esforço necessário em termos metabólicos, permitindo-nos conseqüentemente ter rigor na prescrição da intensidade e volume de treino adequados, no que diz respeito ao tipo e especificidade de preparação física que melhor se pode enquadrar na realidade contextual destes operacionais, e que permita uma melhor otimização da sua performance enquadrada ao tipo de atividade por estes exercida.

CAPÍTULO II

ESTADO DA ARTE

Capítulo II – Estado da Arte

1- Incêndios Florestais

O panorama de incêndios florestais vivenciado em território português é um fenómeno já bastante habitual há já algumas décadas, tendo-se agravado especialmente a partir do ano de 2000 [1]. O crescente e feroz ataque dos incêndios às florestas portuguesas nos últimos anos, fazem com que Portugal ocupe atualmente uma das posições mais elevadas no ranking de incêndios florestais da Europa [1]. Todos os investigadores da área apontam para a mesma combinação de fatores contributivos:

- alterações demográficas, com a deslocação populacional das zonas rurais para as zonas urbanas [1,2];
- alterações do uso do solo, com mais áreas agrícolas e florestais abandonadas e sem manutenção [1,2];
- não rentabilidade económica no investimento na gestão florestal e no planeamento da prevenção de incêndios [1,2];
- aumento da temperatura, diminuição da precipitação, aumento dos períodos de seca, com ocorrências mais frequentes, de maior duração e com maior amplitude, de ondas de calor, aliadas a uma humidade relativa baixa (principalmente na zona interior e nordeste de Portugal continental) [3,4];
- acréscimo da carga combustível e da sua continuidade ao longo de extensas paisagens devido ao não ordenamento adequado do território [1,2];
- abundância de ignições de causa humana (98% de todos os incêndios em Portugal têm origem humana) [1,2];

Com efeito, o relatório mais recente do Centro Comum de Investigação da União Europeia prevê um agravamento destas condições, especialmente as relacionadas com as alterações climáticas, principalmente e com maior gravidade na Península Ibérica [1,2].

Estas profundas alterações dos padrões climáticos e meteorológicos sazonais irão submeter a vegetação a um maior stress ambiental que, por sua vez, irá desencadear uma onda mais grave de incêndios florestais de maiores dimensões e com maior poder de destruição, fazendo assim com que a tendência da área ardida anual das últimas quatro décadas, média de 75 000 hectares na década de 1980, de 100 000 hectares na década de 1990 e mais de 150 000 hectares desde 2000, confirme um novo nível de incidência em Portugal, apesar do maior investimento na quantidade de recursos de combate. Em termos de risco, a probabilidade de 30% de ocorrência de um incêndio superior a 100 000 hectares duplicou para 61% em apenas duas décadas, tornando-se cada vez mais em consideração o risco de uma época de incêndios catastrófica nas próximas décadas, com uma área consumida igual ou superior a 500 000 hectares [1].

Para além disso, e de forma a completar os dados acima referidos, estima-se que a probabilidade da ocorrência de outro ano extremo de incêndios (como ocorreu nos anos de 2003, 2005 e 2017) continue a aumentar para uma probabilidade de 20%. Esta probabilidade crescente deve-se em larga medida aos impactos negativos das alterações climáticas, acumulação de biomassa e incapacidade de reduzir significativamente as ignições [1,2].

Envolta nas sombras de outro ano extremo de incêndios, surge a hipótese ameaçadora do cenário “Black Skies”, cujo termo inovador pretende definir um ano de incêndios cuja área ardida exceda qualquer ano de incêndios jamais registado em Portugal nos tempos modernos (cerca de 750 000 hectares), cujo fator de risco futuro tem uma probabilidade aumentada de 5 % [1,2].

É também muito provável que as alterações climáticas aumentem a duração da época de incêndios para além do período “Bravo-Charlie-Delta” tradicional (de 15 maio a 30 outubro). Durante a próxima década, o risco potencial de um ano com incêndios que possam atingir 600.000 a 750.000 hectares ou mais em Portugal tem de ser seriamente encarado. Tal risco resultaria provavelmente da

ocorrência simultânea de incêndios em condições de elevada a extrema severidade de incêndio, em múltiplas regiões [1,2].

Portugal, entre a maioria dos países que lida anualmente com a problemática dos incêndios florestais e seus malefícios, não possui claramente “know-how” ou forças de combate suficientes para a gestão eficaz de grandes incêndios. Anos extremos de incêndios e os piores cenários “Black Skies” apontam assim para uma necessidade ainda maior de planeamento do combate a incêndios, reestruturação organizacional, prevenção e estratégias de redução dos combustíveis, não minimizando a urgente necessidade de preparar fisicamente todos os operacionais envolvidos nestes cenários de risco extremo e de severa complexidade e exigência física [1,2].

2 – Manobras e procedimentos adotados pelos bombeiros durante as ações de combate a um incêndio florestal segundo a Escola Nacional de Bombeiros

Relativamente à supressão e combate aos incêndios florestais, os bombeiros podem realizar esta tarefa de diferentes formas:

1ª - Com o recurso a material sapador no ataque indireto a um incêndio florestal, como é o caso da abertura de faixas de contenção, onde em equipa (composta por 5 elementos) ou em brigada (composta por 10 elementos), realizam esta ação meramente apeados e com a utilização de ferramentas manuais, entre as quais o foição, enxada-ancinho ou Mcleod, ancinho de corte, enxadão ou pulaski, a ferramenta multiusos, comumente designada por gorgui, assim como a pá florestal. Pode ainda ser utilizada a motosserra como meio auxiliar na abertura de faixas de contenção quando considerada adequada para este processo [5].

Os bombeiros podem também ter de efetuar combate direto, utilizando para além das ferramentas manuais acima referidas, a utilização simultânea de um extintor dorsal e batedores/abafadores. Este tipo de cenário é justificado pelas possíveis áreas bastante afastadas do veículo de combate de cuja guarnição os

bombeiros fazem parte, nomeadamente quando os acessos só permitem a movimentação a pé. Para além disso, é ainda possível a realização de faixas de segurança em rescaldo com a utilização das ferramentas manuais e extintor dorsal, de forma a circunscrever a área ardida e evitar reacendimentos ou possíveis projeções, sendo necessário cobrir os focos de incêndio (pontos quentes) no interior da área ardida, assim como nos seus limites, com terra e água, evitando assim a continuidade da combustão dos materiais [5].

2ª- Com o recurso a linhas de mangueira, tanto para ataque direto como para realizar operações de rescaldo. Esta manobra é a mais utilizada em locais onde a aproximação de veículos de combate é possível. As linhas de mangueira estabelecidas nos incêndios em espaços naturais podem ser constituídas por vários lanços, com recurso ao carretel de mangueira DN25 pré-montada (no veículo) ou à montagem de lanços transportados em malotes adequados. O estabelecimento de linhas de mangueira para ataque direto nos incêndios em espaços rurais pode ser feito, também, com recurso a lanços de maior diâmetro, DN38/45, quando as condições do incêndio assim o exigirem [5].

❖ Utilização de lanços de mangueira DN 25 pré-montada em carretel (equipa constituída por 5 elementos) [5]:

1. N.º 1 transporta um malote com dois lanços de mangueira e uma agulheta que adapta à extremidade do primeiro lanço do carretel e, puxando pela linha, dirige-se ao local de trabalho;
2. N.º 2 transporta um malote com dois lanços de mangueira e ajuda a estender a linha até ao local de início do ataque ao flanco do incêndio e toma lugar na linha atrás do n.º 1;
3. N.º 3 transporta um malote com dois lanços de mangueira e ajuda a estender a linha até ao local de início do ataque ao flanco do incêndio e toma lugar na linha atrás do n.º 2;
4. N.º 4 destrava o carretel, ajuda a desenrolar a mangueira necessária à progressão e, quando a linha atinge o comprimento suficiente, desliga

- o lançaço do carretel, liga-o à saída da bomba do veículo de combate e toma lugar na linha atrás do n.º 3;
5. Motorista do veículo de combate abre a válvula da bomba do veículo e coloca a linha em carga;
 6. N.º 1 regula o caudal da agulheta de acordo com o que pretende e é exigido pela circunstância e procede às ações de combate e extinção das chamas;
- ❖ Utilização de lançaços transportados em malotes (equipa constituída por 5 elementos) [5]:
1. N.º 1 transporta um lançaço de mangueira e respetiva agulheta;
 2. N.º 2 transporta dois lançaços de mangueira;
 3. N.º 3 transporta dois lançaços de mangueira;
 4. N.º 4 transporta um malote com dois lançaços de mangueira de reserva;
 5. N.º 3 coloca um dos lançaços no solo, entrega uma das extremidades ao n.º 4 e a outra extremidade ao n.º 2;
 6. N.º 4 liga a extremidade que lhe foi entregue à saída da bomba do veículo de combate;
 7. N.º 2 entrega uma das extremidades de um dos lançaços que transporta ao n.º 1 e liga a outra extremidade ao lançaço que o n.º 3 lhe entregou;
 8. N.º 1 liga o lançaço que transporta à extremidade do lançaço que o n.º 2 lhe entregou;
 9. N.º 2 liga o segundo lançaço ao lançaço do n.º 1;
 10. N.º 3 liga o segundo lançaço ao segundo lançaço do n.º 2;
 11. N.º 1 adapta a agulheta ao último lançaço, regula o caudal de acordo com o que pretende e é exigido pela circunstância e procede às ações de combate e extinção das chamas;

Durante as ações de supressão de incêndios florestais com recurso a ferramentas manuais, os bombeiros podem ainda ser confrontados com outras situações em

que, em caso de necessidade podem ser transportados em helicópteros para atuarem em áreas distantes e não acessíveis aos veículos de combate. Este tipo de aeronaves apresenta perigos para quem se aproxima ou afasta, tendo em conta a alta rotação a que se movimentam os seus rotores, principal e de cauda, existindo para tal procedimentos de combate específicos. É de realçar ainda a existência de procedimentos de segurança: para a utilização de um abrigo de incêndio florestal (fire shelter), sendo este um equipamento de sustentabilidade (sobrevivência) individual de relevante importância, podendo a sua correta utilização salvar vidas em situações de emergência, quando o bombeiro se vê cercado pelo incêndio e não consegue encontrar outra forma de fuga ou de se proteger, com exceção deste derradeiro recurso; assim como para a segurança dos operacionais durante a descarga de água por parte dos meios aéreos. As zonas onde as aeronaves fazem as descargas são, potencialmente perigosas para os bombeiros no terreno, uma vez que podem sofrer quedas ou projeções violentas contra árvores, rochas e outros objetos, bem como serem atingidos pela projeção de ramos, árvores ou pedras, impelidos pelo choque da água [5].

3 - Exigência física e parâmetros físicos inerentes às funções dos Bombeiros

Apesar de não haverem dados concretos e verosímeis na comunidade científica que quantifiquem e descrevam as necessidades/stress fisiológico aplicado aos bombeiros florestais durante um combate a um incêndio florestal, devido às inúmeras variáveis existentes neste cenário, impossíveis de replicar, dados recentes indicam-nos que o combate a incêndios tem se mostrado uma tarefa de cariz altamente aeróbio, em que até 86% da produção de energia é atribuída aos sistemas de energia aeróbia [6]. Perroni e colaboradores demonstraram que os bombeiros podem atingir 80% do seu $VO_{2máx}$ durante a atividade simulada de combate a incêndios e podem ter que manter sessões de exercício a 65% do seu $VO_{2máx}$ por períodos prolongados de tempo. [6] No entanto, este tipo de estudos teve uma envolvimento particular de replicação de cenários de combate a incêndios industriais/urbanos e não florestais, como é o âmbito do nosso

estudo. Porém, estes dados podem dar-nos inicialmente uma referência dos valores que poderemos vir a atingir.

Independentemente do tipo de cenário, a preparação física de todo o tipo de operacionais de salvamento, como é o caso dos bombeiros, é fulcral para o bom desempenho da tarefa, salvaguardando a própria segurança e saúde de todos os envolvidos nas operações de socorro, com especial atenção para os próprios bombeiros.

Houck e colaboradores [7], num estudo em que todos os participantes eram bombeiros urbanos ou florestais, apenas 22 (27,5%) destes atenderam ao padrão atual de VO₂ máximo recomendado pela NFPA (National Fire Protection Association) de 42 mL/kg/min, e 20 (25%) participantes não atenderam à recomendação de 33,5 mL/kg/min que deve ser considerado o critério mínimo para bombeiros que executem tarefas não extenuantes. [7]

Em resumo, a amostra de bombeiros profissionais estava predominantemente abaixo do nível de aptidão aeróbia recomendado para a sua profissão. Setenta por cento dos participantes foram classificados com sobrepeso ou obesos com base no índice de massa corporal, enquanto 25% foram classificados como tendo níveis de gordura corporal "baixos" ou "muito baixos". Os bombeiros estavam acima da média tendo em conta os valores da força muscular. No entanto, os resultados do IMC superestimaram o número de bombeiros que foram classificados como obesos quando comparados com a análise da gordura corporal via bioimpedância [7].

Já Gnacinski e colaboradores [8], com o objetivo de verificar as alterações do foro fisiológico, nomeadamente no VO₂ máx. e Δ FC, que podem ocorrer durante as atividades de treino realizadas durante a formação de jovens recrutas bombeiros, cuja amostra foi de 42 bombeiros recrutas (3 mulheres, 39 homens) empregados nas áreas metropolitanas de um estado na região Centro-Oeste dos EUA que se ofereceram para participar no estudo, e que no momento da recolha de dados, todos eles estavam inseridos num programa de treino físico de 16 semanas incorporado nos seus quartéis, realçaram que embora hajam ganhos

de aptidão cardiovascular ao longo desse programa, torna-se extremamente importante continuar a preparação física após o período formativo, sendo necessária a implementação de regimes de treino específicos durante o horário de trabalho, de forma a evitar perdas e garantir o bem estar físico exigido aos operacionais pelo seu próprio contexto [8]. Gendron e colaboradores cujo objetivo de estudo foi comparar o nível de atividade física semanal e indicadores de saúde cardiovascular de bombeiros que treinam fisicamente e de bombeiros que não treinam fisicamente, concluíram exatamente o mesmo [9]. Os resultados mostram que os bombeiros que treinam fisicamente em serviço apresentam maior nível de atividade física total semanalmente e melhores indicadores de saúde cardiovascular, e que o treino físico deve ser promovido durante o horário de trabalho para melhorar a saúde cardiovascular dos bombeiros [9].

A pesquisa sugere que os períodos de destreino de apenas 3–6 semanas podem resultar em reduções de 6–14% no VO_{2max} , e as melhorias de ΔFC pós-exercício alcançadas durante oito semanas de treino podem ser perdidas em apenas quatro semanas de destreino [8]. Outros pesquisadores sugeriram que a aptidão geral pode regredir em 50% durante um período de 4–12 semanas de destreino, e que a capacidade de resistência pode variar substancialmente dentro de um período de destreino sem mudanças mensuráveis no VO_{2max} [8].

Apesar da diferença de contexto em relação ao cenário e condições vivenciadas pelos bombeiros voluntários portugueses, tais dados, acima referidos, têm aplicabilidade direta, evidenciando-se e destacando-se similarmente à amostra destes estudos, a não obrigatoriedade da prática de exercício físico em horário de trabalho, espelhando a pouca importância que a preparação física tem no meio e contexto dos bombeiros voluntários portugueses e não só.

Para além disso, e num contexto mais similar, Espinoza e colaboradores, num estudo realizado com bombeiros voluntários chilenos, destacaram

essencialmente pontos semelhantes aos autores acima referidos [10]. O objetivo deste estudo foi determinar a influência de parâmetros antropométricos e fatores de risco cardiometabólicos na aptidão cardiorrespiratória de setenta e seis bombeiros voluntários chilenos do sexo masculino com idade média de 27,5 anos [26-56], índice de massa corporal (IMC) médio de 27,7 kg/m² [19,9-35] e VO₂máx médio de 44 mL/kg/min [36-56]) [10].

Os valores obtidos indicam que a aptidão cardiovascular dos bombeiros chilenos foi afetada principalmente pela obesidade abdominal. No total, 68% da amostra apresentou sobrepeso ou obesidade e um total de 36% apresentou obesidade abdominal (“WC” (circunferência da cintura) ≥102 cm). A hipertensão arterial (“HBP”) foi observada em 25% dos bombeiros e a glicemia elevada em cerca de 20%. A presença de obesidade abdominal foi o mais forte preditor de VO₂máx, seguido pela “WHR” (relação cintura-anca) e glicose alta no sangue [10]. Além disso, neste estudo, os parâmetros antropométricos estiveram associados à diminuição da aptidão cardiovascular, tendo os resultados mostrado uma forte relação negativa entre o “IMC” e “WC” com esta [10].

Para além disso, estudos recentes indicam que as operações de combate a incêndios podem levar à exposição de altas concentrações de CO (monóxido de carbono), VOC (componentes orgânicos voláteis), NO₂ (dióxido de nitrogênio) e PM_{2,5} (particulados ou material particulado), com potenciais efeitos nocivos à saúde humana, destacando-se por isso e ainda mais, a importância na manutenção e salvaguarda da saúde física dos operacionais envolvidos no combate aos incêndios florestais [11].

Foram observadas várias excedências dos valores OES (“Occupational Exposure Standard”) para CO, o que significa que os bombeiros estão expostos a níveis superiores aos limites permitidos pela legislação vigente. Os valores de NO₂ estão dentro do OES, exceto por algumas excedências de valores de pico, assim como os de PM_{2.5}, que também estão dentro do valor OES.

No entanto, de acordo com os números, a exposição medida para PM_{2,5} é muito alta e pode afetar a saúde humana. Sobre VOC e levando em consideração que os valores que atingiram os 88 µm foram medidos, algumas pesquisas adicionais serão necessárias para determinar os compostos específicos e as suas concentrações individuais. Concluiu-se também que maiores valores de exposição para CO e PM_{2,5} foram registrados pelos bombeiros próximos ao incêndio, e maiores exposições de VOC foram adquiridas próximos aos veículos de combate a incêndios. Verificou-se também que as emissões derivadas dos motores dos veículos podem aumentar a exposição média ao NO₂, mas os valores de pico desse poluente são mais afetados pelo fumo originado pela queima de biomassa [11].

Os resultados apresentados neste artigo são as primeiras medidas de exposição pessoal do bombeiro a gases tóxicos e partículas em incêndios experimentais realizados na Europa. Destaca-se que medidas urgentes para evitar esses níveis de exposição são necessárias. Esses podem estar relacionados ao uso de dispositivos de proteção adequados, ao planejamento correto dos turnos de combate a incêndio, à disponibilidade operacional das informações em relação às áreas de maiores níveis de poluentes que podem ser obtidos através da modelagem de exposição, assim como à correta preparação física de todos os operacionais envolvidos [11].

Manter um alto nível de aptidão cardiovascular é vital para os bombeiros devido às condições fisiológicas às quais estão expostos, como altas temperaturas, atividades de alta intensidade, contaminação atmosférica e transporte de equipamentos pesados, entre outros fatores que influenciam o desempenho. É importante que os bombeiros voluntários sejam constantemente monitorizados quanto à sua aptidão cardiovascular e composição corporal, sendo constantemente registradas as alterações cardiometabólicas que possam surgir, além de ser fortemente necessária a prescrição de programas de exercício físico com o objetivo de melhorar as variáveis antropométricas, metabólicas e cardiorrespiratórias.

Com alguns dos dados evidenciados, que espelham, de uma forma geral, a realidade à escala global do nível de aptidão física exibida pelos bombeiros, quer sejam eles profissionais ou não, florestais ou industriais, torna-se fulcral a inclusão de programas de treino obrigatórios para melhorar a aptidão aeróbia, força muscular e composição corporal. Devem ser incorporados aos procedimentos diários obrigatórios dos corpos de bombeiros, garantindo aos seus funcionários, meios suficientes para alcançar e manter altos níveis de aptidão física, aumentando assim a sua segurança pessoal e daqueles que trabalham com eles, e, otimizando simultaneamente a sua produtividade em situações de perigo e de extrema exigência física, que naturalmente caracterizam a maioria das tarefas exercidas pelos bombeiros (estruturais e/ou florestais).

A realidade é que, tendo em conta a exigência física e psicológica, o perigo acentuado e as atividades de risco executadas pelos bombeiros, temos de encará-los como atletas de elite no que toca à sua preparação, aliando o seu conhecimento técnico à preparação adequada para o aplicar.

4 - Determinantes Fisiológicas Pertinentes ao Estudo

➤ 4.1 – Aptidão Cardiorrespiratória

A aptidão cardiorrespiratória (ACR) está relacionada com a capacidade de realizar exercícios que envolvam grandes grupos musculares, dinâmicos e de intensidade moderada a vigorosa por períodos prolongados. A realização do exercício nesse nível de esforço físico depende da integração e interligação dos estados fisiológico e funcional dos sistemas respiratório, cardiovascular e musculoesquelético. A ACR é considerada um componente de extrema importância do condicionamento físico relacionado com a saúde porque: (a) baixos níveis de ACR têm sido associados ao risco significativamente elevado de morte prematura de todas as causas e, especificamente, de doença

cardiovascular (DCV); (b) aumentos na ACR estão ligados a redução de morte de todas as causas; e (c) altos níveis de ACR estão vinculados a níveis maiores de atividade física habitual, que, por sua vez, estão associados a muitos benefícios para a saúde [12].

➤ 4.2 - Conceito de consumo máximo de oxigénio – VO₂máx

O VO₂máx, entendido como a descrição quantitativa de captação máxima de oxigénio, é um indicador fisiológico muito importante, correspondendo à capacidade máxima do organismo em captar da atmosfera, transportar aos tecidos e utilizar/consumir por unidade de tempo o oxigénio através das vias metabólicas oxidativas durante um esforço máximo de características gerais [13]. Para o organismo vencer uma dada carga de trabalho, o mesmo promove adaptações corporais, que vão desde adaptações respiratórias, a adaptações cardiovasculares, musculares e endócrinas, sendo que as mesmas estão condicionadas aos parâmetros de volume e intensidade de esforço pelo organismo suportado. Por sua vez, existe uma correlação direta entre a duração do esforço e a capacidade e potência do metabolismo oxidativo [13].

Astrand e Rodahl em 1986, já descreviam o VO₂máx como a maior taxa a que o oxigénio pode ser inspirado e utilizado, durante o exercício, ao nível do mar [14]. Este torna-se assim um critério de medição da capacidade aeróbia de um atleta, indicando a capacidade máxima do organismo em consumir oxigénio durante um esforço máximo até à exaustão, relacionando-se diretamente com o débito cardíaco (Q), que, por sua vez, depende do volume sistólico (VS) e da frequência cardíaca (FC) [15]. O débito cardíaco corresponde à quantidade de sangue que o coração consegue bombear por unidade de tempo, existindo diferenças notórias entre cenários de esforço e repouso, bem como em atletas treinados e não treinados [15].

Para a obtenção do valor de VO_2 máx, existem alguns critérios definidos e estipulados que garantem a sua obtenção num determinado indivíduo que realiza uma prova máxima de determinação direta do VO_2 máx, fazendo-se esta diretamente através da análise de gases expirados que pode funcionar em sistema aberto ou fechado. [12,16]. Alcança-se então o consumo máximo de oxigénio (VO_2 máx) quando, após o aumento da intensidade do esforço, não se verifica uma concordância no aumento do consumo de oxigénio (VO_2), existindo sim uma estabilização ou mesmo uma ligeira queda do VO_2 ; quando existe exaustão por parte do avaliado; quando é obtida a FC máxima determinada previamente; quando o quociente de respiração (QR) é superior a 1; quando a lactatémia é superior a 8 mmol/l [12,16].

O consumo máximo de oxigénio demonstra-nos assim o limite fisiológico, indicando o estado do sistema de transporte de oxigénio que está diretamente relacionado às variáveis do sistema cardiovascular, respiratório e do metabolismo energético [17]. Este estabelece a eficiência do sistema cardiorrespiratório em captar (ventilação pulmonar), fixar (trocas gasosas alveolares), transportar (sistema cardiovascular) e utilizar o oxigénio (respiração celular), correspondendo assim ao volume máximo de oxigénio consumido durante a realização do esforço físico que envolve grande parte das massas musculares [18]. Este parâmetro é de grande importância para a caracterização fisiológica do indivíduo, uma vez que fornece indicadores cardiorrespiratórios importantes [18].

Armstrong e Welsman em 1994 e Krahenbuhl em 1985, referiram que durante o crescimento e a maturação, o consumo máximo de oxigénio absoluto (VO_2 L/min) aumenta à medida que o tamanho corporal aumenta [19,20].

Para além disso, McArdle ainda referiu que o consumo de oxigénio é uma das medições fundamentais e reconhecidas como fator de predição do gasto de energia, através de dois componentes chave: distribuição do oxigénio aos

músculos e capacidade dos músculos usarem esse oxigénio, designada esta última por eficiência mecânica [21].

O consumo máximo de oxigénio ($VO_{2m\acute{a}x}$) é aceite como o critério de medida da ACR. Essa variável é expressa geralmente em termos relativos (ml/kg/min) e não absolutos (ml/min), possibilitando comparações importantes entre indivíduos com massas corporais diferentes. O $VO_{2m\acute{a}x}$ é um produto do débito cardíaco máximo Q (l de sangue/min) e a diferença de oxigénio entre os sistemas arterial e venoso (ml O_2 /l de sangue). Variações significativas no $VO_{2m\acute{a}x}$ entre as populações e os níveis de condicionamento são resultantes principalmente das diferenças em Q em indivíduos sem doença pulmonar; portanto, o $VO_{2m\acute{a}x}$ está relacionado intimamente com a capacidade funcional do coração.

➤ 4.3 – Limiar Anaeróbio/Lactato

Segundo Wasserman, o autor que introduziu o termo limiar anaeróbio, o mesmo é descrito como o fenómeno onde existe consumo de oxigénio acima da produção de energia aeróbia e é suplementado pela produção de energia por via anaeróbia, o que resulta num aumento significativo da concentração de lactato no sangue em relação aos níveis de repouso. A estimacão do limiar anaeróbio foi primariamente utilizada para capacitar clinicamente pacientes cardíacos e respiratórios, e só posteriormente o seu uso foi generalizado ao contexto desportivo [22].

Nos estudos de Costill e Hagberg e Coyle, é referido que existe uma baixa correlacão entre $VO_{2m\acute{a}x}$ e rendimento desportivo. Segundo os autores, para esforços de média a longa duracão e apesar do consumo máximo de oxigénio ser um pré-requisito de rendimento para atletas de elite, foi descoberto que quem consiga utilizar uma maior fracão do seu $VO_{2m\acute{a}x}$ por um maior período durante o esforço, irá obter um melhor rendimento do que aqueles que estão

limitados a completar o evento a uma intensidade inferior [23,24]. Consequentemente, o limiar anaeróbio ganhou uma utilidade maior em termos de teste, treino, competição e otimização da performance desportiva, podendo este ser determinado de forma invasiva ou não invasiva [23,24]. Uma forma invasiva é a colheita de sangue para determinação do lactato sanguíneo e, uma não invasiva é feita pela ergoespirometria (procedimento de avaliação de desempenho físico máximo) para determinação direta do limiar anaeróbio [25]. Autores e pesquisadores como Kindermann, Mader, Sjodin e Jacobs e Hollman, utilizam valores de 4mmol/l de concentração de lactato como ponto de referência para a máxima intensidade de exercício que o atleta consegue suportar por uma duração prolongada. Porém, para além deste valor ser muito controverso no âmbito da investigação científica e existirem muitos outros métodos para determinar este ponto de referência, este é também variável e subjetivo a cada atleta, dada a especificidade e identidade biológica própria de cada indivíduo [26,27,28,29,30]. Comparando os dois métodos, é notória a preferência na utilização do método invasivo para determinação do limiar anaeróbio, uma vez que apresenta sensibilidade comprovada no treino e serve como “preditor de rendimento” aeróbio, assim como apresenta uma maior operacionalização quando comparado com um teste de ergoespirometria, teste esse que, por sua vez, possibilita determinar variáveis respiratórias, metabólicas e cardiovasculares obtidas através das trocas gasosas pulmonares durante a realização do teste, sendo essencial para determinar o valor de consumo máximo de oxigénio [31,32]. O limiar anaeróbio é expresso em % do VO₂máx em que ocorre, sendo que o cenário ideal para os atletas é conseguir realizar exercícios de intensidades elevadas sem acumulação de lactato, priorizando a sua via aeróbia e impedindo a ocorrência de fadiga prematura [33]. O limiar anaeróbio indica-nos assim a intensidade a que conseguimos manter um esforço físico durante largos períodos de tempo. Durante o esforço e à medida que o mesmo se intensifica, as taxas de produção de lactato muscular e a taxa da sua remoção aumentam. Se o exercício for realizado a uma intensidade onde a

produção de lactato é superior à sua remoção, existe o aumento das concentrações de lactato no sangue e no músculo. Dito isto, o limiar anaeróbio pode definir-se como o limite crítico para além do qual, qualquer tipo de intensidade de esforço leva a um aumento rápido da lactatémia, fazendo com que o mesmo corresponda à carga que o corpo pode suportar, ocorrendo um equilíbrio entre a produção e remoção de ácido láctico [33].

Durante os últimos 50 anos, a curva de lactato e o limiar anaeróbio/de lactato tornaram-se num fator importante no diagnóstico do rendimento humano [33]. Faude e seus colaboradores (2009) explicam que a transição entre a capacidade aeróbia e a capacidade anaeróbia pode servir como preditor individual do rendimento humano e como um fator de prescrição de intensidade no treino de endurance [34].

Numa revisão meta-analítica de testes de rendimento realizada por Hopkins, concluiu-se que as medições de lactato no limiar anaeróbio são um melhor preditor de rendimento do que medições ventilatórias no limiar, uma vez que apresentam uma maior confiança e maior sensibilidade a mudanças que os parâmetros ventilatórios [35]. Foram ainda identificados dois limiares relativos ao lactato. O primeiro ponto de transição corresponde ao princípio do esforço onde existe acumulação de lactato e é denominado de limiar aeróbio. O segundo ponto de transição é denominado de limiar anaeróbio e representa a intensidade de exercício correspondente ao ponto máximo de equilíbrio de acumulação de lactato [26,36].

➤ 4.4 – Frequência Cardíaca

Atualmente sabe-se que o coração é uma bomba eletromecânica que impulsiona o sangue oxigenado proporcionalmente à exigência requerida pelo corpo, recebendo também deste, sangue desoxigenado, dependendo essa atividade dos miocardiócitos do miocárdio (Lei de Frank-Starling) [37]. Embora não seja claro que o stresse ou outras determinantes possam alterar a estrutura e o funcionamento cardíaco, o coração também é propenso a doenças como hipertensão, infarto, miopatias cardíacas, angina e doenças valvulares, de forma semelhante a outros órgãos humanos, sendo também influenciado pela idade, estilo de vida, falta de atividade física, distúrbios metabólicos, estado nutricional, alterações fisiológicas, condições patológicas, entre outros. [37].

O controlo da frequência cardíaca é então uma forma simples e prática de monitorizar a intensidade do exercício físico, de forma a padronizar e especificar diferentes tipos de treino, assim como evitar possíveis complicações cardiovasculares. A FC é uma forma simples de fornecer informações sobre a quantidade de trabalho realizado durante a prática de atividade física, sendo amplamente utilizada para estimar o esforço metabólico em treinos e/ou em competições de diversas modalidades desportivas, já que a sua prática pode gerar alguns riscos aos seus praticantes, sendo um deles o aumento de distúrbios cardiovasculares associados a baixos níveis de atividade física ou devido à realização de exercícios sem uma orientação específica [38]. As evidências fisiopatológicas sugerem que quando um indivíduo percebe ou é informado que um exercício será iniciado em breves momentos, verifica-se um aumento discreto, ou seja, por volta de 10 a 20 bpm da FC, em função da ativação do sistema nervoso simpático [38]. Isto, aliado às maiores exigências miocárdicas do exercício vigoroso, podem desencadear eventos cardiovasculares em indivíduos com cardiopatias conhecidas ou ocultas, entre os quais a paragem cardiorrespiratória [38]. Sabendo que as frequências cardíacas que ultrapassam 85% da FC máxima apresentam alterações eletromiográficas, os exercícios

vigorosos praticados ocasionalmente estimulam o sistema nervoso simpático e promovem uma instabilidade elétrica, predispondo a arritmias cardíacas graves ou ruptura de uma placa aterosclerótica vulnerável [38].

Para efeitos de comparação e análise, e tendo em conta o estudo em questão desta dissertação de mestrado, sabe-se que, normalmente, a FC numa partida de futebol é superior a 150 bpm, com taxas de 85% do VO₂max em dois terços do jogo. Durante a competição, a FC do jogador pode variar entre 150 a 190 bpm, descendo a níveis abaixo de 150 bpm somente em breves períodos [38].

Podemos dizer então que o coração trabalha de forma ativa e constante, estabelecendo uma interação com o cérebro, denominada esta por neurocardiologia [37]. Desempenha assim um papel fisiopatológico no qual envia a informação ao cérebro via nervo aferente para manter o equilíbrio homeostático. Este sistema coração-cérebro contém gânglios cardíacos intrínsecos, que possuem fibras nervosas aferentes para receber informações e os gânglios eferentes que transmitem um sinal através dos neurónios simpáticos e parassimpáticos [37]. Para além disso, o coração, através do neurocardio (sistema nervoso cardíaco intrínseco), processa as informações sensoriais de outros órgãos, vasos sanguíneos e até mesmo dele mesmo, de forma a manter a atividade cardíaca [37].

O coração é então o órgão central do sistema circulatório, que mantém o fluxo de sangue juntamente com o transporte de nutrientes para diferentes células e tecidos. Porém, este não é considerável saudável apenas pela análise da sua oscilação, pois a sua frequência não é a mesma em todas as circunstâncias. A frequência cardíaca apresenta variações para que possa ser regulada de acordo com as condições psicofisiológicas necessárias para manter o efeito do estímulo interno-externo, podendo esta ser definida como o número de batimentos cardíacos registados num minuto, enquanto a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) mede o tempo entre cada batimento cardíaco. Também conhecida como intervalo R-R, essa variação de intervalo de batimento a

batimento é medida em milissegundos e pode variar dependendo de vários fatores. Por exemplo, o intervalo entre os batimentos cardíacos é geralmente mais longo na expiração e mais curto na inspiração. Portanto, mesmo que a frequência cardíaca seja de 60 batimentos por minuto, o tempo entre essas batidas raramente é de um segundo exato, definindo-se então este conceito pela variação entre os batimentos cardíacos num período específico. A resposta máxima da frequência cardíaca (FC_{máx}) pode ser definida direta e indiretamente, onde esta pode ser definida utilizando qualquer uma das várias equações publicadas [12]. Para a equação mais utilizada ($220 - \text{idade}$), a relação entre idade e FC_{máx} para uma grande amostra de indivíduos é bem estabelecida. Porém, a variabilidade entre os indivíduos é alta (± 12 batimentos/minuto). Como resultado, existe um potencial de erro considerável no uso dos métodos que extrapolam os dados de teste submáximo para uma FC_{máx} prevista para a idade, devendo ainda ser demonstradas equações alternativas que tenham maior precisão e menor variabilidade, fornecendo informação clínica mais fidedigna e aproximada à realidade, em comparação com o uso de qualquer equação já publicada [12].

Quanto à análise da frequência cardíaca e no que diz respeito à utilização de testes de monitorização e avaliação da performance, é importante considerar a avaliação da capacidade de recuperação cardíaca. Neste caso, o atraso na diminuição da FC no início da recuperação após um teste de esforço máximo (como por exemplo a diminuição após o primeiro minuto de recuperação ≤ 12 batimentos/min) é um forte indicador independente da mortalidade geral e deve ser incluído na avaliação geral da capacidade cardiovascular juntamente com o teste de avaliação da capacidade aeróbia realizado [12];

Tabela 1: Equações para a estimativa da Frequência Cardíaca Máxima [12]

Autores	Equação
Fox	$FC_{\text{máx}} = 220 - \text{idade}$
Astrand	$FC_{\text{máx}} = 216,6 - (0,84 * \text{idade})$
Tanaka	$FC_{\text{máx}} = 208 - (0,7 * \text{idade})$
Gellish	$FC_{\text{máx}} = 207 - (0,7 * \text{idade})$
Gulati	$FC_{\text{máx}} = 206 - (0,88 * \text{idade})$

➤ 4.5 – Métodos Antropométricos/Composição Corporal

❖ Índice de massa corporal

O índice de massa corporal (IMC) ou índice de Quetelet é utilizado para a aferição do peso em relação à altura e é calculado pela divisão do peso corporal em quilogramas, pela altura em metros quadrados (kg/m^2). O “Expert Panel on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults” (Painel de Peritos para Identificação, Avaliação e Tratamento do Sobrepeso e da Obesidade em Adultos) define a faixa de IMC entre 25,0 e 29,0 kg/m^2 como sobrepeso e os valores de $\text{IMC} \geq 30,0 \text{ kg}/\text{m}^2$ como obesidade. Porém, este índice não consegue fazer distinção entre massa gorda, massa magra e massa óssea. Além disso, ao $\text{IMC} \geq 30,0 \text{ kg}/\text{m}^2$ estão associados maiores riscos de hipertensão arterial, apneia noturna, diabetes mellitus tipo 2, alguns tipos de cancro, doenças cardiovasculares e taxa de mortalidade aumentada, sendo um índice baixo de IMC ($< 18,5 \text{ kg}/\text{m}^2$) também preocupante, elevando o risco de mortalidade [12].

❖ Perímetros/Circunferências

O padrão de distribuição da gordura corporal é reconhecidamente um indicador importante da saúde. Como constatado na literatura, a acumulação e distribuição de gordura é diferenciada, podendo causar maiores ou menores riscos para a saúde humana [12]. No caso da obesidade androide, caracterizada pela maior deposição de gordura no tronco (gordura abdominal), esta faz aumentar o risco de hipertensão arterial, síndrome metabólica, diabetes mellitus tipo 2, dislipidemia, doenças cardiovasculares e morte prematura. Já a obesidade ginoide (gordura distribuída na anca e nas coxas) resulta num menor risco de complicações metabólicas [12]. Para além disso, entre os indivíduos com aumento de gordura abdominal, níveis maiores no compartimento visceral conferem maior risco para o desenvolvimento de síndrome metabólica em comparação com uma distribuição semelhante de gordura no compartimento subcutâneo [12].

As medidas de perímetro (ou circunferência) podem ser utilizadas para a obtenção de uma representação geral da composição corporal, estando disponíveis equações para ambos os géneros e faixas de grupos etários [12]. A precisão pode ter um erro entre 2,5% e 4,0% da composição corporal real, caso o sujeito apresente características semelhantes às da população original de validação dos dados, e caso as medidas das circunferências forem precisas e executadas por um profissional experiente. É utilizada fita adesiva retrátil para as medições, de forma a reduzir a compressão sobre a pele e aumentar a coerência da medida [12]. São recomendadas medidas em duplicado de cada lado, as quais devem ser obtidas em ordem rotacional e não consecutiva, ou seja, têm de ser repetidas sem ser consecutivamente. A média das duas medidas é utilizada, exceto se essas diferirem mais que 5 mm [12].

No caso da relação cintura-anca, esta é a divisão do perímetro da cintura em centímetros (perímetro mais estreito entre o umbigo e o apêndice xifoide) pelo perímetro da anca em centímetros, e tem sido utilizada tradicionalmente como

um método simples para a verificação da distribuição da gordura corporal [12]. O risco à saúde aumenta conforme a relação aumenta, variando este de acordo com a idade e o gênero. Por exemplo, o risco para a saúde é muito alto para adultos jovens quando a relação cintura-anca é $> 0,95$ e para mulheres jovens quando é $> 0,86$. Na faixa etária entre 60 e 69 anos de idade, os valores de referência já têm de ser $> 1,03$ para homens e $> 0,90$ para mulheres, para a mesma classificação de alto risco dos adultos jovens [12].

❖ Medidas das pregas de adiposidade subcutânea

O princípio que rege a medida das pregas de adiposidade subcutânea define-se pela proporcionalidade na quantidade de gordura subcutânea e a quantidade total de gordura corporal, pressupondo-se que cerca de um terço da gordura total corporal esteja localizado subcutaneamente [12]. A proporção exata entre gordura subcutânea e total varia com o gênero, a idade e a raça, portanto, as equações de regressão utilizadas para converter a soma das dobras cutâneas em percentagens de gordura corporal consideram todas essas variáveis para uma maior precisão [12].

A obtenção de medidas precisas da composição corporal pelas dobras cutâneas depende muito da experiência do avaliador, tornando o sucesso da avaliação dependente de um treino adequado (conhecimento dos pontos de referência anatômicos, procedimentos de medida e manuseamento correto do adipómetro) [12].

A precisão da verificação da percentagem de gordura corporal por meio das dobras cutâneas pode ter um erro de aproximadamente 3,5%, assumindo que tenham sido utilizadas técnicas e equações adequadas [12].

❖ Densitometria

A composição corporal pode ser estimada através da densitometria corporal total utilizando a razão entre a massa e o volume corporais. O fator delimitador para a avaliação da densidade corporal é a precisão da medida do volume corporal, uma vez que a massa do corpo é verificada simplesmente através da massa corporal, porém, o volume do corpo tem de ser aferido pela pesagem hidrostática e/ou pela pletismografia, métodos mais complexos e dispendiosos [12]:

- Pesagem hidrostática: é uma técnica de medição da composição corporal que se baseia no princípio de Arquimedes, ou seja, quando um corpo é imerso na água, é submetido a uma força contrária igual ao peso da água deslocada; essa perda de peso na água viabiliza o cálculo do volume corporal [12]. Este método baseia-se então no pressuposto de que o corpo se divide em dois compartimentos, a massa gorda e a massa livre de gordura, e que estas têm densidades constantes e que as quantidades relativas dos três maiores constituintes da massa livre de gordura (água, proteína e minerais) são conhecidas e constantes em todos os indivíduos [12]. Os tecidos ósseo e muscular são mais densos que a água, verificando-se o oposto com o tecido adiposo, portanto, um indivíduo com mais massa livre de gordura para a mesma massa corporal total, pesa mais na água e tem densidade corporal maior e percentagem menor de gordura corporal [12].

Embora a pesagem hidrostática seja um método padrão para a avaliação do volume corporal e, por conseguinte, da composição corporal, são necessários equipamentos especiais, medidas precisas do volume residual, fórmulas específicas e significativa cooperação do indivíduo [12].

- Pletismografia: o volume corporal também pode ser medido pelo deslocamento de ar, em substituição do deslocamento de água, como ocorre no método da pesagem hidrostática [12]. A pletismografia é um método relativamente recente, que utiliza a densidade corporal para fazer a

estimativa da composição corporal. É um método simples, seguro e que exige muito pouca cooperação por parte do avaliado. No entanto, exige equipamento sofisticado com um alto custo monetário na sua aquisição. A pletismografia vai estimar o volume corporal por meio do deslocamento de ar, determinando o volume corporal e a densidade corporal. O avaliado é colocado dentro de um equipamento denominado “Bod Pod”, instrumento que determina as variações no volume e pressão de ar, realizando ajustes para variáveis pulmonares necessárias na estimativa do volume corporal [12]. O volume corporal é calculado indiretamente, subtraindo ao valor do volume de ar na câmara quando esta se encontra vazia, ao volume de ar restante dentro da câmara quando o sujeito se encontra lá dentro. Esta tecnologia agora está bem estabelecida, sendo bastante eficiente, uma vez que, geralmente, reduz a ansiedade associada à técnica de hidrodensitometria (pesagem hidrostática) [12].

❖ Outras técnicas

Técnicas adicionais confiáveis e precisas para a avaliação da composição corporal incluem a absorciometria com raios X de dupla energia (DEXA) e a condutividade elétrica corporal total, também conhecido como método de bioimpedância. Estas técnicas, porém, possuem protocolos bastante rigorosos e por vezes de difícil aplicação, havendo a necessidade de profissionais altamente treinados para as aplicar [12].

No caso específico da Bioimpedância, podendo ser de dois ou quatro pontos, esta consiste na passagem de uma corrente elétrica pelo nosso corpo, onde vão ser avaliadas a resistência (representada por RZ, refere-se à oposição da massa corporal extracelular) e a reactância (representada por XC, refere-se à oposição adicional das membranas celulares ou massa corporal intracelular) [12]. A medição da composição corporal é assim executada através da introdução no organismo de uma pequena corrente elétrica alternada (cerca de 1 mA) a uma frequência de 50 kHz, e posterior registo da oposição diferencial dos tecidos

(impedância) ao percurso da mesma. Esta técnica é baseada na premissa de quando uma determinada corrente elétrica é feita passar através do corpo, a voltagem cai entre dois elétrodos, sendo essa queda proporcional ao volume de fluido corporal dessa região do corpo [12]. Sabendo então que os tecidos livres de gordura são bons condutores de corrente elétrica, sendo o tecido adiposo um mau condutor (contém pouca água e eletrólitos), conseguimos saber que uma maior resistência à passagem do fluxo está então diretamente relacionada com uma maior percentagem de massa gorda presente. Os protocolos deste tipo de avaliação são bastante rigorosos, especialmente relacionado com o controlo do equilíbrio hídrico de cada pessoa, o que origina, por vezes, ao impedimento na obtenção de resultados fiáveis e fidedignos, havendo uma grande probabilidade de a margem de erro ser grande. É para isso necessário ter em atenção alguns aspetos neste método de avaliação como: não ingerir comida ou bebidas 4 horas antes da avaliação; evitar atividade física moderada ou vigorosa nas 12 horas que antecedem a avaliação; ter evacuado antes da avaliação; abstinência de álcool 48 horas antes da avaliação; não ingerir agentes diuréticos antes da avaliação, a menos que prescritos por médico; estar numa fase estável de peso (oscilações não superiores a 1 a 2 kg nos últimos 2 meses); não estar grávida ou no período menstrual (sexo feminino) [12].

➤ 4.6 – Aptidão Neuromuscular

A aptidão neuromuscular é definida pelo agrupamento de três parâmetros, a força muscular (designada pela força máxima que os músculos conseguem exercer), resistência muscular (capacidade que o corpo tem de manter ou repetir a mesma atividade durante algum tempo) e flexibilidade (amplitude de movimentos das articulações) [12]. Os benefícios para a saúde do aumento da aptidão neuromuscular estão bem estabelecidos e difundidos perante a comunidade científica [12].

No que diz respeito à força e resistência musculares, constata-se então que níveis mais altos estão associados a fatores de risco cardiometabólicos significativamente menores, risco menor de mortalidade por todas as causas e de doenças não fatais, menos eventos de DCV, assim como risco menor para desenvolvimento de limitações físicas funcionais [12]. Existe ainda uma alteração nos biomarcadores relacionados com a saúde, podendo esta ser originada pela realização de treino contínuo e progressivo de resistência muscular, incluindo assim melhorias na composição corporal, nos níveis de glicose sanguíneos, aumento da sensibilidade à insulina, melhoria da pressão arterial em indivíduos hipertensos, assim como pode ser eficiente para a prevenção e para o tratamento da “síndrome metabólica” [12]. Importa realçar também que o exercício que promove força e resistência muscular também aumenta efetivamente a massa óssea (densidade e conteúdo mineral ósseos), podendo funcionar como medida valiosa para a prevenção, retardamento ou até mesmo reversão da perda de massa óssea em indivíduos com osteoporose ou osteopenia. Além disso, como a baixa massa muscular tem sido identificada como um fator de risco para o desenvolvimento de osteoartrite, o treino direcionado à hipertrofia muscular pode ser também uma mais-valia no que diz respeito à redução na probabilidade de desenvolvimento dessa desordem musculoesquelética [12].

Ainda sobre a importância da força muscular, e tendo em conta a literatura vigente disponível, sabe-se que os treinos de força e resistência musculares podem também prevenir e melhorar doenças do foro psicológico, como a depressão e a ansiedade. Cada componente do condicionamento/aptidão neuromuscular aumenta assim em consequência de um regime de treino de força e resistência, adequadamente delineado e projetado [12].

Relativamente à flexibilidade, definida também como a amplitude do movimento ao redor de uma determinada articulação, esta melhora imediatamente após a realização de exercícios de flexibilidade, nomeadamente

alongamentos, apresentando melhorias significativas após três a quatro semanas com uma frequência de pelo menos duas a três vezes por semana de treino regular [12]. A estabilidade postural e o equilíbrio podem também ser melhorados, havendo uma interligação positiva entre estes parâmetros. Para além disso, é possível que o exercício de flexibilidade feito de modo regular possa resultar numa redução significativa de lesões musculotendinosas [12]. Porém, estes podem resultar numa diminuição imediata a curto prazo na força e na potência musculares, assim como no desempenho desportivo realizado após o alongamento, sendo particularmente aparente quando a força e potência são importantes para o desempenho, havendo assim uma interligação negativa temporária e imediata entre estes parâmetros [12].

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

Capítulo III – Metodologia

1. Delineamento da pesquisa

A elaboração deste estudo enquadra-se na realização da dissertação de mestrado do mestrado em Biocinética, da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, com o âmbito de incorporar a análise de variáveis fisiológicas incorporadas e requeridas no esforço físico de bombeiros envolvidos no combate a incêndios florestais, de forma a podermos caracterizar este tipo de esforço físico.

2. Autorização e considerações éticas

O projeto do estudo, intitulado “As exigências fisiológicas no combate a incêndios florestais, Um estudo realizado com bombeiros voluntários portugueses” foi aprovado pelo Conselho Científico da FCDEF-UC e submetido à comissão de ética.

3. Seleção e caracterização da amostra de estudo

Neste estudo foram selecionados 10 bombeiros voluntários portugueses pertencentes à corporação de bombeiros voluntários da Sertã, do distrito de Castelo Branco, dos quais apenas 7 recolheram dados.

O total de elementos pertencentes ao quadro ativo, no momento do início da recolha de dados para o estudo, era de 138 (3 chefes, 10 subchefes, 18 bombeiros de 1ª categoria, 32 bombeiros de 2ª categoria, e 75 bombeiros de 3ª categoria), a média de idades dos operacionais pertencentes ao quadro ativo era de 34 anos +/- 10,93, a média de idades dos bombeiros de 3ª categoria, de 26 anos +/- 4,98, sendo 54 % do total de operacionais, bombeiros de 3ª categoria. Tendo em conta o contexto da corporação a que pertencem e de forma a ficarem elegíveis para integrarem a amostra de estudo, sendo esta o mais representativa possível, estes tinham de obrigatoriamente ser bombeiros do sexo masculino de

3ª categoria, possuírem nacionalidade portuguesa, terem cumprido, no mínimo, 3 anos de serviço enquanto operacionais, estando aptos fisicamente e psicologicamente para cumprirem adequadamente as suas funções enquanto bombeiros, e integrarem o DECIR no ano de 2022. Os 7 bombeiros pertencentes à amostra de estudo tinham, no momento do início da recolha de dados para o estudo, uma média de idades de 24 anos +/- 1,25.

Foi assinado um documento, denominado de Termo de Consentimento Informado (Anexo 4).

4. Objetivos do estudo

Objetivos específicos:

- Caracterizar inicialmente a amostra do estudo em termos antropométricos, em termos de composição corporal e de condição física;
- Durante a época de incêndios, monitorizar a amostra do estudo em situações reais de combate direto a incêndios florestais com recurso a linhas de água, assim que forem devidamente acionados para o efeito, com um cardiofrequencímetro e um sistema gps;
- Analisar as variáveis, estabelecer comparações e definir conclusões e resultados do estudo;

Objetivos gerais:

- Caracterizar as necessidades fisiológicas requeridas por bombeiros florestais durante a realização das principais manobras executadas no combate direto a incêndios florestais com recurso a linhas de água;
- Elucidar a comunidade, tendo por base uma análise científica com dados quantitativos verosímeis, da necessidade de serem criados protocolos e métodos

de condicionamento físico específicos e obrigatórios nas corporações de bombeiros voluntários em todo o país, sendo também aplicado à comunidade dos bombeiros florestais (voluntários e profissionais) fora do país, que possuam uma realidade contextual e logística igual ou semelhante àquela vivida no seio das corporações de bombeiros voluntários portugueses;

5. Protocolo do Estudo

Numa fase inicial foi realizada a caracterização antropométrica e fisiológica detalhada da amostra do estudo, onde se determinou a sua composição corporal, o seu VO₂ máximo de forma indireta, o limiar anaeróbio de forma invasiva, assim como a sua aptidão neuromuscular e cardiovascular, através de testes pré-definidos e estereotipados pelo ACSM, descritos posteriormente.

Posteriormente e numa segunda fase, depois de termos os sujeitos devidamente caracterizados em termos antropométricos e fisiológicos, estes foram monitorizados com um sistema gps durante o nível reforçado de empenhamento operacional do DECIR (15 de maio a 31 de outubro), tendo como objetivo registar, durante eventuais ocorrências de incêndios florestais, a frequência cardíaca e respetivas zonas de intensidade. Para além disso, foram também registadas distâncias percorridas, velocidades médias e máximas atingidas, assim como o desnível total acumulado (altimetria), não sendo contabilizadas estas variáveis para a posterior análise efetuada. Os sujeitos foram também instruídos a autoavaliarem o seu esforço através da escala modificada de Borg quanto à perceção subjetiva de esforço, de forma a autocaracterizarem a exigência física a que foram submetidos, quando acionados, durante a supressão de incêndios florestais.

6. Avaliações – métodos/materiais inseridos na recolha de dados

Tabela 2: Avaliações: métodos/materiais inseridos na recolha de dados

<i>Avaliações</i>	<i>Método/Material</i>	<i>Quando?</i>	<i>Objetivo</i>
Avaliação antropométrica (composição corporal)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>Massa corporal</u>: balança digital portátil SECA 878 ❖ <u>Estatura</u>: estadiómetro portátil Bodymeter 206 SECA ❖ <u>Pregas adiposas/subcutâneas</u> (peitoral, axilar média, tricipital, subescapular, abdominal, suprailíaca e coxa): adipómetro Baseline ❖ <u>Perímetro da cintura e anca (relação cintura-anca)</u>: fita métrica plástica para perímetros - 2 metros SECA modelo 201 	Fase inicial do estudo (caracterização da amostra)	Caracterização da amostra
Determinação dos valores de fitness/força/aptidão neuromuscular	<ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>Força de prensão manual</u>: Dinamómetro manual hidráulico Lafayette (PHD), modelo 5030L1 ❖ <u>Teste de flexões de braços sobre o solo</u> ❖ <u>Teste de abdominais</u>: colchões; metrónomo ❖ <u>Teste de anteroflexão do tronco</u>: caixa “sit-and-reach” 	Fase inicial do estudo (caracterização da amostra)	Determinar os valores de fitness/força dos sujeitos, de forma a relacionar os valores obtidos com os respetivos dados recolhidos durante o estudo

<p>Avaliação da recuperação e adaptação cardíaca</p>	<p>❖ <u>Índice de Ruffier-Dickson:</u> cronómetro e metrónomo</p>	<p>Fase inicial do estudo (caracterização da amostra)</p>	<p>Avaliar a recuperação e adaptação cardíaca face à atividade física</p>
<p>Determinação do VO₂max</p>	<p>❖ <u>Teste de cooper</u></p>	<p>Fase inicial do estudo (caracterização da amostra)</p>	<p>Determinar a capacidade máxima de captação, fixação e utilização de O₂ dos sujeitos</p>
<p>Determinação do limiar anaeróbio</p>	<p>❖ <u>Teste de corrida progressivo por patamares com início a 7 km/h, e com incremento de 1km/h a cada 5 minutos: mini espcotrofometro Dr. Lange; Solução tampão – <i>Lactat enzymatic: Farbtest PAP DR. LANGE LKM 140;</i> Reagente inicial – <i>Starter reagement LKM 140; Ancetas softclix 2 Extra;</i> Micropipeta – Micropipetter DR LANGE; Tubo capilar para 10 microlitros</u></p>	<p>Fase inicial do estudo (caracterização da amostra)</p>	<p>Determinar a curva de lactato na fase inicial do estudo, determinando o limiar anaeróbio, com o objetivo de comparar os valores obtidos durante a época de incêndios florestais, e assim conseguirmos descrever e caracterizar as exigências fisiológicas que o exercício de combate a incêndios florestais impôs aos sujeitos</p>
<p>Controlo GPS e frequência cardíaca</p>	<p>❖ <u>Controlo GPS e Frequência Cardíaca (Sistema GPS GPSPORTS - Fabricante: GPSPORTS):</u> GPS com medição da frequência cardíaca; Coletes; Transmissores Polar; Fitas Polar; Captador de sinal; Board para carregamento, programação de GPS e</p>		<p>Verificar e caracterizar o trabalho exercido no combate direto aos incêndios florestais com recurso a linhas de água relativamente a distâncias</p>

	descarregamento de dados; Software TEAM AMS para download e análise de dados	Durante o DECIR, em ocorrências de incêndios florestais	percorridas, altimetria e desnível atingidos; Verificar e analisar a variação da frequência cardíaca e as respectivas zonas de intensidade atingidas
Autocaracterização do esforço	❖ <u>Escala modificada de Borg quanto à percepção subjetiva do esforço</u>	Durante O DECIR, em ocorrências de incêndios florestais	Autocaracterização do esforço por parte dos sujeitos pertencentes à amostra do estudo, exigido durante o combate direto a um incêndio florestal com recurso a linhas de água
Análise de dados	❖ <u>Análise estatística:</u> Software Team AMS; medidas de tendência central e medidas de dispersão utilizando as folhas de cálculo do Microsoft Excel; IBM SPSS Statistics versão 28	Fase final do estudo	Organização, comparação, análise e validação dos dados recolhidos

7. Avaliações – métodos e respetivos protocolos/procedimentos

➤ 7.1 - Avaliação Antropométrica (composição corporal)

7.1.1 - Massa corporal: foi utilizada uma balança digital portátil SECA 878, de forma a avaliar a massa corporal dos sujeitos, sendo esta expressa em quilogramas. Esta é uma medida necessária para calcular posteriormente o IMC ou índice de Quetelet (aferição da massa em quilogramas em relação à estatura em metros quadrados). Os sujeitos foram avaliados descalços, utilizando roupa desportiva (camisola de manga curta e calções).

7.1.2 – Estatura: foi utilizado um estadiómetro portátil Bodymeter 206 SECA, com o propósito de determinar a estatura em centímetros (sendo feita posteriormente a conversão para metros), possibilitando o cálculo posterior do IMC. Os sujeitos foram avaliados descalços, utilizando roupa desportiva (camisola de manga curta e calções).

Neste procedimento, os sujeitos colocaram-se em posição ortostática (ou posição anatómica de referência), com calcanhares unidos, um ligeiro afastar da ponta dos pés, com a cabeça orientada corretamente para a frente segundo o plano horizontal de Frankfurt, tendo os membros superiores estendidos ao longo do corpo com as mãos e dedos apoiados em extensão na zona lateral das coxas.

Tabela 3: Classificação do peso segundo o IMC [12]

Classificação do peso segundo o IMC	
	IMC (Kg/m ²)
Abaixo do peso	< 18,5
Normal	18,5 a 24,9
Sobrepeso	25,0 a 29,9
Obesidade, Classe:	
I	30,0 a 34,9
II	35,0 a 39,9
III	≥ 40,0

7.1.3 – Pregas adiposas/subcutâneas: dada a fragilidade do IMC relativa à não distinção entre massa magra, massa gorda e parte óssea, foi utilizado o adipómetro Baseline, com o propósito de, através da medição das pregas subcutâneas e da aplicação posterior de equações predefinidas, calcular a densidade corporal e a respetiva percentagem de massa gorda subcutânea. O princípio que rege as pregas subcutâneas deve-se ao facto de a quantidade de gordura subcutânea ser proporcional à quantidade total de gordura corporal, pressupondo-se que um terço da gordura total esteja localizada subcutaneamente. A proporção entre estas varia de vários fatores, tais como género, raça e idade, sendo estas consideradas pelas equações de regressão utilizadas para converter a soma das pregas em percentagem de gordura corporal.

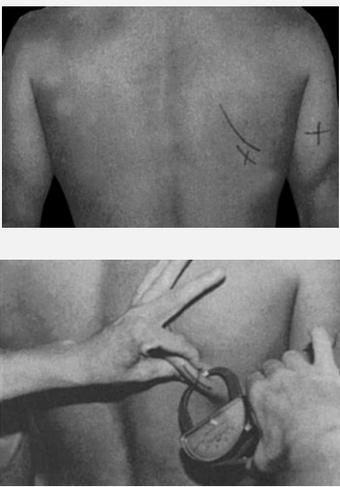
Este procedimento depende muito da experiência e técnica do avaliador, sendo necessário treino adequado. A precisão de determinação da percentagem de massa gorda corporal através deste procedimento incorre

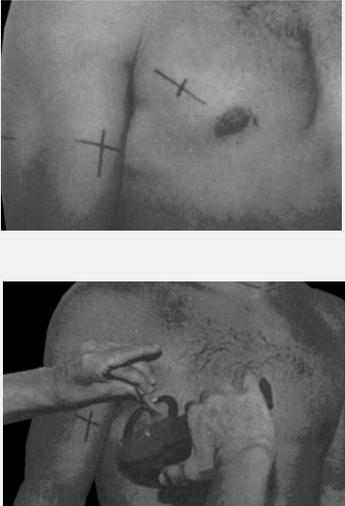
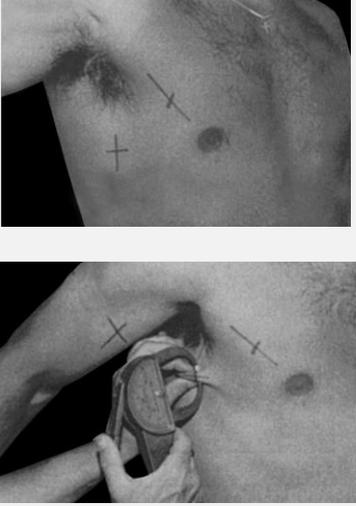
num erro de 3,5%, assumindo que tenham sido utilizadas técnicas e equações adequadas [12].

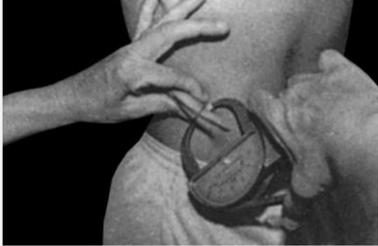
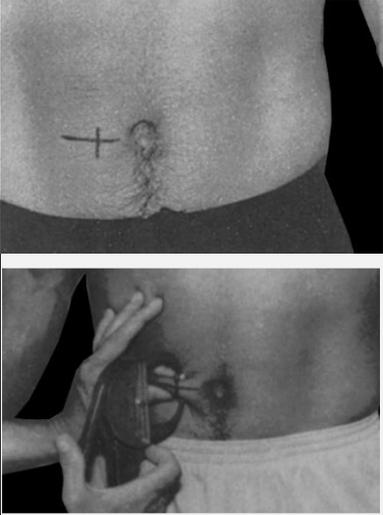
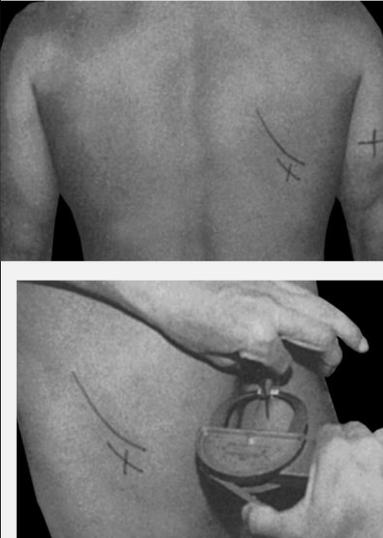
Neste protocolo, para determinar as pregas subcutâneas, utiliza-se o dedo polegar e indicador em forma de pinça, destacando-se com firmeza a pele e a gordura subcutânea dos tecidos adjacentes. Assim, depois de ser formada a prega e com ajuda do adipômetro, colocando-se as pontas deste, 2cm abaixo do dedo e a uma profundidade de 1cm, verifica-se a leitura do adipômetro, apenas quando o ponteiro estabiliza e a prega é mantida com firmeza.

Foi utilizada a fórmula das sete pregas (peitoral, axilar média, tricipital, subescapular, abdominal, suprailíaca e coxa), para homens (dada a realidade contextual do estudo), de forma a calcular a densidade corporal [Densidade corporal = $1,112 - 0,00043499$ (soma das sete pregas) + $0,00000055$ (soma das sete pregas)² - $0,00028826$ (idade)]. Para cada local do corpo a avaliar, foram seguidos os seguintes procedimentos de avaliação de pregas:

Tabela 4: Pregas adiposas/subcutâneas

Nome da prega	Direção da prega	Pontos de referência	Medição da prega adiposa	Colocação do adipômetro
<p>Subescapular</p>  <p><i>Figura 1: Prega subescapular</i></p>	Oblíqua	Ângulo inferior da omoplata	Prega colocada na parte posterior do tronco, junto à parte inferior da omoplata	1 cm por baixo dos dedos indicador e polegar esquerdos do avaliador

<p style="text-align: center;">Peitoral</p>  <p style="text-align: center;"><i>Figura 2: Prega peitoral</i></p>	Oblíqua	Zona axilar e mamilo	Meia distância entre a prega axilar anterior e o mamilo;	1 cm por baixo dos dedos indicador e polegar esquerdos do avaliador
<p style="text-align: center;">Axilar média</p>  <p style="text-align: center;"><i>Figura 3: Prega axilar média</i></p>	Horizontal	Apófise xifoide	Sobre a linha da zona axilar média na junção do alinhamento desta com a apófise xifoide	1 cm à frente dos dedos indicador e polegar esquerdos do avaliador
<p style="text-align: center;">Suprailíaca</p> 	Oblíqua	Linha axilar média e bordo superior da crista ilíaca	Extremidade óssea superior da crista ilíaca	1 cm à frente dos dedos indicador e polegar esquerdos do avaliador

				
<p>Abdominal</p>  <p><i>Figura 5: Prega abdominal</i></p>	Horizontal	Umbigo	3 a 5 cm de distância para um dos lados do centro do umbigo	1 cm ao lado dos dedos polegar e indicador esquerdos do avaliador
<p>Tricipital</p>  <p><i>Figura 6: Prega tricipital</i></p>	Vertical	Acrômio e cotovelo	Zona média da parte posterior do braço	1 cm abaixo dos dedos polegar e indicador esquerdos do avaliador

<p style="text-align: center;">Coxa</p>  <p><i>Figura 7: Prega da coxa</i></p>	<p>Vertical</p>	<p>Bordo proximal da rótula e zona proximal da coxa (trocânter)</p>	<p>Zona anterior da coxa, a meia distância entre o bordo proximal da rótula e zona proximal da coxa</p>	<p>1 cm abaixo dos dedos polegar e indicador esquerdos do avaliador</p>
--	-----------------	---	---	---

Tabela 5: Categorias de condicionamento pela composição corporal (% de gordura corporal) para homens e por idade [12]

Categorias de condicionamento pela composição corporal (% de gordura corporal) para homens e por idade							
		idade (anos)					
		20 a 29	30 a 39	40 a 49	50 a 59	60 a 69	70 a 79
Percentil	Condicionamento	% de gordura corporal					
99	Muito magro	4,2	7,3	9,5	11	11,9	13,6
95		6,4	10,3	12,9	14,8	16,2	15,5
90	Excelente	7,9	12,4	15	17	18,1	17,5
85		9,1	13,7	16,4	18,3	19,2	19
80		10,5	14,9	17,5	19,4	20,2	20,1
75	Bom	11,5	15,9	18,5	20,2	21	21
70		12,6	16,8	19,3	21	21,7	21,6
65		13,8	17,7	20,1	21,7	22,4	22,3
60		14,8	18,4	20,8	22,3	23	22,9
55	Razoável	15,8	19,2	21,4	23	23,6	23,7
50		16,6	20	22,1	23,6	24,2	24,1
45		17,5	20,7	22,8	24,2	24,9	24,7
40		18,6	21,6	23,5	24,9	25,6	25,3
35	Mau	19,7	22,4	24,2	25,6	26,4	25,8
30		20,7	23,2	24,9	26,3	27	26,5
25		22	24,1	25,7	27,1	27,9	27,1
20		23,3	25,1	26,6	28,1	28,8	28,4
15	Muito mau	24,9	26,4	27,8	29,2	29,8	29,4
10		26,6	27,8	29,2	30,6	31,2	30,7
5		29,2	30,2	31,3	32,7	33,3	32,9
1		33,4	34,4	35,2	36,4	36,8	37,2

7.1.4 – Perímetro da cintura e anca: a relação cintura-anca é caracterizada pela divisão da circunferência da cintura pela circunferência da anca e tem sido utilizada tradicionalmente como um método simples para a verificação da distribuição da gordura corporal e para a identificação de indivíduos com quantidades maiores e mais perigosas de gordura abdominal. O risco à saúde é tão mais alto, quanto maior é o valor calculado pelo índice, variando os padrões para o risco de acordo com a idade e o gênero. A circunferência da cintura pode, também, ser utilizada como indicador de risco para a saúde, uma vez que a obesidade abdominal é o principal alvo, dada a sua importância em termos de risco aumentado para a saúde [12].

É utilizada uma fita adesiva retrátil que reduz a compressão sobre a pele e aumenta a coerência da medida. São recomendadas medidas em duplicata, as quais devem ser obtidas de forma não consecutiva. É posteriormente realizada a média das duas medidas, exceto se essas diferirem mais que 5 mm. A precisão pode induzir um erro entre 2,5% e 4,0% da composição corporal real, caso o sujeito apresente características semelhantes às da população original de validação e caso as medidas das circunferências forem precisas.

Relativamente à medição da circunferência da cintura, esta foi realizada com o indivíduo em posição ortostática, com os braços ao lado do corpo, pés juntos e abdómen relaxado. A medida foi posteriormente efetuada horizontalmente na porção mais estreita do tronco (acima do umbigo e abaixo do apêndice xifoide. Relativamente à medição da circunferência da anca, esta foi efetuada com o indivíduo na mesma posição que foi referida para a medição da circunferência da cintura, sendo a medida posteriormente realizada horizontalmente na porção máxima das nádegas.

Tabela 6: Classificação do risco com base na relação cintura-anca para homens [12]

Classificação do risco com base na relação cintura-anca para homens				
Idade (anos)	Risco			
	Baixo	Moderado	Alto	Muito alto
20 a 29	<0,83	0,83-0,88	0,89-0,94	>0,94
30 a 39	<0,84	0,84-0,91	0,92-0,96	>0,96
40 a 49	<0,88	0,88-0,95	0,96-1,00	>1,00
50 a 59	<0,90	0,90-0,96	0,97-1,02	>1,02
60 a 69	<0,91	0,91-0,98	0,99-1,03	>1,03

➤ 7.2 - Determinação dos valores de aptidão neuromuscular

7.2.1 – Força de preensão manual: a força de preensão manual é extremamente necessária nas pequenas e grandes tarefas com que somos confrontados todos os dias, desde abrir frascos, carregar sacos de compras, entre outras atividades. Para além disso, é também fulcral em termos desportivos, principalmente em desportos em que seja exigido apanhar, lançar ou agarrar uma bola, por exemplo [12]. No que concerne às atividades que caracterizam a operacionalidade de bombeiros no combate a incêndios florestais, entre as quais agarrar, carregar e manusear material sapador ou linhas de água (mangueira), para além de outras funções que envolvem carregar material pesado, agarrar a agulheta, entre outras, a força de preensão manual, torna-se conseqüentemente, imprescindível para uma boa execução destas tarefas.

O teste de preensão manual é então utilizado para medir a máxima força que consegue ser aplicada isometricamente por um indivíduo através da mão com a utilização simultânea dos músculos do antebraço enquanto apertam um dispositivo portátil denominado dinamómetro. Este tem sido,

então, comumente utilizado com o propósito de avaliar a força geral de um indivíduo, porém, em termos de uma maior validade do teste tendo por base este propósito, implica adicionar, em conjunto com a avaliação da preensão manual, uma medição da força dos membros inferiores. Não obstante, este teste fornece-nos também variados indicadores do estado de saúde. Os maus resultados de força de preensão manual podem, assim, estar associados a quedas, vários tipos de incapacidade, qualidade de vida prejudicada, tempo prolongado de permanência no hospital, como também mortalidade aumentada [12].

Tendo em conta a padronização emanada pelo ACSM, e tendo em conta a existência de variados protocolos para este teste, o protocolo do teste seguido foi [12]:

- Em primeiro lugar, o aperto de mão do dinamómetro foi ajustado de forma que a segunda articulação do dedo indicador estivesse num ângulo reto;
- Foi calibrado o dinamómetro de modo que a tela datasse 0,0 kg;
- O indivíduo avaliado colocou-se posteriormente em posição ortostática, segurando o dinamómetro ao lado do corpo, certificando-se de que houvesse uma leve flexão do cotovelo e que o dinamómetro não tocasse no corpo;
- Posteriormente, o indivíduo apertou com a máxima força o dinamómetro, sendo encorajado verbalmente e previamente alertado para respirar normalmente e para manter o corpo imóvel de forma ao dinamómetro não tocar no corpo;
- Foi repetido o procedimento duas vezes na mão esquerda e duas vezes na mão direita, com uma breve pausa entre cada tentativa;
- Foi registado o melhor valor para a mão esquerda e o melhor valor para a mão direita, sendo apontados e expressos em kg. Os dois valores foram então somados, de onde resultou o valor total final.

Tabela 7: Valores normativos de força de preensão manual por idade para homens [12]

Valores normativos de força de preensão manual por idade para homens						
Idade (anos)	15-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
Excelente	≥ 108	≥ 115	≥ 115	≥ 108	≥ 101	≥ 100
Muito Bom	98 - 107	104-114	104-114	97-107	92-100	91-99
Bom	90-97	95-103	95-103	88-96	84-91	84-90
Razoável	79-89	84-94	84-94	80-87	76-83	73-83
Mau	≤ 78	≤ 83	≤ 83	≤ 79	≤ 75	≤ 72

7.2.2 – Teste de flexões de braços sobre o solo: este teste foi administrado tendo em conta o protocolo definido no ACSM para homens [12]. Os indivíduos iniciaram o teste na posição padrão “para baixo, com as mãos fixas no solo e alinhadas com os ombros, as costas retas, cabeça para cima, utilizando os dedos dos pés como ponto principal de apoio. Estes posteriormente levantaram o corpo com a extensão e alinhamento dos cotovelos, tendo de retornar à posição inicial (contabilizando assim uma repetição), até que o queixo encostasse no solo e tentando, nesse momento, não tocar com a barriga neste.

Os indivíduos foram instruídos para que, durante a execução das flexões, as costas se mantivessem sempre retas.

A quantidade máxima de flexões realizada consecutivamente e sem descanso foi contada como a pontuação auferida pelos indivíduos.

O teste terminou quando o esforço foi excessivo e o indivíduo desistiu de continuar a realizar o teste, ou quando existiu incapacidade de manter a técnica adequada em duas repetições.

Tabela 8: Categorias de condicionamento para flexões de braços, por idade e para homens, adaptado do ACSM [12]

Categorias de condicionamento para flexões de braços, por idade e para homens					
	idade (anos)				
Categoria	20 a 29	30 a 39	40 a 49	50 a 59	60 a 69
Excelente	36	30	25	21	18
Muito bom	35	29	24	20	17
	29	22	17	13	11
Bom	28	21	16	12	10
	22	17	13	10	8
Razoável	21	16	12	9	7
	17	12	10	7	5
Necessita melhorias	16	11	9	6	4

7.2.3 – Teste de abdominais: neste teste, segundo o ACSM, são colocadas sobre o colchão dois pedaços de fita adesiva a uma distância de 12 cm uma da outra (para indivíduos com idade inferior a 45 anos) ou de 8 cm (para indivíduos com idade superior ou igual a 45 anos)

Os indivíduos, posteriormente, deitaram-se numa posição supina ao longo da fita, com os joelhos flexionados a 90° e com os pés sobre o chão e os braços estendidos ao lado, de modo que as pontas dos seus dedos tocassem na fita mais próxima, sendo esta a posição inicial do teste. Para chegar à posição de cima, os indivíduos flexionaram a sua espinha dorsal em 30°, levantando as suas mãos até que os seus dedos tocassem a segunda fita. Um

metrónomo foi ajustado a 40 batimentos/minuto. Ao primeiro “bipe” sonoro, o indivíduo começou o abdominal, alcançando a posição de cima no segundo “bipe”, retornando posteriormente à posição inicial no terceiro. Ao quarto bipe, reiniciou o ciclo, voltando à posição de cima, continuando o teste sucessivamente.

Foram contadas repetições cada vez que o indivíduo retornou à posição inicial. O teste foi concluído assim que algum dos indivíduos chegasse aos 75 abdominais, caso a cadência fosse quebrada ou caso o participante desistisse por incapacidade física.

Tabela 9: Categorias de condicionamento para abdominais, por idade e para homens, adaptado do ACSM [12]

Categorias de condicionamento para abdominais, por idade e para homem						
Percentil	Condicionamento	idade (anos)				
		20 a 29	30 a 39	40 a 49	50 a 59	60 a 69
90	Bem acima da média	75	75	75	74	53
80	Acima da média	56	69	75	60	33
70		41	46	67	45	26
60	Médio	31	36	51	35	19
50		27	31	39	27	16
40	Abaixo da média	24	26	31	23	9
30		20	19	26	19	6
20	Bem abaixo da média	13	13	21	13	0
10		4	0	13	0	0

7.2.4 – Teste de anteroflexão do tronco: para o teste canadense de anteroflexão do tronco, protocolado e seguido segundo o ACSM, os indivíduos, inicialmente e antes de iniciarem a avaliação, realizaram um rápido aquecimento incluindo alguns alongamentos. Posteriormente, sentaram-se descalços e pressionaram as solas dos pés contra a caixa “sit and reach” na marca de 26 cm. As bordas internas das solas foram posicionadas a dois centímetros da escala de medição.

Neste processo, para o teste ser considerado válido em termos de procedimentos, os indivíduos tiveram de seguir as seguintes etapas:

- Esticar as duas mãos para a frente lentamente o mais distante possível, tendo de manter essa posição por aproximadamente dois segundos;
- Colocar as mãos na caixa “sit and reach” de forma paralela. Caso estas tivessem sido assim colocadas, não era permitido avançar prioritariamente com uma mão;
- Colocar as mãos sobrepostas. Caso estas tivessem sido assim colocadas, as pontas dos dedos tinham de estar obrigatoriamente em contacto com a porção de medida incluída na caixa “sit and reach”;
- Colocar os joelhos completamente estendidos, não podendo ser pressionados para baixo;
- Respirar normalmente durante o teste e não prender a respiração em nenhum momento.

A pontuação correspondeu ao local mais distante (em centímetros) alcançado com as pontas dos dedos. Foi anotado o resultado da melhor de duas tentativas;

Os participantes foram também instruídos, de forma a ajudar a obter a melhor tentativa, em expirar e baixar a cabeça entre os braços durante a tentativa de alcançar a caixa.

Tabela 10: Categorias de condicionamento para a anteroflexão do tronco utilizando uma caixa "sit and reach" (com ponto zero estipulado nos 26 cm), por idade e para homens, adaptado do ACSM [12]

Categorias de condicionamento para a anteroflexão do tronco utilizando uma caixa "sit and reach", por idade e para homens					
	idade (anos)				
Categoria	20 a 29	30 a 39	40 a 49	50 a 59	60 a 69
Excelente	40	38	35	35	33
Muito bom	39	37	34	34	32
	34	33	29	28	25
Bom	33	32	28	27	24
	30	28	24	24	20
Razoável	29	27	23	23	19
	25	23	18	16	15
Necessita melhorias	24	22	17	15	14

➤ 7.3 – Avaliação da recuperação e adaptação cardíaca

7.3.1 – Índice de Ruffier-Dickson: o teste de Ruffier-Dickson é um teste de resistência cardiovascular simples que envolve a medição da frequência cardíaca antes e depois de realizar 30 agachamentos em 45 segundos, ritmados com a ajuda de um metrônomo configurado a 80 batimentos/minuto. Este teste foi originalmente desenvolvido na década de 1950 por James-Edward Ruffier e modificado posteriormente por J. Dickson, que desenvolveu o índice de Ruffier-Dickson. A partir dos

resultados deste teste de agachamento, desenvolveu-se uma classificação para a aptidão cardiorrespiratória e recuperação cardíaca de cada indivíduo. Conforme o protocolado, este teste consiste em realizar 30 agachamentos num período de 45 segundos, medindo-se a FC dos indivíduos em três momentos diferentes: em repouso antes de iniciar os agachamentos (FC0), imediatamente após realizar os agachamentos (FC1) e um minuto após realizar os agachamentos (FC2). A FC foi medida pelos próprios indivíduos através da análise do pulso radial. Os participantes contabilizaram as pulsações durante 15 segundos, cujo resultado foi multiplicado por quatro. Para realizar os agachamentos, os indivíduos tiveram de flexionar os joelhos a um ângulo de 90 graus, mantendo as costas retas e os braços estendidos para a frente.

Por fim, de forma a obter a classificação final do índice de Ruffier-Dickson, foi aplicada a seguinte fórmula: $[(FC1-70) + 2 \times (FC2 - FC0)]/10$ [39].

Tabela 11: Classificações possíveis do índice de Ruffier-Dickson [39]

< 0 - Excelente
]0-2[- Muito boa
]2-4[- Boa
]4-6[- Média
]6-8[- Fraca
]8-10[- Muito fraca
> 10 - Má

➤ 7.4 – Determinação do VO₂max

7.4.1 – Teste de Cooper: de forma a realizar o cálculo do VO₂máx e assim mensurar a capacidade cardiorrespiratório dos indivíduos pertencentes à amostra do estudo, foi aplicado o teste de Cooper, um teste indireto de esforço máximo e constante. O protocolo deste teste consistiu em realizar uma prova de corrida constante durante 12 minutos, em redor de uma pista plana, devidamente marcada com um ponto de partida e pontos de determinação de distância intermédia, com o objetivo de auxiliar o cálculo da distância total percorrida. Com base na distância total percorrida, em metros, foi calculada a velocidade média em metros por minuto. Posteriormente foi calculado o VO₂máx através da aplicação direta da seguinte fórmula: “VO₂máx (ml/kg/min)= 33,3 (ml/kg/min) + (velocidade média – 150 metros/minuto) × 0,21”.

➤ 7.5 – Determinação do limiar anaeróbio

7.5.1 – Teste de corrida progressivo por patamares: de forma a determinar o limiar anaeróbio dos indivíduos, foi realizado um teste de corrida progressivo, por patamares com intervalos de 1 minuto, com início a 7 km/h, e com incremento de 1km/h a cada 5 minutos.

Para a determinação das concentrações de lactato, foi utilizado o mini espectrofotómetro Dr. Lange LP20.

A calibração do mini espectrofotómetro foi realizada regularmente, utilizando soluções conhecidas de 2, 4, 10, 15 e 30 mmol/L.

Para a avaliação das concentrações de lactato, foram recolhidas amostras de sangue capilar a cada 5 minutos, no final de cada patamar, através de uma picada de uma lanceta softclix, na polpa do dedo polegar da mão. Antes e após cada picada, os dedos dos indivíduos foram desinfetados com toalhetes

desinfetantes impregnados de álcool e limpos com papel absorvente, de forma a formar uma boa recolha de sangue.

A quantidade de sangue recolhida em cada análise foi de 10 microlitros.

Posteriormente, o sangue foi colocado num frasco com solução Lactat Enzymat, com ajuda de uma micropipeta Dr. LANGE, seguindo-se a sua homogeneização através da sua agitação da solução.

No mini espectrofotómetro, seleccionou-se a opção Lactat. Após o mini espectrofotómetro estar pronto a funcionar, limpam-se os tubos e introduziu-se a primeira amostra, seguida de todas as restantes por ordem de análise, ficando as mesmas numeradas de acordo com a ordem.

Após este procedimento inicial, foram trocadas as tampas da primeira amostra pela tampa Starter reagent, invertendo a amostra 3 vezes. De seguida e com o passo anterior completo, foi pressionado a tecla * do equipamento e introduziu-se as amostras por ordem previamente definida e relatada. Sucessivamente, foram trocadas todas as tampas e colocados todos os tubos para serem analisados.

O limiar anaeróbio foi posteriormente calculado segundo o modelo matemático criado por D. John Newell e David Higgins [40].

➤ 7.6 – Controlo GPS e frequência cardíaca

7.6.1 – Sistema GPS GPSports: durante a época do DECIR, em particular nas ocorrências respetivas a incêndios florestais, foi utilizado este sistema, desenhado especificamente para a análise de dados de atletas por parte de profissionais em ciências do desporto, onde são analisadas as seguintes variáveis: aceleração, desaceleração, mudanças de direção, velocidade média e máxima, distância total percorrida, altimetria, assim como a frequência cardíaca (mínima, média e máxima) e respetivas zonas de intensidade.

Neste estudo foram apenas contabilizadas as análises da frequência cardíaca e respectivas zonas de intensidade.

Este sistema, apenas utilizado ao ar livre, utiliza as informações transmitidas por satélite, funcionando da seguinte forma: assim que ligado, o sistema procura a localização/posição dos aparelhos via satélite, podendo este processo levar alguns minutos. Assim que é estabelecida a conexão, é iniciada a gravação de dados, sendo as informações processadas e guardadas até que o aparelho seja desligado.

Os dados têm de posteriormente ser descarregados para uma Dropbox, sendo esta conectada a um computador, que efetua o descarregamento final para o software Team AMS, sendo este responsável por exibir todos os dados mencionados anteriormente.

➤ 7.7 – Autocaracterização do esforço/percepção subjetiva

7.7.1 – Escala modificada de Borg: as escalas de Borg foram construídas e definidas de forma a utilizar expressões verbais e números de maneira congruente para determinações de variados níveis numa escala de proporção [40]. São escalas gerais para medir intensidades da maioria dos tipos de experiências e sentimentos, sendo fundadas por ideias e experiências de G. Borg durante a década de 1970, e apresentadas pela primeira vez durante o congresso internacional de psicologia em Leipzig, em 1980 [40]. Várias escalas diferentes foram testadas, finalmente resultando na “0-10 Borg CR10 Scale®” (comumente designada por escala modificada de Borg), assim como na “0- 100 Borg CR100 Scale®” (também designada de escala “centiMax”) [41].

Neste estudo, foi então utilizada a escala modificada de Borg, sendo esta bastante utilizada para a quantificação da dispneia durante o exercício

físico, ou em atividades físicas, uma vez que a medição é feita de forma direta, no momento em que a pessoa está a experimentar a sensação.

Esta escala, como instrumento de avaliação, permite medir a intensidade do exercício e o respetivo nível de esforço em termos de índices subjetivos, proporcionando diretamente medidas individualizadas da perceção da dispneia e da fadiga ou da dor no exercício, através de feedback meramente verbal.

Por outro lado, é também considerado que a escala está construída de modo que algumas funções psicofísicas possam ser medidas tendo em conta que a suposição básica da tensão fisiológica aumenta linearmente com a intensidade do exercício, bem como o aumento linear da perceção subjetiva de esforço. Deste modo, permite que esta escala possua uma propriedade métrica especial, que torna mais fácil a sua utilização e a comparação com mensurações fisiológicas, como a frequência cardíaca e o consumo de oxigénio [41].

Tabela 12: Escala modificada de Borg [41]

Escala modificada de Borg “0-10 Borg CR10 Scale®”	
0	Nenhum esforço
0,5	Muito leve
1	Muito leve
2	Leve
3	Moderado
4	Pouco intenso
5	Intenso
6	
7	Muito intenso
8	
9	Muito, muito intenso
10	Máximo

➤ 7.8 – Análise de dados

Através do software TEAM AMS (pertencente ao sistema GPS GPSPORTS), foram analisados e retirados apenas os dados relativos à FC obtida pelos sujeitos durante as gravações, nomeadamente as zonas de intensidade atingidas por estes, tendo estas sido pré-definidas inicialmente e personalizadas à condição física de cada sujeito pertencente à amostra de estudo. Depois de analisadas pelo software, foram retiradas então a

percentagem de tempo passada acima, abaixo e no próprio limiar anaeróbio individual de cada um, assim como a percentagem de tempo passada acima da zona de intensidade definida pela produção de lactato acima das 4mmol/l.

Relativamente ao tratamento dos dados, incluindo aqueles respetivos à caracterização da amostra, estes foram agrupados e tratados pelo software de folhas de cálculo do Microsoft Excel, no qual foi abordada uma estatística descritiva, onde foram calculadas medidas de tendência central e de dispersão, nomeadamente médias e desvio padrão, respetivamente.

Foi também utilizado o IBM SPSS Statistics versão 28, de forma a correlacionar as variáveis “idade”, “massa corporal”, “VO₂max”, “% de massa gorda corporal”, “força de prensão manual” e “índice de Ruffier-Dickson”, através da correlação de Spearman.

CAPÍTULO IV
APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO
DE RESULTADOS

Capítulo IV– Apresentação, análise e discussão de resultados

1. Caracterização da amostra

➤ 1.1 – Dados gerais

Neste estudo foram selecionados 10 bombeiros voluntários portugueses pertencentes à corporação de bombeiros voluntários da Sertã, do distrito de Castelo Branco, dos quais apenas 7 integraram a seriação final.

Todos estes eram bombeiros do sexo masculino, de 3^a categoria, possuíam nacionalidade portuguesa, cumpriram, no mínimo, 3 anos de serviço enquanto operacionais, estavam aptos fisicamente e psicologicamente por parte da corporação de bombeiros que integram, para cumprirem adequadamente as suas funções enquanto bombeiros, e integraram o DECIR no ano de 2022. Os 7 bombeiros pertencentes à amostra de estudo tinham, no momento do início da recolha de dados para o estudo, uma média de idades de 24 anos +/- 1,25.

➤ 1.2 - Avaliação antropométrica (composição corporal)

Tabela 13.1: Composição corporal (massa corporal; estatura; IMC)

Resultados representativos da amostra				
	Massa corporal (Kg)	Estatura (m)	IMC (Kg/m ²)	IMC (classificação qualitativa)
Média	75,90	1,81	23,17	Normal
Desvio padrão	9,99	0,02	2,84	

Tabela 13.2: Composição corporal (perímetro cintura; relação cintura-anca)

Resultados representativos da amostra				
	Perímetro cintura (cm)	Perímetro Anca (cm)	Relação cintura-anca (cm)	Relação cintura-anca (cm) - risco associado
Média	80,17	96,26	0,83	Moderado
Desvio padrão	5,41	6,17	0,02	

Tabela 13.3: Composição corporal (pregas subcutâneas; densidade corporal; % de gordura corporal)

Resultados representativos da amostra											
	Prega peitoral	Prega axilar média	Prega tricípital	Prega subescapular	Prega abdominal	Prega-supraílica	Prega coxa	Somatório das pregas	Densidade corporal	% gordura corporal	% gordura corporal - classificação qualitativa
Média	15,00	19,71	17,43	15,71	26,00	21,00	23,00	137,86	1,06	15,62	Entre Bom e Razoável
Desvio padrão	4,93	8,24	5,85	6,34	8,68	9,07	7,33	46,84	0,01	5,50	

Gráfico 1: comparação do IMC e % de massa gorda por indivíduo

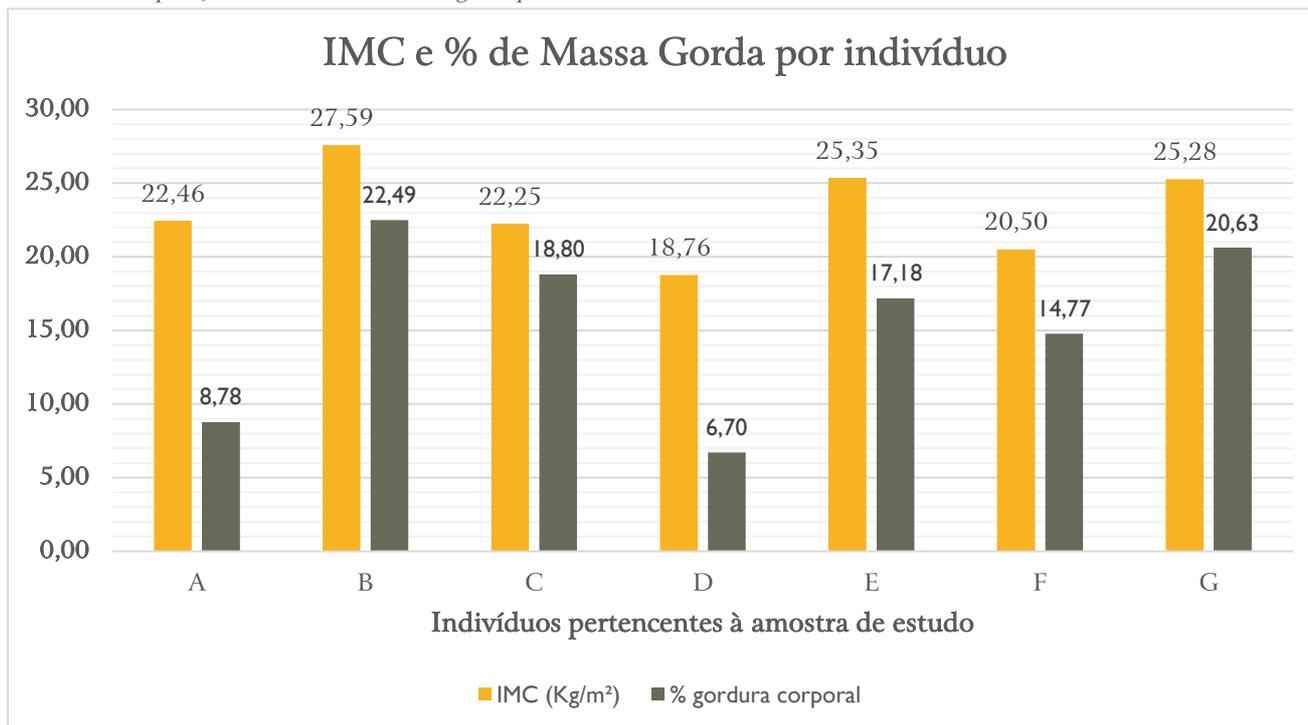


Tabela 14: distribuição da amostra de acordo com os níveis de IMC

	IMC (Kg/m ²)	Nº de sujeitos inseridos na classe	% da totalidade de sujeitos
Abaixo do peso	< 18,5	0	0
Normal	18,5 a 24,9	4	57
Sobrepeso	25,0 a 29,9	3	43
Obesidade, Classe I	30,0 a 34,9	0	0
Obesidade, Classe II	35,0 a 39,9	0	0
Obesidade, Classe III	≥ 40,0	0	0

Gráfico 2: distribuição da amostra de acordo com os níveis de IMC

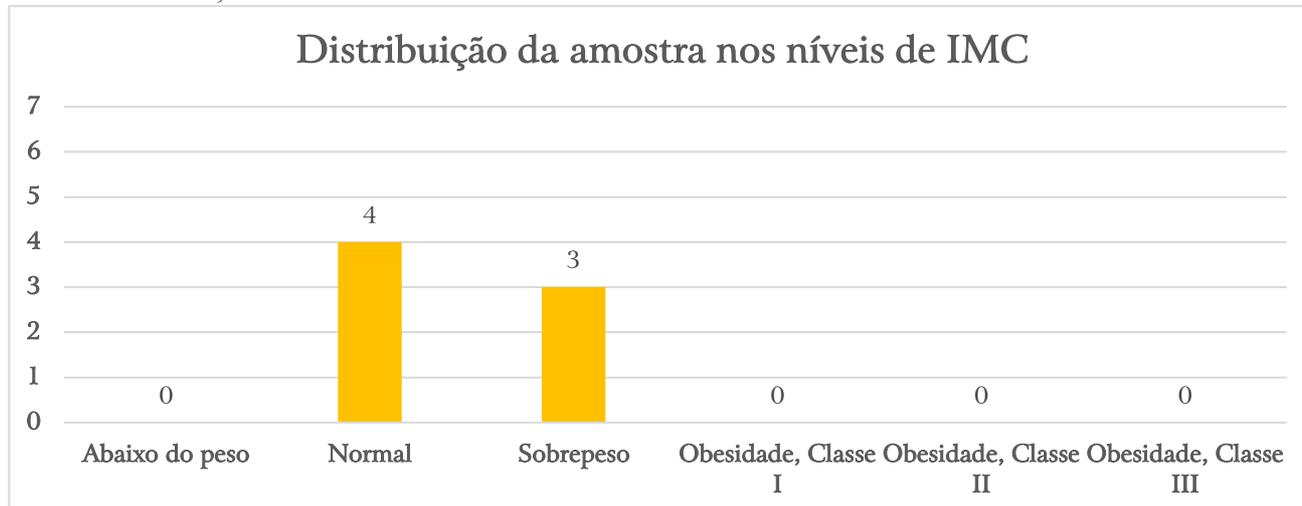


Tabela 15: valores individuais obtidos na avaliação da composição corporal

Sujeitos	IMC (Kg/m ²)	IMC (classificação qualitativa)	Relação cintura-anca (cm)	Relação cintura-anca (cm) - risco associado	% gordura corporal	% gordura corporal - classificação qualitativa
A	22,46	Normal	0,83	Moderado	8,78	Excelente
C	22,25	Normal	0,80	Baixo	18,80	Entre Razoável e Mau
B	27,59	Sobrepeso	0,87	Moderado	22,49	Mau
F	20,50	Normal	0,87	Moderado	14,77	Bom
D	18,76	Normal	0,84	Moderado	6,70	Muito magro
E	25,35	Sobrepeso	0,82	Baixo	17,18	Razoável
G	25,28	Sobrepeso	0,81	Baixo	20,63	Mau

Relativamente aos dados acima referidos, conseguimos constatar que, em termos médios, a amostra de estudo, composta por 7 sujeitos do sexo masculino apresentou, quanto à sua composição corporal, um IMC de 23,17 kg/m², valor considerado “normal” de acordo com o ACSM [12]. No entanto, aproximadamente 43% da amostra de estudo apresentou “sobrepeso”, apresentando os restantes sujeitos, valores considerados “normais”, sendo assim o valor médio falacioso quanto à interpretação dos resultados nesta variável (tabela3). A amostra apresentou também uma relação cintura-anca de 0,83 cm, que corresponde a um risco associado de “moderado” quanto ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares, hipertensão, diabetes, entre outras [12], onde 4 sujeitos apresentaram um risco “moderado” e 3 deles um risco “baixo” (tabela6). Foi calculado também um valor de 15,62% quanto à percentagem de massa gorda que, de acordo com as guidelines do ACSM para a população em geral, insere-se entre os percentis 55 e 60, com uma classificação qualitativa entre o “razoável” e “bom” [12]. No entanto, como acontece com o IMC, os valores médios de % de massa gorda não representam, de todo, a realidade inerente aos valores obtidos para cada um dos sujeitos individualmente. Aproximadamente 29% da amostra de estudo (dois sujeitos) encontrava-se entre os percentis 30 e 35 e entre os percentis 20 e 25, que representam uma classificação qualitativa de “mau”, havendo ainda um sujeito que se situava entre o percentil 90 e 95, cuja classificação qualitativa insere-se entre o “muito magro” e o “excelente”. Relativamente aos restantes sujeitos,

um deles encontrava-se entre os percentis 85 e 90, cuja classificação qualitativa é “excelente”, outro destes encontrava-se entre os percentis 35 e 40, cuja classificação qualitativa situa-se entre o “mau” e o “razoável”, outro situava-se entre os percentis 60 e 65, cujo resultado é considerado “bom”, havendo ainda um que se encontrava entre os percentis 45 e 50, cuja classificação é “razoável” (tabela 5). Tais valores representam uma variabilidade muito grande dentro da amostra, sendo sempre necessário uma avaliação individual e discriminatória para este tipo de contextos. Para além disso, estes valores padrão inseridos no ACSM destinam-se à população em geral, não tendo em conta a distinção que esta amostra de estudo deveria ter, dada a sua realidade contextual, devendo inserir-se esta, indubitavelmente, numa população específica derivada à sua profissão e respetivas exigências físicas inerentes.

➤ 1.3 – Aptidão Neuromuscular

Tabela 16.1: Aptidão Neuromuscular (abdominais; flexões de braços)

	Abdominais (rep.)	Classificação qualitativa (abdominais)	Flexões de braços (rep.)	Classificação qualitativa (flexões de braços)
Média	50	Acima da média	26	Bom
Desvio padrão	20		12	

Tabela 16.2: Aptidão Neuromuscular (força de preensão manual)

	Força de Preensão Manual (mão direita)	Força de Preensão Manual (mão esquerda)	Força de Preensão Manual (valor final)	Força de Preensão Manual (classificação qualitativa)
Média	49	45	94	Médio
Desvio padrão	9	10	17	

Tabela 16.3: Aptidão Neuromuscular (flexibilidade – anteroflexão do tronco)

	Flexibilidade - anteroflexão do tronco (cm)	Classificação qualitativa (flexibilidade)
Média	30,29	Bom
Desvio padrão	6,95	

Tabela 17: valores individuais obtidos na avaliação da aptidão neuromuscular

Sujeitos	Abdominais (rep.)	Classificação qualitativa (abdominais)	Flexões de braços (rep.)	Classificação qualitativa (flexões de braços)	Força de Preensão Manual (valor final)	Força de Preensão Manual (classificação qualitativa)	Flexibilidade - anteroflexão do tronco (cm)	Classificação qualitativa (flexibilidade)
A	75	Bem acima da média	50	Excelente	118	Excelente	31,5	Bom
C	75	Bem acima da média	36	Excelente	118	Excelente	40	Excelente
B	34	Médio	20	Razoável	90	Médio	36	Muito bom
F	32	Médio	18	Razoável	70	Mau	20,5	Necessita melhorias
D	32	Médio	16	Necessita melhorias	78	Mau	28	Razoável
E	35	Médio	25	Bom	84	Médio	21	Necessita melhorias
G	67	Acima da média	16	Necessita melhorias	98	Bom	35	Muito bom

Quanto à aptidão neuromuscular, os sujeitos apresentaram, em termos médios, um aproveitamento “acima da média” quanto ao teste de abdominais (50 repetições), encontrando-se a amostra entre o percentil 70 e 80. No entanto, 4 dos sujeitos obtiveram valores inseridos entre os percentis 60 e 70, obtendo uma classificação qualitativa entre o “médio” e “acima da média”, havendo dois

que se destacaram dos restantes com uma classificação de “bem acima da média”, inserindo-se no percentil 90, situando-se o restante sujeito entre os percentis 80 e 90, tendo uma classificação qualitativa entre “acima da média” e “bem acima da média” (tabela9). A amostra obteve ainda uma classificação de “bom” quanto ao teste de flexões (26 repetições), havendo, porém, dois sujeitos cujo resultado qualitativo correspondeu a “necessita de melhorias”, considerada a pior classificação dada de acordo com os valores de referência. Relativamente aos restantes, dois apresentaram uma classificação qualitativa de “excelente”, dois com uma classificação de “razoável” e um com uma classificação de “bom” (tabela8). Para além disso, houve um aproveitamento considerado “médio” quanto à força de prensão manual (94 kg) [12], não sendo o valor médio, novamente, um bom representativo da realidade inerente às avaliações de cada um dos sujeitos, onde dois obtiveram a pior classificação dada de acordo com os valores de referência, representando a classificação qualitativa de “mau”, havendo em contrapartida dois sujeitos com a melhor classificação possível de acordo com os valores de referência, cuja classificação qualitativa é dada por “excelente”. Dos restantes sujeitos da amostra, dois obtiveram valores considerados “médios” e um o valor de “bom” (tabela 7). Estes apresentaram ainda uma classificação de “bom” quanto à flexibilidade, apresentando um resultado médio de 30,29 cm no teste de anteroflexão do tronco [12]. No entanto, como nos casos anteriores, este valor não é fidedigno e representativo da realidade amostral, onde dois sujeitos obtiveram a pior classificação qualitativa possível, de “necessita de melhorias”, dois com valores correspondentes a uma classificação de “muito bom”, e três com as classificações de “excelente”, “razoável” e “bom” (tabela10).

➤ 1.4 – Adaptação e recuperação cardíaca

Tabela 18: Adaptação e recuperação cardíaca (índice de Ruffier-Dickson)

Índice de Ruffier-Dickson - resultados representativos da amostra		
Média	3,11	
Desvio padrão	1,82	
Classificação qualitativa		Boa

Tabela 19: valores individuais obtidos na avaliação da adaptação e recuperação cardíaca através do Índice de Ruffier-Dickson

Índice de Ruffier-Dickson		
Sujeitos	Resultado	Classificação
A	1,8	Muito boa
C	4,2	Média
B	5,8	Média
F	4,2	Média
D	1	Muito boa
E	4,2	Média
G	0,6	Muito boa

Quanto à adaptação e recuperação cardíaca perante o esforço físico, os sujeitos apresentaram, em média, um valor de 3,11 no índice de Ruffier-Dickson, cuja classificação é “boa”, tendo em conta os padrões estereotipados pelo ACSM [12]. Quanto à avaliação individual de cada um dos sujeitos, três destes apresentaram uma classificação “muito boa”, apresentando os quatro restantes uma classificação considerada “média” (tabela 11).

➤ 1.5 – Aptidão Cardiovascular

Tabela 20: Aptidão Cardiovascular (teste de Cooper)

Teste de Cooper – resultados representativos da amostra			
	Distância percorrida (m)	Velocidade média (m/m)	VO2 máx. (ml/kg/min) - cálculo indireto
Média	2454,29	204,52	44,75
Desvio padrão	238,20	19,85	4,17

Tabela 21: valores individuais obtidos na avaliação da aptidão cardiovascular através do teste de Cooper

Teste de Cooper			
Sujeitos	Distância percorrida (m)	Velocidade média (m/m)	VO2 máx. (ml/kg/min) - cálculo indireto
A	2770	230,8333333	50,28
C	2530	210,8333333	46,08
B	2130	177,5	39,08
F	2650	220,8333333	48,18
D	2380	198,3333333	43,45
E	2110	175,8333333	38,73
G	2610	217,5	47,48

Quanto à capacidade cardiovascular, os sujeitos apresentaram um VO2max relativo indireto de 44,75 ml/kg/min, atendendo, de acordo com a NFPA, ao padrão atual de VO2 máximo recomendado de 42 ml/kg/min [7], tendo estes realizado o teste de Cooper para a mensuração dos valores. Porém, de forma surpreendente e preocupante, dois sujeitos (cerca de 29% da amostra total de estudo), não atenderam aos padrões recomendados pela NFPA, tendo um VO2max relativo abaixo dos 42 ml/kg/min, o que enfatiza ainda mais a necessidade, para este tipo de população específica, de discriminar individualmente os valores obtidos por cada sujeito.

➤ 1.6 – Concentração de 2 e 4 mmol/l de lactato e Limiares Anaeróbios

Tabela 22: Limiares (2 mmol/l, 4 mmol/l e anaeróbio) individuais;

Os sujeitos C, E, B, F e D apresentaram valores iniciais superiores a 2 mmol/l;

Os sujeitos E, B e D apresentam valores de LAn com concentrações superiores a 4 mmol/l

*ne – não existem valores abaixo de concentrações de 2 mmol/l

Sujeitos	2 mmol/l		4 mmol/l		Limiar anaeróbio individual	
	Velocidade (Km/h)	FC (bpm)	Velocidade (Km/h)	FC (bpm)	Velocidade (Km/h)	FC (bpm)
A	7,9	134	11,7	183	10,7	174
G	7,9	144	10,7	179	9,4	168
C	ne	ne	9,4	184	9	179
E	ne	ne	8	160	8,4	163
B	ne	ne	7,5	165	8	174
F	ne	ne	10,3	166	9,8	161
D	ne	ne	9,8	150	10	154

Tabela 23: Limiares (anaeróbio e a 4 mmol/l) representativos da amostra

Resultados representativos da amostra		
	Média	Desvio padrão
Limiar anaeróbio (bpm)	168	8
Limiar anaeróbio (km/h)	9,3	0,9
Concentrações de 4 mmol/L (bpm)	170	12
Concentrações de 4 mmol/L (km/h)	9,6	1,4

No que diz respeito à determinação dos limiares de forma direta e invasiva, os sujeitos, em termos médios apresentaram um limiar anaeróbio atingido aos 168 bpm em corrida, ou a uma velocidade de corrida de 9,3 km/h. O valor correspondente a concentrações a 4 mmol/l (definido como zona de intensidade bastante elevada pelos investigadores) foi atingido, em média, aos 170 bpm e 9,6 km/h, encontrando-se os valores individuais, que representam a variabilidade encontrada dentro da amostra, na tabela 22.

2. Dados GPS

➤ 2.1 – Recolha de dados GPS

Tabela 24: Registo de dados efetuados durante o DECIR

Recolha de dados GPS - DECIR									
Ocorrências (IF) - Localidade	Data	Sujeitos ativados para a ocorrência / número GPS	Código de identificação dos registos em ocorrências (IF)	Hora de mobilização	Hora de desmobilização	Tempo total em ocorrência (formato – horas: minutos: segundos)	Tempo total de registo/gravação (formato – horas: minutos: segundos)	Função / Tarefa principal	Descrição da atividade (momento de maior dificuldade durante o período de registo)/Escala modificada de Borg (0 a 10)
Pombal/Ansião (Leiria)	13/07/2022	A / 8	A1	08h00m - rendição	21h30m - rendição	13:30:00	05:09:25	3º elemento	7
Covilhã/Canhoso (Castelo Branco)	14/07/2022	C / 9	C1	16h30m	19h00m	2:30:00	00:31:13	3º elemento	4
Fundão/Pêro Viseu (Castelo Branco)	20/07/2022	A / 10	A2	9h00m	23h00m	14:00:00	00:34:11	2º elemento	2
Góis/Alvares e Amioso Cimeiro (Coimbra)	30/07/2022	A / 8	A3	15h00m (30/07/2022)	9h00m (31/07/2022)	18:00:00	03:36:17	3º elemento	9
Góis/Alvares e Amioso Cimeiro (Coimbra)	30/07/2022	D / 7	D1	15h00m (30/07/2022)	9h00m (31/07/2022)	18:00:00	03:40:46	2º elemento	10
Góis/Alvares e Amioso Cimeiro (Coimbra)	30/07/2022	E / 10	E1	15h00m (30/07/2022)	9h00m (31/07/2022)	18:00:00	03:24:34	agulheta	9
Covilhã/Cantar-galo e Vila do Carvalho Garrocho (Castelo Branco)	06/08/2022	C / 9	C2	03h00m	22h00m	19:00:00	01:28:09	3º elemento	5
Covilhã/Cantar-galo e Vila do Carvalho Garrocho (Castelo Branco)	08/08/2022	A / 8	A4	06h00m - rendição (08/08/2022)	08h00m - rendição (09/08/2022)	26:00:00	01:19:45	3º elemento	3

Covilhã/Cantar-galo e Vila do Carvalho Garrocho (Castelo Branco)	08/08/2022	B / 10	B1	06h00m - rendição (08/08/2022)	08h00m - rendição (09/08/2022)	26:00:00	01:27:57	2º elemento	3
Covilhã/Cantar-galo e Vila do Carvalho Garrocho (Castelo Branco)	15/08/2022	A / 9	A5	20h00m (15/08/2022)	20h30m - rendição (16/08/2022)	24:30:00	01:26:47	2º e 3º elemento	9
Covilhã/Cantar-galo e Vila do Carvalho Garrocho (Castelo Branco)	15/08/2022	D / 7	D2	20h00m (15/08/2022)	20h30m - rendição (16/08/2022)	24:30:00	03:13:27	agulheta e 2º elemento	9
Covilhã/Cantar-galo e Vila do Carvalho Garrocho (Castelo Branco)	16/08/2022	B / 6	B2	06h00m - rendição (16/08/2022)	08h00m - rendição (17/08/2022)	26:00:00	03:01:59	agulheta e 2º elemento	9
Covilhã/Cantar-galo e Vila do Carvalho Garrocho (Castelo Branco)	16/08/2022	F / 7	F1	20h30m - rendição (16/08/2022)	20h30m - rendição (17/08/2022)	24h00m	00:18:50	3º e 4º elemento	3
Ourém/Caxarias - Carvoeira Carvoeira (Santarém)	21/08/2022	E / 6	E2	17h00m (21/08/2022)	12h00m (22/08/2022)	19:00:00	01:54:57	2º e 3º elemento	5
Castelo Branco/Feiteira (Castelo Branco)	31/08/2022	A / 8	A6	16h30m	23h00m	6:30:00	02:04:59	2º, 3º e 4º elemento	3
Castelo Branco/Feiteira (Castelo Branco)	31/08/2022	G / 7	G1	16h30m	23h00m	6:30:00	02:03:03	2º e 3º elemento	3

Tabela 25: Dados gerais respetivos ao registo de dados

Número de sujeitos pertencentes à amostra	7
Número de registos de dados em ocorrências de IF	16
Número de ocorrências diferentes de IF	7
Tarefa principal executada pelos sujeitos durante as manobras de supressão de IF com recurso a linhas de água	3º elemento
Valor médio referente à descrição da atividade de supressão de IF quanto à sua intensidade, reportado pelos sujeitos de acordo com a escala modificada de Borg	6 (classificação verbal de intensa quanto à intensidade)

➤ 2.2 – Análise de dados GPS

Tabela 26: Análise da totalidade de dados registados durante as ocorrências de IF

Análise dos dados adquiridos – resultados representativos da amostra						
	Média (% de tempo)	Desvio padrão	Média (tempo - horas: minutos: segundos)	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
acima do LAn	3,5	5,4	00:06:20	00:11:03		
abaixo do LAn	96,1	5,8	02:10:13	01:15:17		
tempo no LAn	0,4	0,5	00:00:37	00:00:48		
tempo acima das 4 mmol/l	3,0	5,9	00:05:56	00:12:21		
tempo total de registo/gravação por ocorrência			02:12:16	01:18:54		
tempo total em ocorrência			17:53:00	07:19:00		
F.C. máxima (bpm)					174	13
F.C. (bpm)					121	20

Gráfico 3: relação percentual entre o tempo total médio de registo de dados por ocorrência por parte dos sujeitos e o tempo total médio passado pelos sujeitos por ocorrência

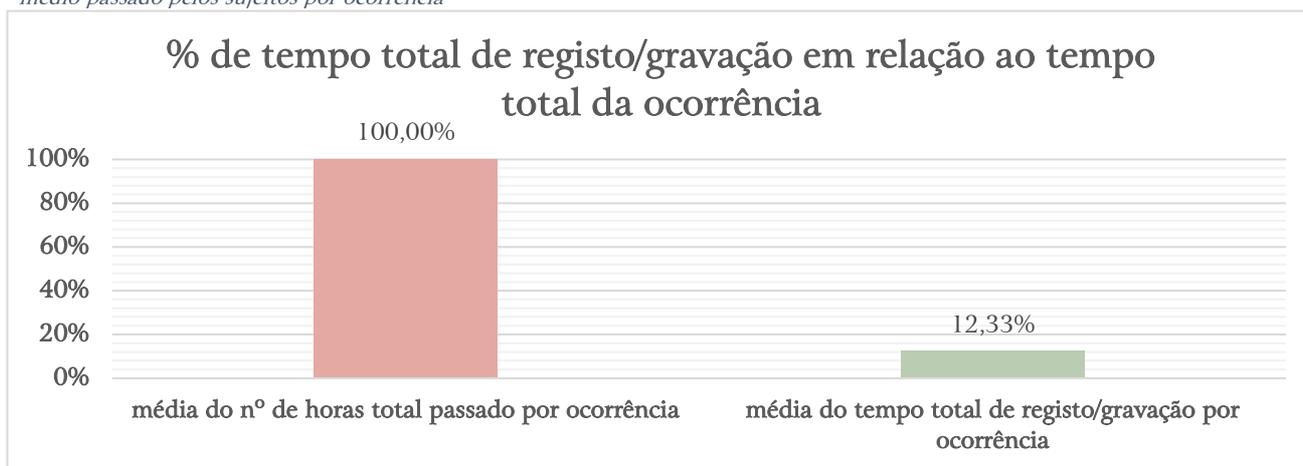


Gráfico 4: oscilação da FC média e máxima registadas por indivíduo em cada gravação/registo

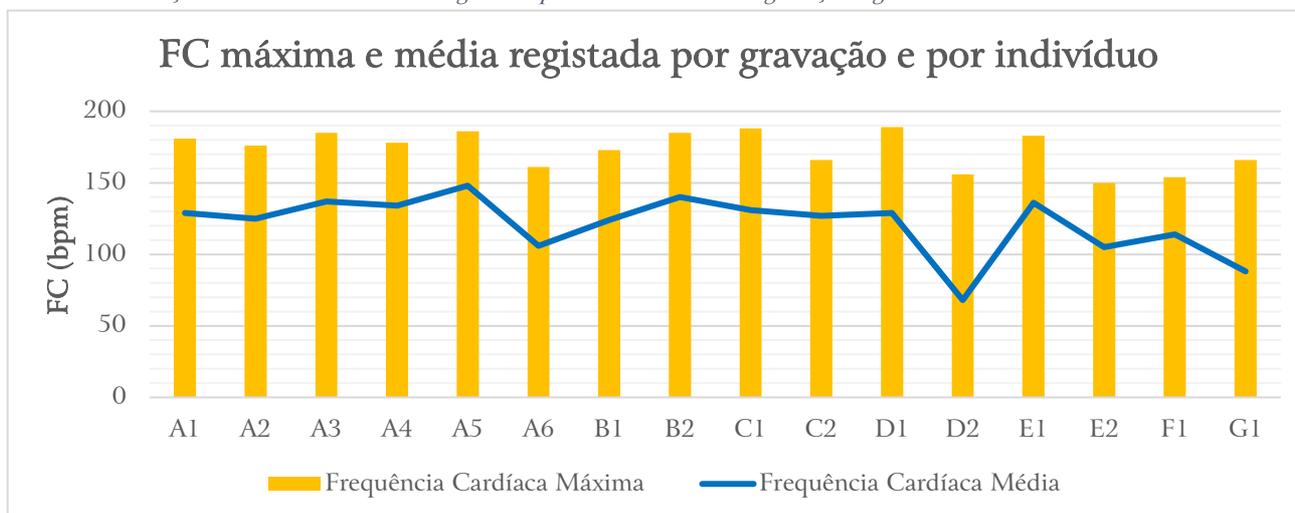


Gráfico 5: % de tempo médio passado nas diferentes zonas de intensidade – dados representativos da totalidade amostral

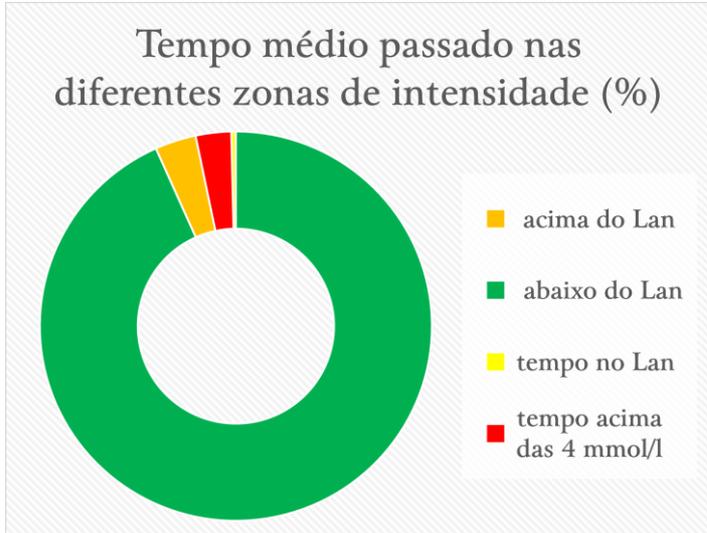


Gráfico 6: tempo médio (horas:minutos:segundos) passado nas diferentes zonas de intensidade – dados representativos da totalidade amostral

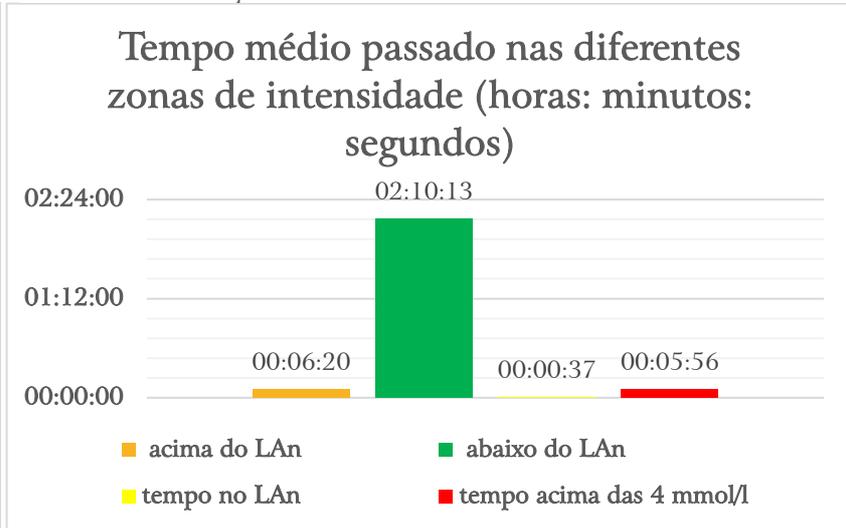


Gráfico 7: % de tempo médio passado nas diferentes zonas de intensidade por indivíduo

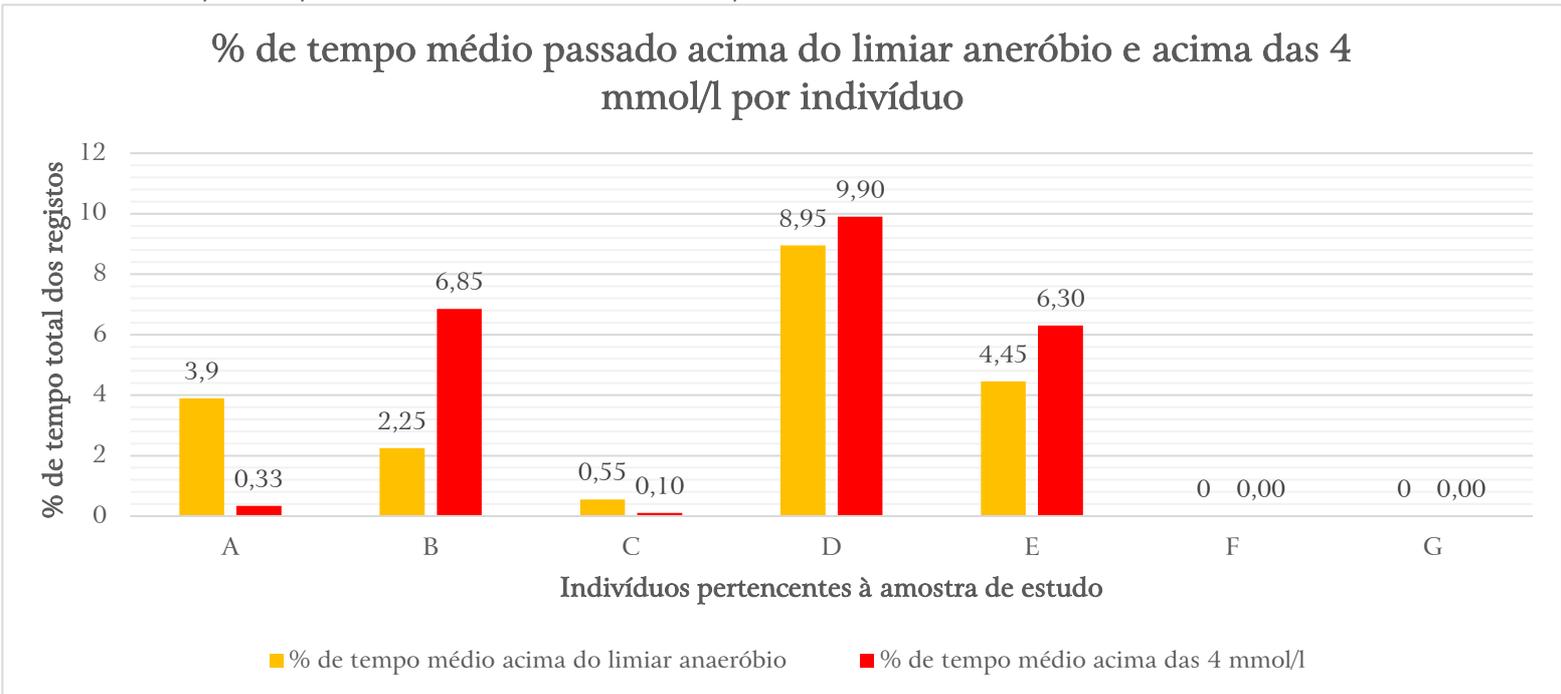
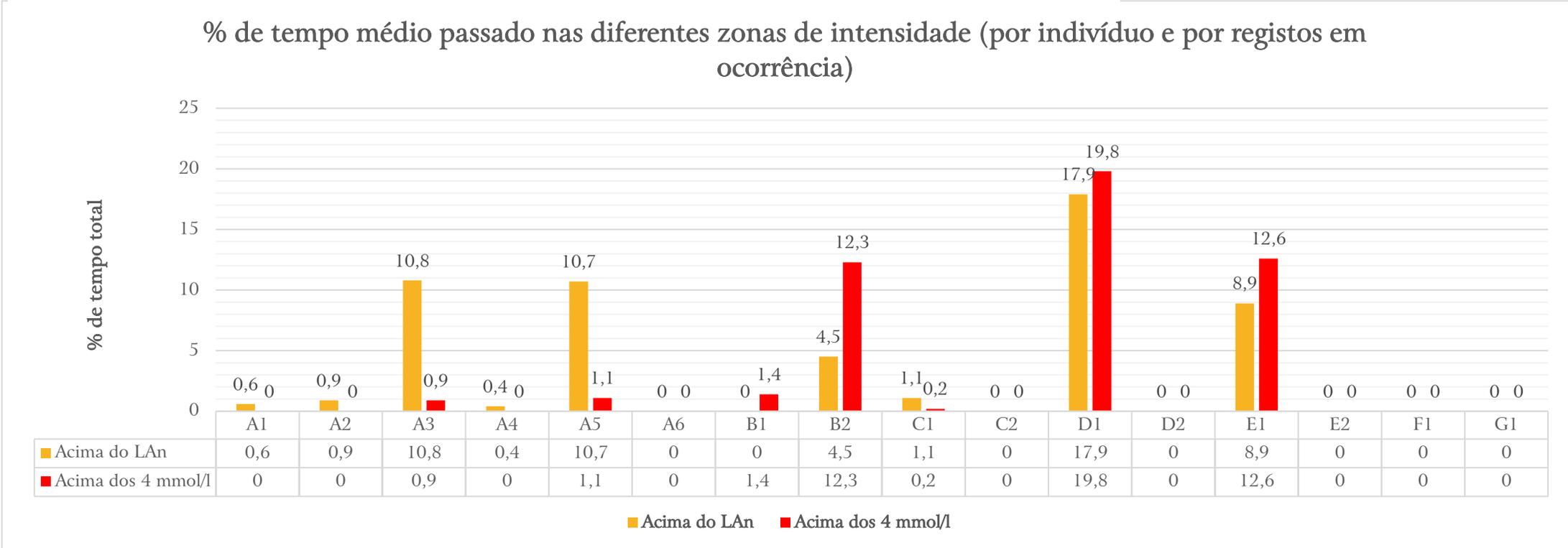


Gráfico 8: % de tempo médio passado nas diferentes zonas de intensidade por indivíduo e por registo/gravação em ocorrência



Relativamente aos dados GPS, analisados e representados acima, estes foram registados num total de 7 ocorrências distintas de IF em Portugal continental, que representaram 16 registos de dados por parte dos 7 sujeitos. Durante as ocorrências de IF em que os sujeitos pertencentes à amostra foram destacados, estes desempenharam as funções de agulheta ou 1º elemento, 2º, 3º e 4º elementos (tendo em conta as normas definidas e emanadas pela Escola Nacional de Bombeiros [5]), operando sempre

com recurso a linhas de água. A tarefa mais vezes realizada foi a de 3º elemento, função esta destacada pelo manuseamento de linhas de mangueira DN25 e carregamento de malotes com mangueiras também DN25.

Depois de devidamente instruídos, numa fase inicial, foi também pedido aos sujeitos que, no final das ocorrências, destacassem e avaliassem o momento de maior intensidade e exigência física sentida por estes, utilizando a escala modificada de Borg [12]. Em média, os sujeitos avaliaram esse momento com o número 6, correspondendo esta classificação verbal a uma atividade intensa (tabela 12).

Quanto aos dados de FC registados, e tendo em conta que, em termos médios, os sujeitos passaram 17h53m por ocorrência, registando dados durante esse tempo, por um período médio de 2h12m, o que representa 12,33% do tempo total (devido a circunstâncias como a autonomia dos sistemas GPS e o tempo de conclusão das tarefas executadas no combate aos IF), os sujeitos passaram 3,5% do tempo total de registo acima do seu LAn, 0,4% no seu próprio LAn e 96,1% do tempo abaixo do seu LAn. Estes passaram ainda 3% do tempo acima das 4mmol/l, valor este definido pelos autores como de intensidade muito elevada. A FC máxima, por sua vez, rondou valores médios de 174 bpm, rondando a FC média valores registados de 121 bpm. Apesar destes valores médios de caracterização da atividade exercida por estes operacionais no combate a IF com recurso a linhas de água, nos apontarem claramente para uma atividade física de cariz altamente e predominantemente aeróbio, a intensidade foi bastante irregular e não constante, sendo caracterizada por períodos intermitentes de intensidades acima do LAn e do limiar definido a 4 mmol/l, destacando-se registos individuais em que a percentagem de tempo total de registo passado acima do LAn e das 4 mmol/l, rondou perto dos 20%. No entanto, como podemos observar no gráfico 8, nas gravações A6, C2,

D2, E2, F1 e G1, os sujeitos mantiveram-se sempre a níveis de intensidade constantes e sempre abaixo do seu LAn, ativando durante 100% do tempo o seu metabolismo aeróbio para fornecimento de energia.

➤ 2.3 –Análise de dados GPS – Registos/Gravações em destaque

Tabela 27: Registos/gravações individuais a destacar dada a sua relevância em termos de análise

Sujeito	Código	Início da gravação (formato - horas: minutos: segundos)	Fim da gravação (formato - horas: minutos: segundos)	Número de horas total (formato - horas: minutos: segundos)	FC mínima	FC máxima	FC média
A	A3	16:41:55	20:18:12	03:36:17	78	185	137
D	D1	16:38:15	20:19:01	03:40:46	89	189	129
E	E1	16:37:59	20:02:23	03:24:24	90	183	136
A	A5	12:47:16	14:14:03	01:26:47	59	186	148
B	B2	13:34:16	16:36:15	03:01:59	103	185	140

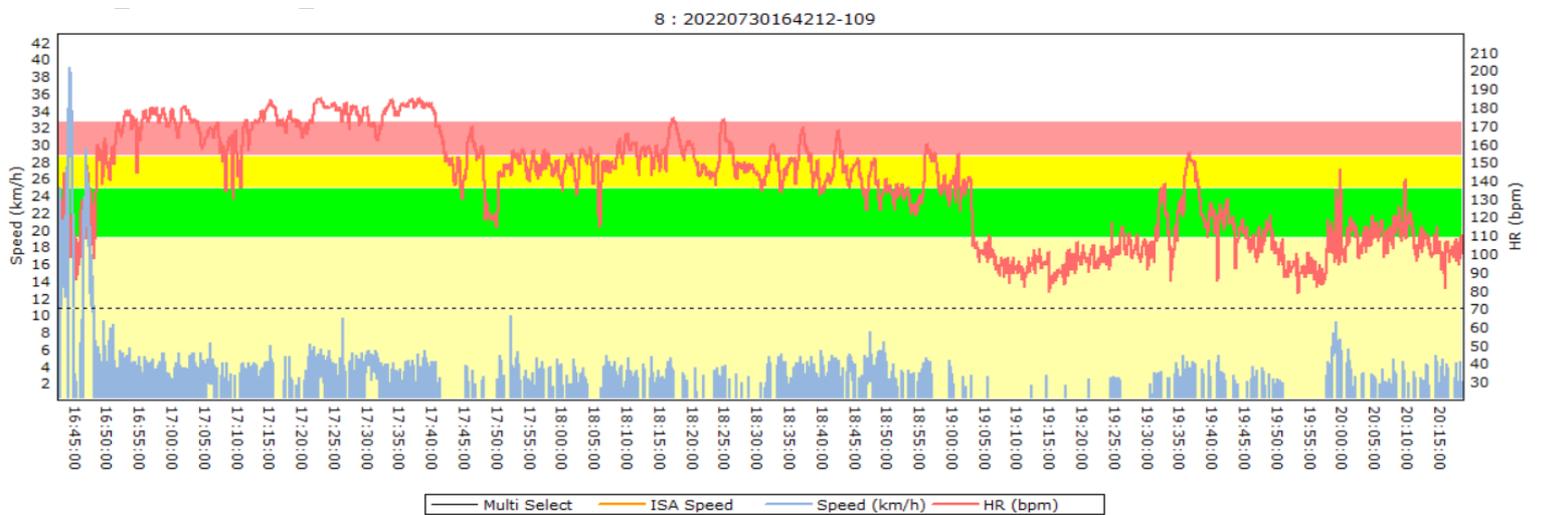


Figura 8: Gráfico elaborado pelo software “TEAM AMS” representando a oscilação da FC durante a totalidade de tempo de gravação/registo de dados GPS – A3

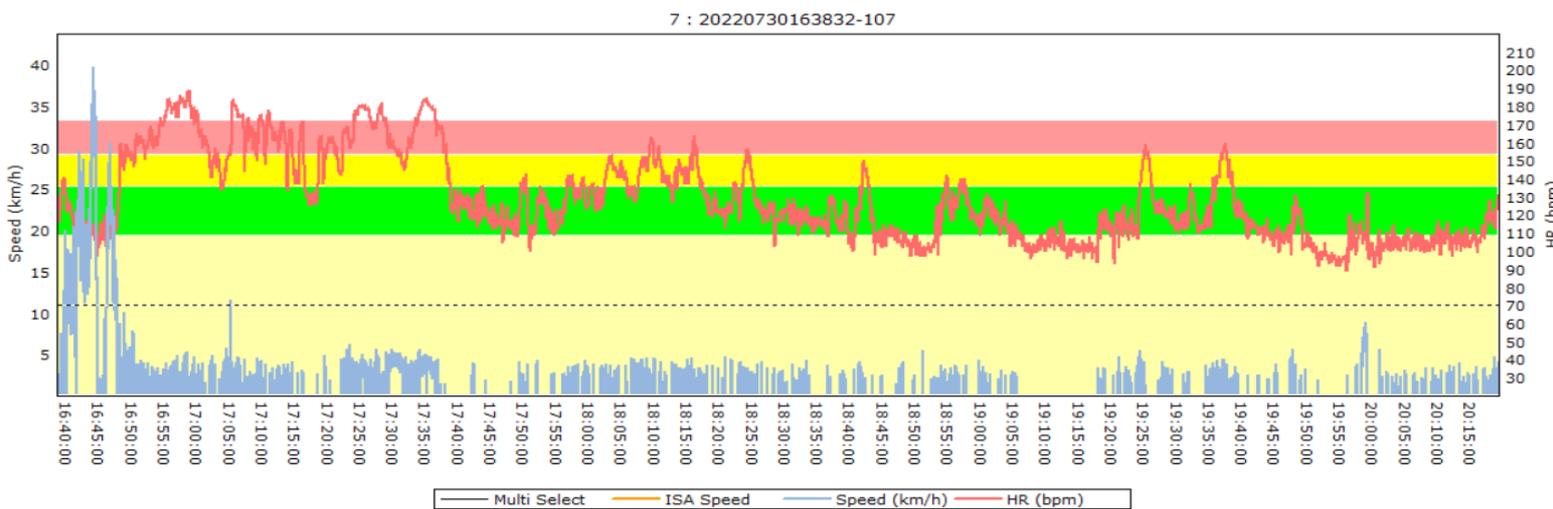


Figura 9: Gráfico elaborado pelo software “TEAM AMS” representando a oscilação da FC durante a totalidade de tempo de gravação/registo de dados GPS – D1

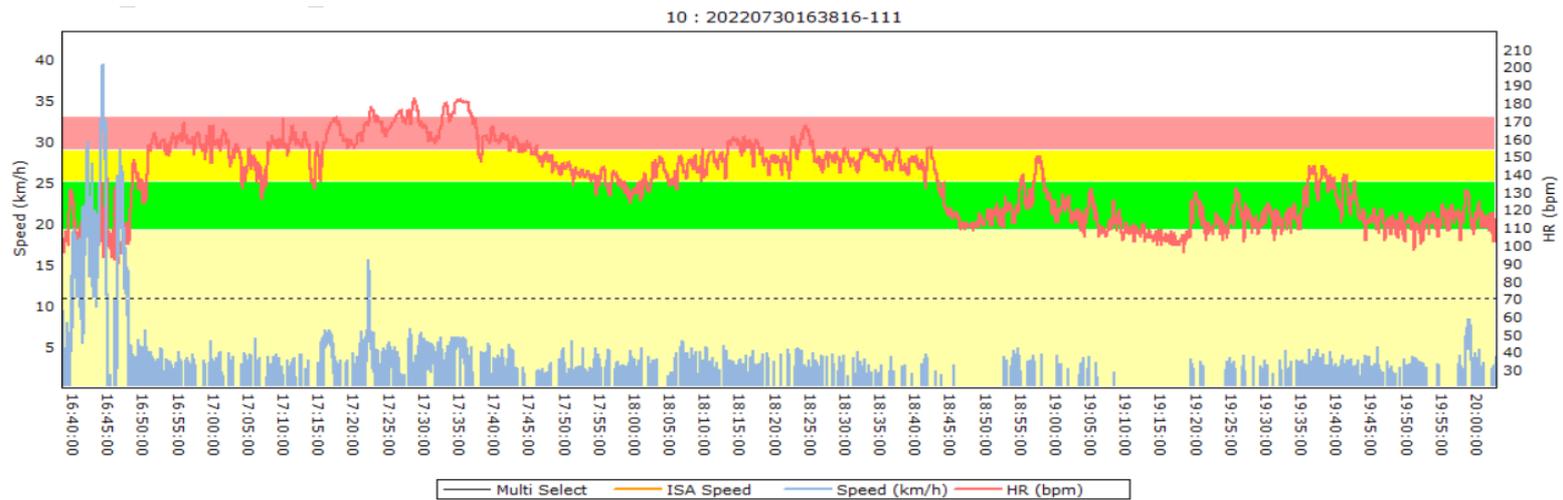


Figura 10: Gráfico elaborado pelo software “TEAM AMS” representando a oscilação da FC durante a totalidade de tempo de gravação/registo de dados GPS – E1



Figura 11: Gráfico elaborado pelo software “TEAM AMS” representando a oscilação da FC durante a totalidade de tempo de gravação/registo de dados GPS – A5

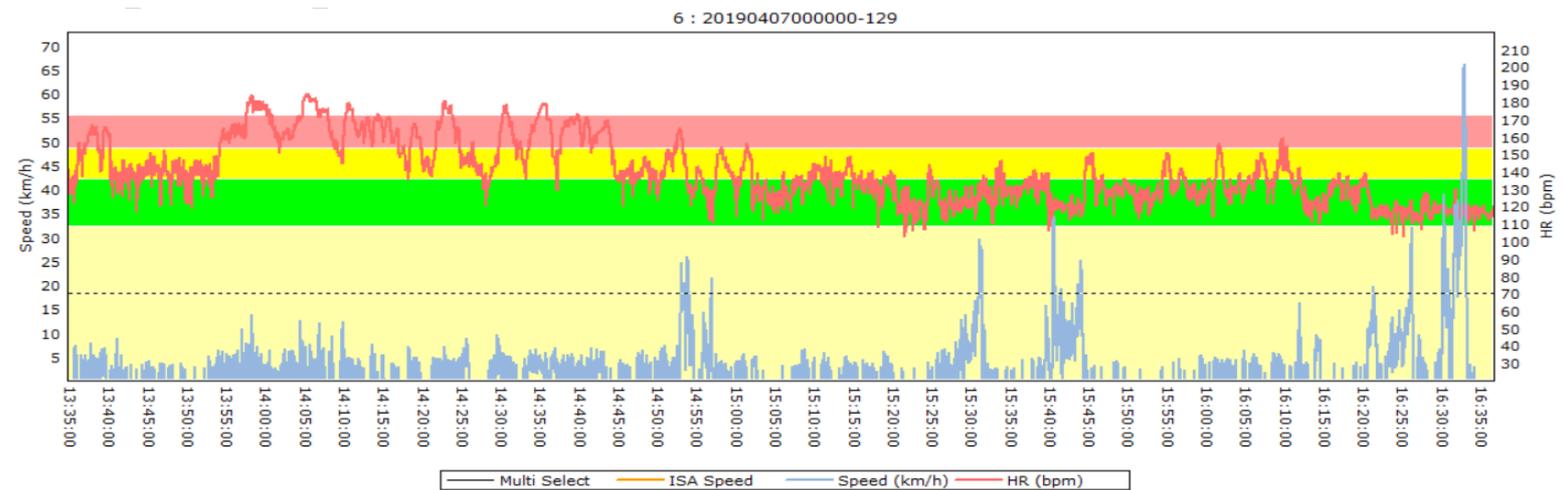


Figura 12: Gráfico elaborado pelo software “TEAM AMS” representando a oscilação da FC durante a totalidade de tempo de gravação/registo de dados GPS – B2

2.3.1 – A3

Gráfico 9: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade (%) – A3

% de tempo passado nas diferentes zonas de intensidade - A3

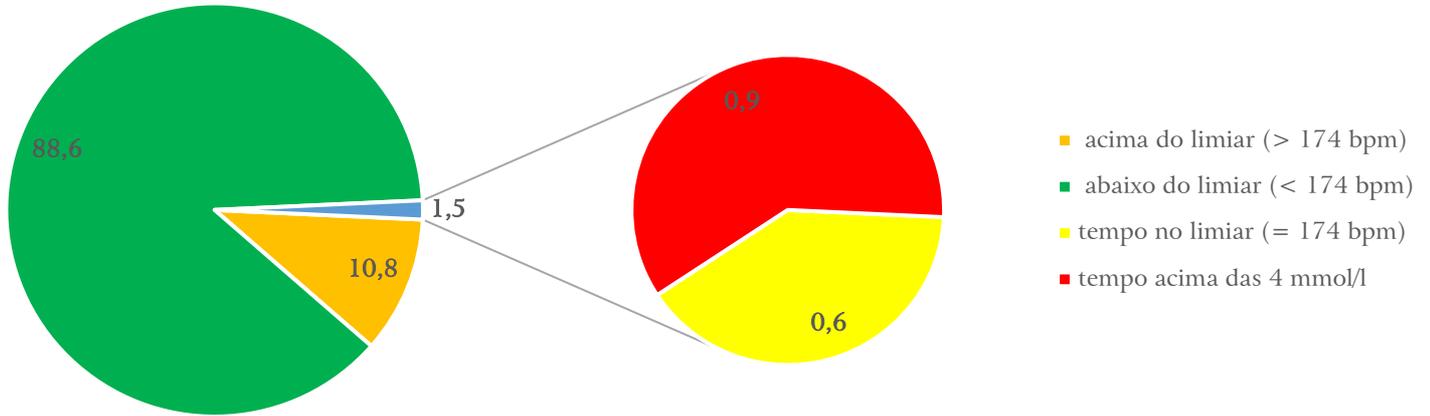
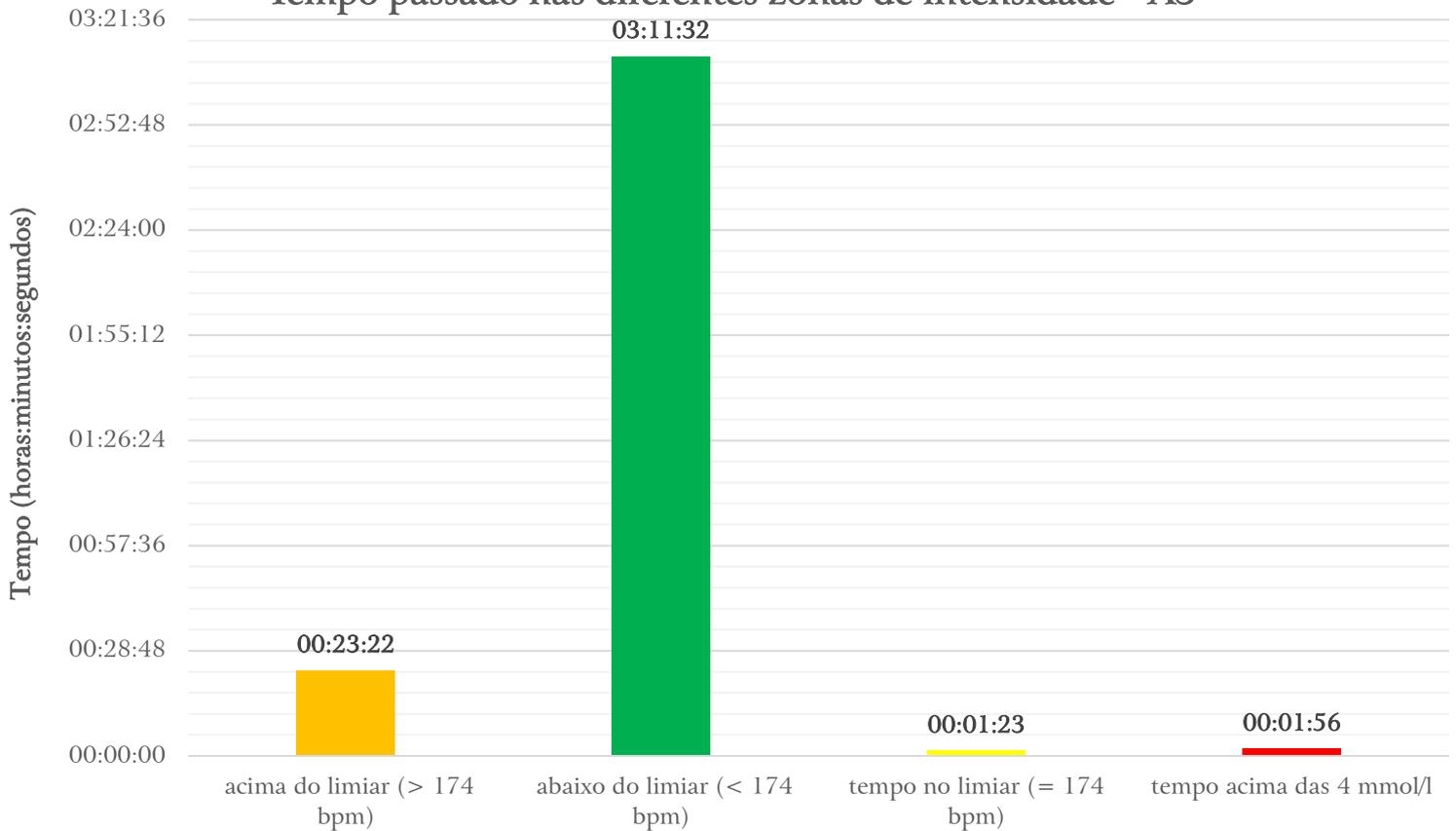


Gráfico 10: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade – A3

Tempo passado nas diferentes zonas de intensidade - A3



2.3.2 – D1

Gráfico 11: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade (%) – D1

% de tempo passado nas diferentes zonas de intensidade - D1

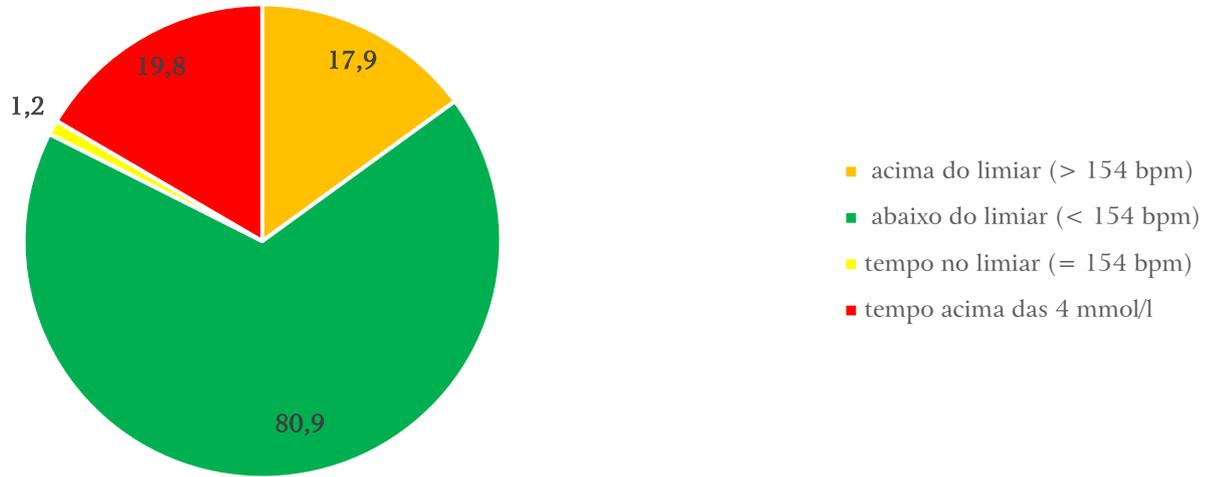
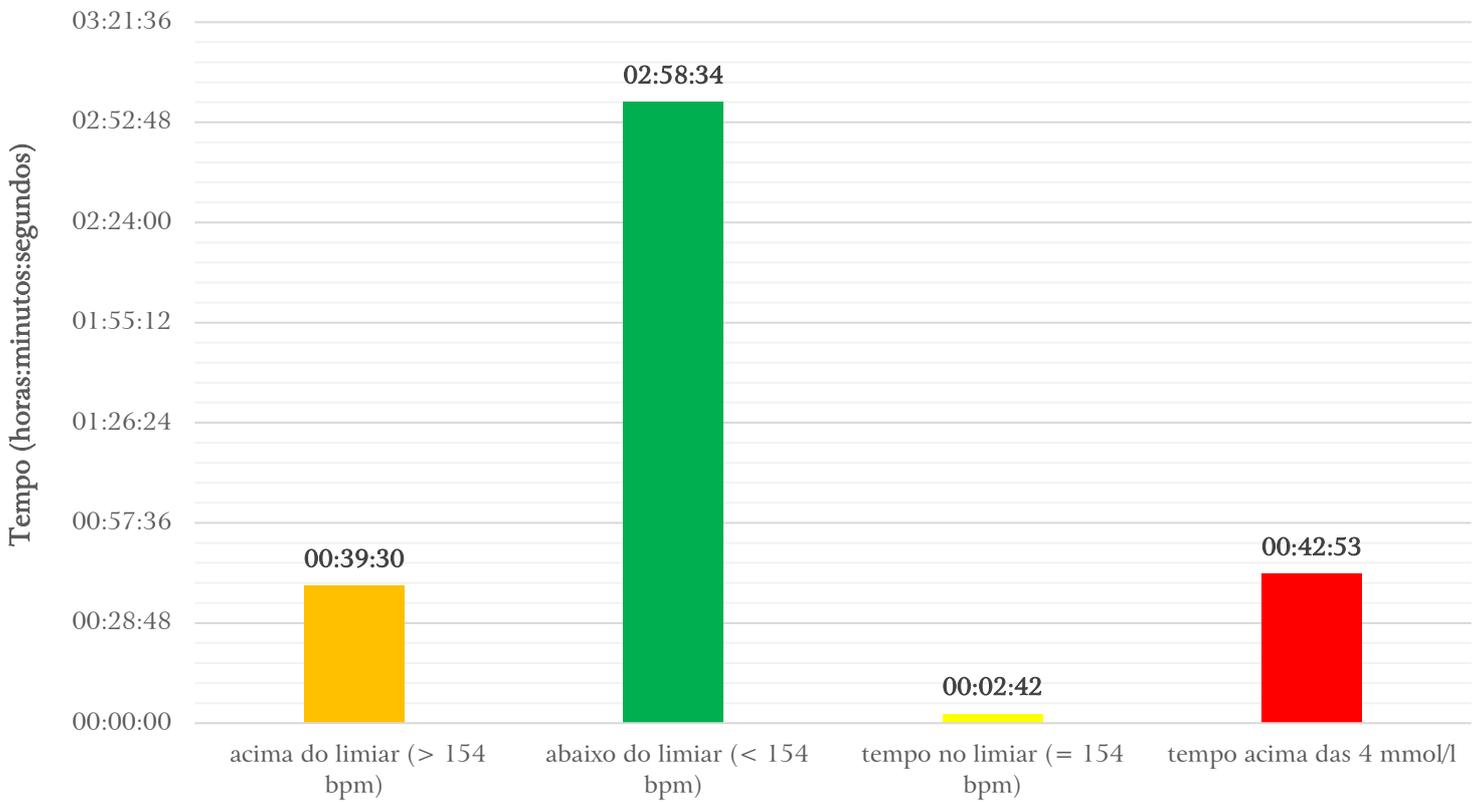


Gráfico 12: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade – D1

Tempo passado nas diferentes zonas de intensidade - D1



2.3.3 – E1

Gráfico 13: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade (%) – E1

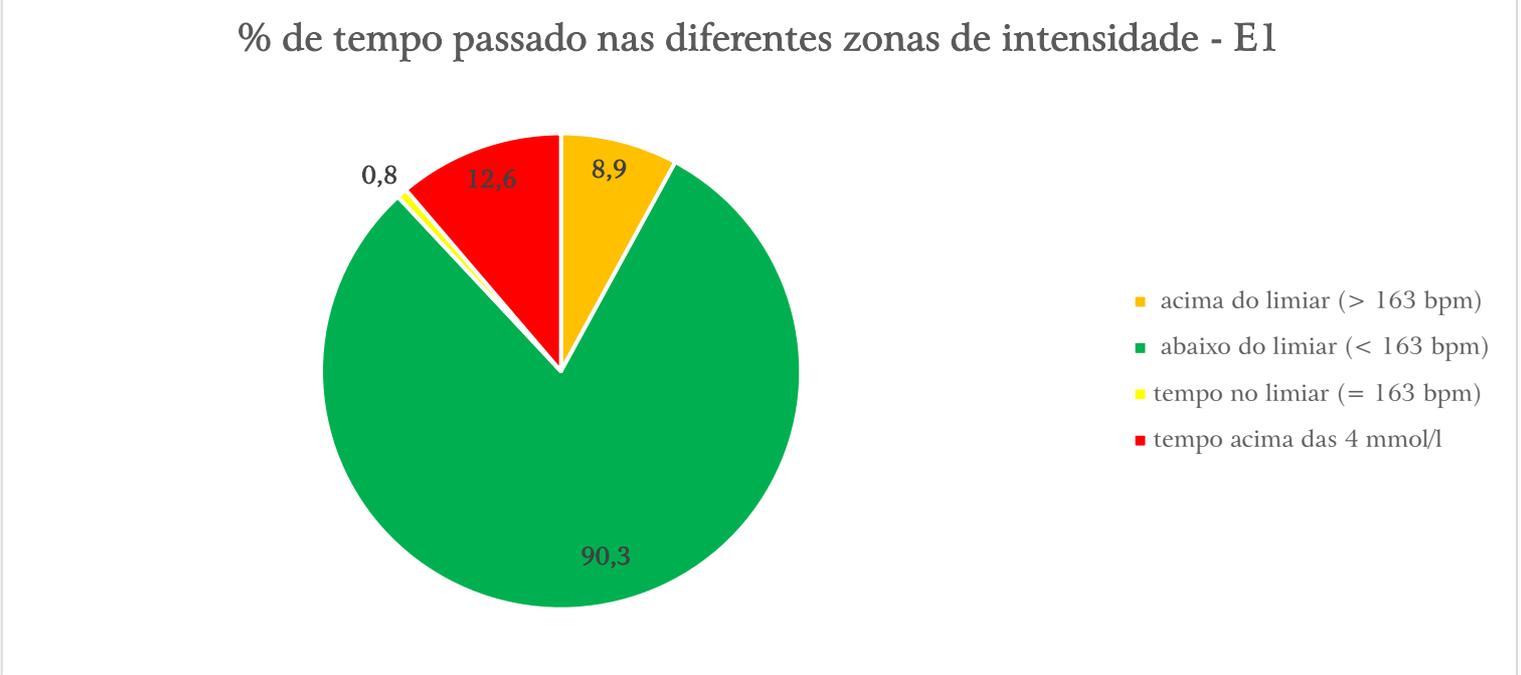
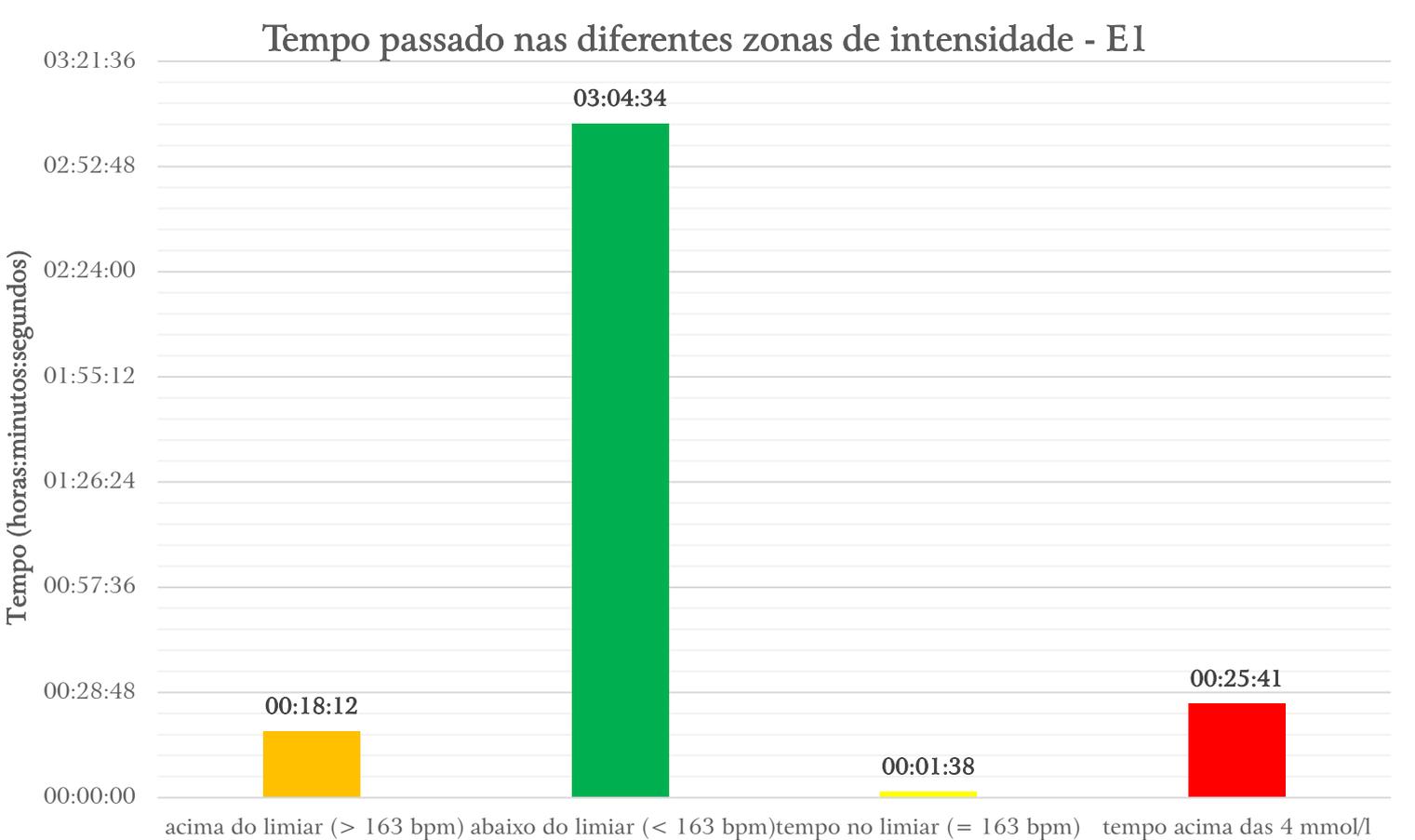


Gráfico 14: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade – E1



2.3.4 – A5

Gráfico 15: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade (%) – A5

% de tempo passado nas diferentes zonas de intensidade - A5

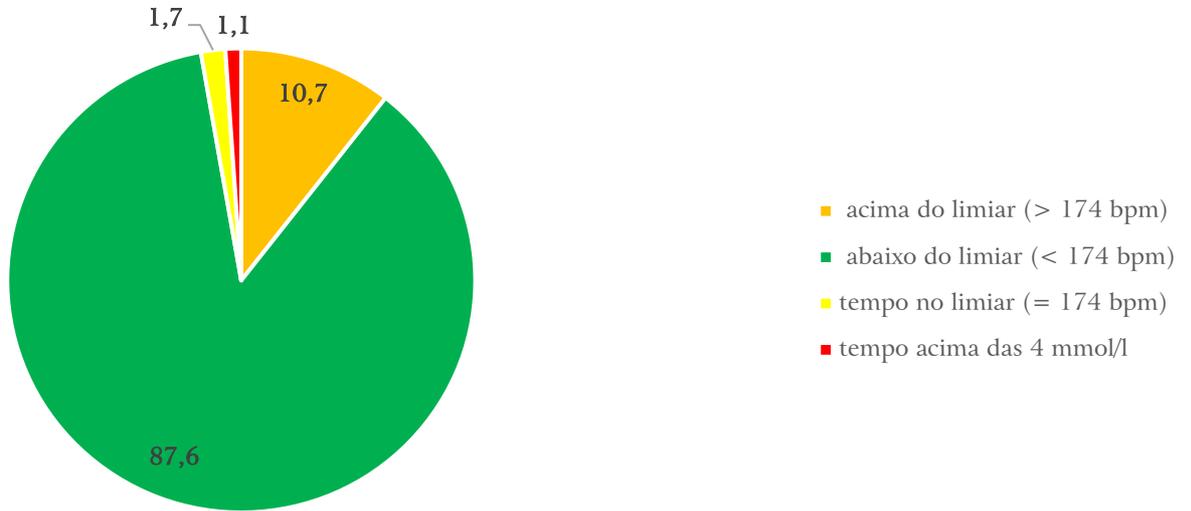
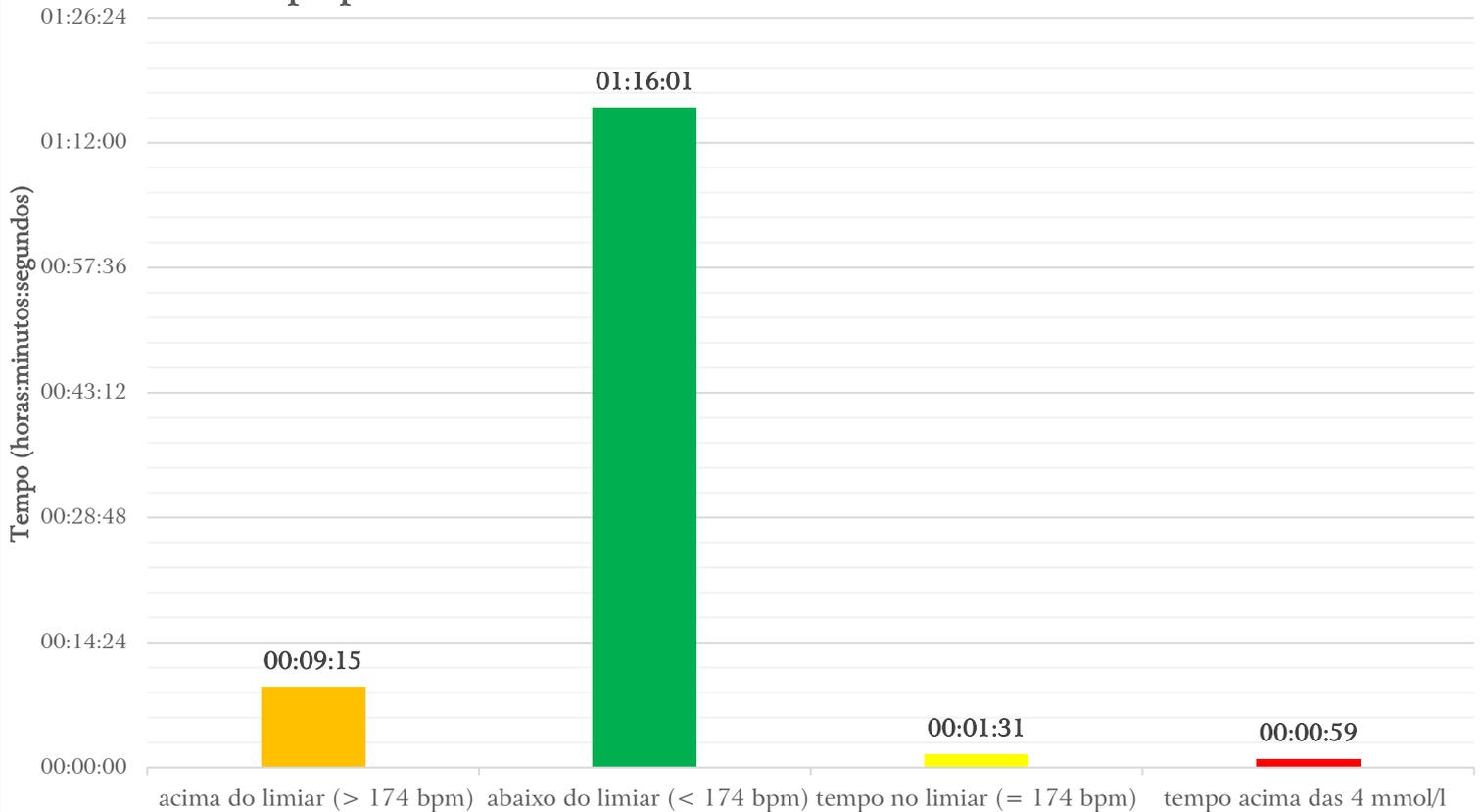


Gráfico 16: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade – A5

Tempo passado nas diferentes zonas de intensidade - A5



2.3.5 – B2

Gráfico 17: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade (%) – B2

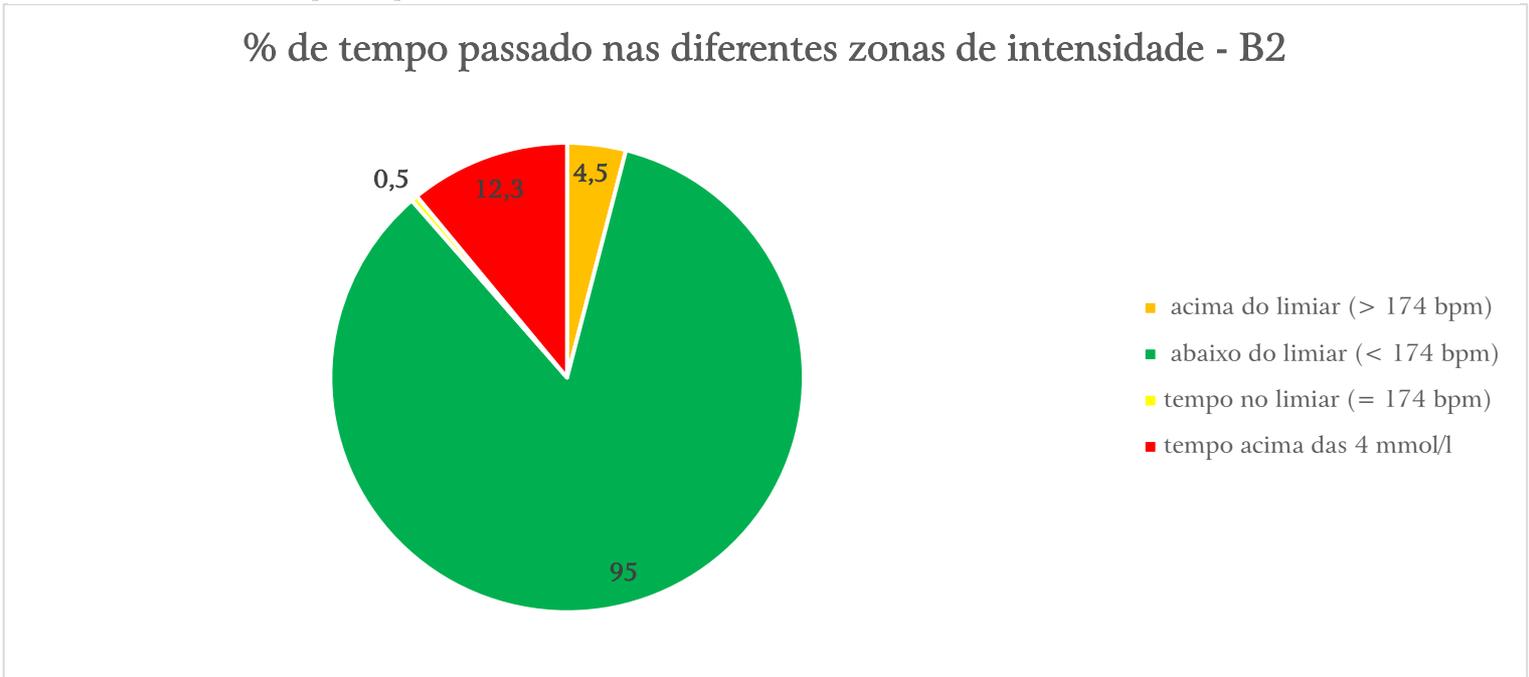
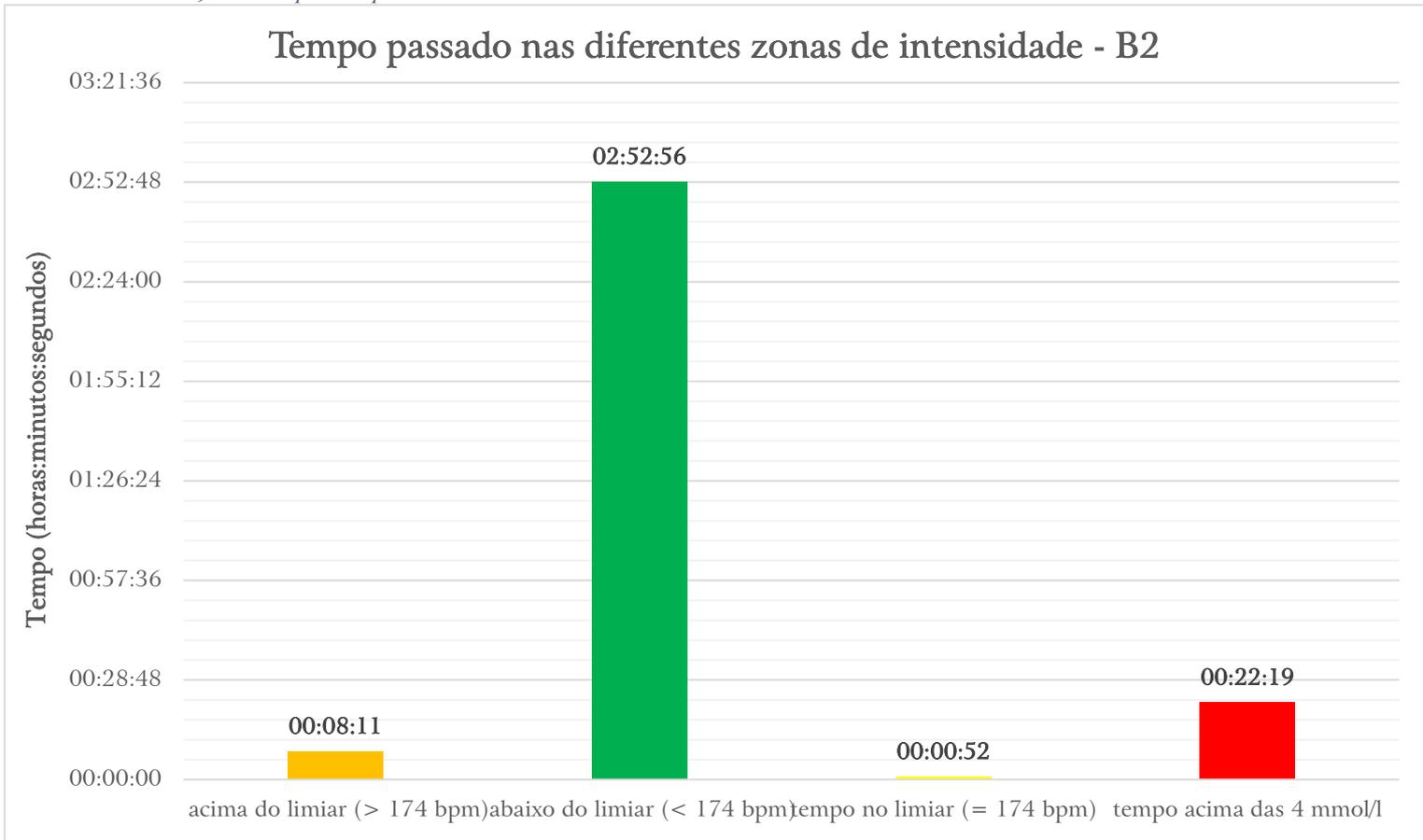


Gráfico 18: distribuição do tempo total passado nas diferentes zonas de intensidade – B2



Relativamente aos dados adquiridos, e apesar destes nos indicarem, em termos gerais, que este tipo de atividades é maioritariamente caracterizada por um perfil aeróbio, não existe uma linearidade e uma constância deste regime energético, evidenciando-se bastantes irregularidades quanto aos níveis de intensidade obtidos em mais de 50% de todos os registos de dados efetuados.

Através da observação e análise destes últimos gráficos (gráficos 9 a 18) e figuras (figuras 8 a 12), conseguimos analisar exatamente isso. Nestas gravações/registos de dados individuais, retratados especificamente dada a natureza dos seus valores obtidos, conseguimos analisar que a % de tempo total de gravação passada acima do LAn atingiu, por exemplo, na gravação D1, 17,9%, correspondendo a aproximadamente 40 minutos de um total aproximado de 3 horas e 41 minutos, acima do seu próprio LAn, o que evidencia um grande período de tempo passado a níveis de intensidade em que o organismo fica impossibilitado de manter uma homeostasia intracelular durante grandes períodos de tempo, dada a grande e rápida acumulação de ácido láctico no sangue, impossível de ser reconvertida em ATP e eliminada do organismo a uma taxa e velocidade tão rápida como àquela correspondente à sua produção. Nesse caso específico, o sujeito D passou também 19,8% do tempo total, acima da produção de lactato de 4 mmol/l, o que evidencia ainda mais a natureza deste tipo de atividades, que apesar de se caracterizarem, predominantemente, como atividades de grande duração e baixa intensidade, podem atingir, em certas alturas e circunstâncias, níveis de intensidade muito elevados, podendo estes terem de ser mantidos por um período de tempo elevado, o que exige muito fisicamente do operacional envolvido.

Através da tabela 24, podemos observar que as gravações/registos de dados A3, D1 e E1 (aqui destacadas) foram realizadas na mesma data, tendo os sujeitos A, D e E atuado na supressão do incêndio florestal em questão, na mesma equipa (composta esta por 5 elementos), exercendo as funções de 3º elemento, 2º elemento e agulheta, respetivamente. Observamos então que, a

par do sujeito D, o sujeito A passou 10,8% do tempo total de registo acima do seu LAn e o sujeito E, 8,9% acima do seu LAn. Tais valores, apesar de altos e bastante expressivos quanto à natureza exigente da atividade pelos sujeitos exercida, apresenta algumas diferenças, causadas não só pela disponibilidade física, pelo esforço e entrega não mensurável de cada um dos sujeitos, como pelas pequenas diferenças existentes nas tarefas executadas por estes, que apesar de bastante semelhantes, diferem umas das outras.

Para além disso, tendo em conta a avaliação individual de cada um destes sujeitos, realizada com o objetivo de caracterizar a amostra, podemos constatar que o sujeito D: apresentou, em termos de composição corporal, o menor valor em termos de % de gordura corporal, com um registo de 6,70%; em termos de aptidão neuromuscular, apresentou um registo de 32 abdominais, 16 flexões de braços, um valor de 78 kg quanto à força de preensão manual e 28 cm no teste de flexibilidade de anteroflexão do tronco; em termos de adaptação e recuperação cardíaca, apresentou um resultado de 1 no teste de Ruffier-Dickson, e em termos de aptidão cardiovascular, apresentou um VO₂max de 43,45 ml/kg/min (terceiro pior registo de toda a amostra do estudo), apresentando ainda um registo de 10 km/h (segundo melhor valor de toda a amostra de estudo) e 154 bpm no seu LAn. É evidente uma contradição no que diz respeito ao VO₂max deste sujeito e os resultados obtidos por este quanto ao teste de determinação do limiar, evidenciando um dos melhores resultados neste último, em oposição a um dos piores resultados obtidos quanto ao VO₂max, devido sobretudo à sua baixa massa corporal;

O sujeito A, em termos de composição corporal, apresentou o segundo menor valor de gordura corporal, com 8,78% de massa gorda; em termos de aptidão neuromuscular, apresentou um registo de 75 abdominais, 50 flexões de braços, 118 kg quanto à força de preensão manual e 31,5 cm no teste de flexibilidade de anteroflexão do tronco; quanto à adaptação e recuperação cardíaca, apresentou um resultado de 1,8 no teste de Ruffier-Dickson,

apresentando, quanto à aptidão cardiovascular, um VO₂max de 50,28 ml/kg/min e um registo de 10,7 km/h e 174 bpm no seu LAn;

O sujeito E, quanto à composição corporal, apresentou quanto à massa gorda, um registo de 17,18%; quanto à aptidão neuromuscular, apresentou um registo de 35 abdominais, 25 flexões de braços, 84 kg quanto à força de preensão manual e 21 cm quanto ao teste de flexibilidade de anteroflexão do tronco; em termos de adaptação e recuperação cardíaca, apresentou um resultado de 4,2 quanto ao teste de Ruffier-Dickson, apresentando, em termos de aptidão cardiovascular, um VO₂max de 38,73 ml/kg/min, assim como um registo de 8,4 km/h e 163 bpm no seu LAn.

Apesar de não compararmos todos os valores, conseguimos perceber que o sujeito D apresentou o maior valor em termos de % de tempo passado acima do seu LAn e acima de concentrações de 4mmol/l de entre os três sujeitos, evidenciando o valor mais baixo quanto à % de massa gorda corporal. Para além disso, à exceção do teste de flexibilidade, apresentou valores mais baixos que os sujeitos A e E em todos os testes de aptidão neuromuscular, apresentando ainda o melhor registo de toda a amostra quanto à recuperação e adaptação cardíaca e o segundo melhor valor, de entre os 3 sujeitos, quanto ao VO₂max e valores de velocidade e FC obtidos no LAn, Isto representa que, em cenários idênticos, os valores obtidos nos testes de aptidão neuromuscular, à exceção do teste de flexibilidade, podem ter sido preponderantes para um maior desgaste do sujeito D nas ações de combate direto ao IF em questão. É de evidenciar ainda que, apesar de ter o melhor registo no Índice de Ruffier-Dickson, e obter valores de aptidão cardiovascular superiores aos do sujeito E, este sujeito obteve um maior desgaste. No entanto, apesar de inseridos na mesma equipa e enfrentando o mesmo cenário no combate ao IF em questão, as tarefas dos sujeitos envolvidos foram diferentes, estando também presentes fatores de motivação intrínseca, entrega e resiliência de cada sujeito, tornando este tipo de comparações impossíveis de realizar. No entanto, importa salientar que um sujeito com piores valores de composição corporal, VO₂max,

limiar anaeróbio, assim como piores resultados nos testes de aptidão neuromuscular, teria passado ainda maiores dificuldades que o sujeito D no seu lugar, podendo correr riscos acrescidos à sua saúde e integridade física. Isto evidencia a importância de uma boa condição física e de uma composição corporal ajustada para poder realizar esta atividade sem correr ainda mais riscos do que aqueles que são impostos pelos IF. Para além disso, importa salientar, tendo em conta o gráfico 8, que em nenhuma das restantes gravações foi registado um valor tão alto passado acima do LAn e de concentrações acima das 4 mmol/l como na gravação D1. Em gravações como as registadas pelos indivíduos B e E, por exemplo, cujos sujeitos apresentaram os dois piores registos em termos de VO₂max (piores comparativamente aos obtidos pelo sujeito D), apresentando simultaneamente dois dos três piores resultados em termos de % de massa gorda subcutânea, verificou-se que ambos tiveram registos em que passaram 0% do tempo acima do seu LAn, e em que nos restantes registos, passaram 4,5% e 8,9% do tempo total, respetivamente, acima do seu LAn, valores bastante inferiores àqueles registados pelo sujeito D na gravação D1. Isto leva-nos a induzir, que indivíduos com piores resultados na composição corporal, assim como na sua aptidão cardiovascular, não conseguem ter uma capacidade de esforço e trabalho tão elevada em relação aos sujeitos com melhores valores de performance, sobretudo nestas variáveis, o que os leva a não conseguirem atingir e manter níveis de intensidade muito elevados no exercício das suas funções. É, portanto, extremamente necessário que a composição corporal seja controlada e ajustada, simultaneamente com uma otimização da capacidade cardiovascular.

De forma sucinta, como podemos observar por estes 5 registos específicos, os valores de % de tempo passado acima do LAn e das 4 mmol/l, apesar de altos, são diferentes, dada a natureza incaracterizável dos IF e devido às inúmeras possibilidades que podem existir para as diversas variáveis inerentes.

Por consequente, este tipo de atividades, podendo ser caracterizadas e definidas por atividades de resistência de base acíclica, requerem uma condição física bastante boa por parte de todos os operacionais envolvidos na supressão e combate direto de IF com recurso a linhas de água, onde a composição corporal, VO₂max e respetivo limiar anaeróbio são predominantes para o bom desempenho dos operacionais neste tipo de situações, sendo importante otimizá-los de forma a garantir não só uma boa performance, como a sua própria segurança e integridade física.

Por fim, e numa tentativa de encontramos possíveis relações estatisticamente significativas entre as variáveis inerentes ao estudo, realizou-se a correlação de spearman (teste não paramétrico) com auxílio do spss, verificando-se relações estatisticamente significativas entre as variáveis “massa corporal” e a “% de massa gorda”, sendo estas diretamente proporcionais (coeficiente de correlação = 0,821), o que nos evidencia que quanto mais pesados os indivíduos são, mais % de massa gorda subcutânea possuem, estabelecendo-se uma correlação significativa $p < 0,05$. O mesmo se verifica entre as variáveis “idade” e “VO₂max”, sendo estas, no entanto, inversamente proporcionais (coeficiente de correlação = -0,973), verificando-se um decréscimo deste último com o aumento da idade, havendo uma correlação significativa no nível $p < 0,01$.

CAPÍTULO V

CONCLUSÃO

Capítulo V – Conclusão

Com este estudo, que teve como objetivo principal caracterizar o esforço no combate direto a incêndios florestais com recurso a linhas de água por parte dos bombeiros, de forma a podermos protocolar futuramente métodos e procedimentos de preparação física enquadrados à realidade contextual e operacional destes, concluímos que: a amostra pertencente a este estudo, representada por 7 operacionais pertencentes à corporação dos Bombeiros Voluntários da Sertã, apresentou, em média, valores que nos apontam para uma caracterização deste tipo de atividade como sendo maioritariamente de cariz aeróbio, com baixos níveis de intensidade e uma longa duração.

Foi registado um valor de 96,1% do tempo total de registo de dados passado abaixo do LAn e apenas 3,5% acima do LAn e 3% acima das 4 mmol/l, o que evidencia a ativação maioritária do metabolismo aeróbio/oxidação lipídica para produção de energia. No entanto, fruto de uma análise mais detalhada e específica, conseguimos perceber que esse nível de intensidade não foi constante em mais de 50% de todos os registos de dados, havendo, ao longo da atividade e conseqüente registo de dados, períodos intermitentes de intensidades bastante elevadas, destacando-se a gravação D1 com 17,9% do tempo total de registo acima do LAn e 19,8% deste acima das 4 mmol/l, valores estes, que apesar de não serem congruentes em todas as gravações/registos de dados evidenciados neste estudo, são representativos e elucidativos da enorme exigência e stress físico que estes operacionais podem estar sujeitos.

O combate direto a IF com recurso a linhas de água, em termos de atuação e realização, é uma atividade estereotipada e padronizada a nível nacional pela Escola Nacional de Bombeiros, tendo sido, portanto, uma atividade realizada de forma igual ou semelhante em todos os registos. No entanto, estes dados, como analisados anteriormente, não são consistentes em todas as gravações registadas, uma vez que representam essencialmente a realidade contextual

incharacterizável dos incêndios florestais, que devido às inúmeras variáveis inerentes (temperatura, humidade relativa, velocidade e direção do vento, altimetria, tipo de terreno e fumo acumulado, entre outros), apresentam exigências diferentes e específicas a cada situação.

Podemos assim dizer, que apesar dos valores médios nos indicarem para uma caracterização da atividade como sendo de cariz maioritariamente aeróbio, a atividade de combate direto a IF com recurso a linhas de água, revelou-se, para esta amostra, uma atividade de resistência de base acíclica, com períodos intermitentes de intensidades elevadas, por vezes mantidas durante um grande período de tempo.

CAPÍTULO VI
LIMITAÇÕES DO ESTUDO E
PERSPETIVAS PARA ESTUDOS FUTUROS

Capítulo VI – Limitações do estudo e perspectivas para estudos futuros

1. Limitações do estudo

Neste estudo, existem, no entanto, limitações que devem ser evidenciadas, entre as quais:

- Dos 10 sujeitos que inicialmente iriam compor a amostra de estudo, apenas foram considerados 7 e descartados 3 no final, uma vez que durante o DECIR, estes últimos não foram ativados para nenhuma ocorrência de IF em que tivessem de realizar combate direto com recurso a linhas de água e que correspondesse assim aos critérios de análise do próprio estudo. Sendo assim, devido a fatores externos e não controláveis por parte dos investigadores, estes não apresentaram nenhum registo de dados, sendo assim automaticamente excluídos da amostra de estudo;
- Os valores de referência estereotipados pelo ACSM destinam-se à população em geral, não sendo contabilizadas as particularidades desta amostra de estudo, que apesar de não serem considerados atletas, encontram-se, inequivocamente, numa população específica que requer cuidados específicos e diferenciados;
- A avaliação da força de preensão manual, realizada aos sujeitos de forma a caracterizar a amostra quanto à sua força geral, deveria ter sido acompanhada por uma avaliação/medição da força dos membros inferiores, de forma a ter uma maior validade de teste quanto à estimação da força geral dos sujeitos. No entanto, com o valor da força de preensão manual, conseguimos obter um indicador válido quanto à força geral dos sujeitos pertencentes à amostra;
- O tempo de registo de dados apenas representa, em média, 12,33% da totalidade de tempo que os sujeitos estiveram nas ocorrências, não havendo, portanto, uma representação total deste tipo de atividade. No entanto, uma vez que a autonomia dos GPS utilizados para registo de dados variava entre 3 a 4 horas, foi impossível retratar as 17 horas e 53 minutos que os sujeitos estiveram, em média, ativos nas ocorrências de IF. Para além disso, em algumas situações, como o objetivo do estudo foi retratar o combate direto a IF com

recurso a linhas de água, os GPS foram imediatamente desligados por parte dos sujeitos antes da sua autonomia acabar, assim que estes finalizassem o combate direto e neutralizassem o incêndio. O restante tempo não foi então considerado, dado que foram realizadas atividades/tarefas não inseridas no combate indireto aos IF, nomeadamente ações de rescaldo, eliminação de pontos quentes localizados em áreas de maior perigo, circunscrição da área ardida com a abertura de faixas de contenção, vigias, utilização de material sapador ao invés de linhas de água, entre outras tarefas. Foram assim sempre excluídos do registo de dados qualquer operação que não estivesse incorporado no combate direto a IF com recurso a linhas de água;

- Destacamos ainda a existência de uma possível alteração em termos dos resultados obtidos nos testes de fitness, nomeadamente os valores obtidos para o LAn e para a concentração a 4 mmol/l, durante o período correspondente ao DECIR, uma vez que os IF e os respetivos registos de dados ocorreram num intervalo de aproximadamente 2 meses. Os valores obtidos quanto à composição corporal, aptidão neuromuscular e aptidão cardiovascular sofreram, provavelmente, algumas alterações, dado a diferença temporal entre a sua mensuração e o registo de dados efetuado durante os IF. Os valores da FC e velocidade adquiridos e posteriormente estipulados para o LAn e concentração a 4 mmol/l de cada indivíduo podem ter sofrido uma ligeira melhoria, no entanto não nos parece significativa dada a reduzida carga de treino a que foram submetidos durante os 2 meses de registo de dados, sendo necessário a inclusão de mais momentos de avaliação (avaliações intermédias) durante esse período. Porém, uma vez que a amostra de estudo se encontrava incorporada no DECIR, houve impossibilidade de realizar mais momentos de avaliações. Posto isso, e dada a não realização constante de atividade física por parte dos sujeitos devido aos seus hábitos pessoais, essas diferenças podem não ter sido significativas, podendo até ser nulas.

2. Perspetivas para estudos futuros

Com a realização e elaboração desta dissertação de mestrado, vários pontos de interesse e questões foram sendo despoletadas gradualmente, o que me intrigou e motivou para em tempos futuros, continuar direta ou indiretamente a abordagem científica deste estudo em vários pontos e perspetivas, entre os quais:

- Monitorizar a totalidade de tempo em que os bombeiros estão em ocorrência, desde a sua mobilização até à sua desmobilização, descrevendo criteriosamente os diversos momentos de registo;
- Analisar impactos da inalação de fumos quanto ao desempenho, performance e alteração das variáveis fisiológicas;
- Verificar diferenças de esforço entre as demais funções exercidas no combate direto a IF com recurso a linhas de água (4º, 3º, 2º e 1º elementos);
- Discriminar e especificar, durante a totalidade da gravação, a ativação do sistema nervoso simpático no momento em que se dá o alerta/alarme;
- Caracterizar as exigências fisiológicas requeridas no combate direto e indireto a IF com recurso a material sapador (em brigadas helitransportadas ou terrestres) e estabelecer comparações com o combate direto com recurso a linhas de água;
- Estabelecer correlações entre os testes de fitness e a performance adquirida neste tipo de atividades, destacando quais são as mais preponderantes para um melhor desempenho;
- Avaliar a taxa de desidratação dos bombeiros em ações de combate a IF;
- Incluir avaliações intermédias aos sujeitos pertencentes à amostra do estudo, quando este possuir uma diferença temporal maior ou semelhante à do estudo atual, de forma a termos uma maior validade de dados adquiridos.

CAPÍTULO VII

BIBLIOGRAFIA

Capítulo VII – Bibliografia

[1] Beighley M, Hyde AC. *Gestão dos Incêndios Florestais em Portugal numa Nova Era. Avaliação dos Riscos de Incêndio, Recursos e Reformas. Relatório elaborado com a cooperação e apoio de The Navigator Company 2018;59. Available from: isa. ulisboa.pt/files/cef/pub/articles/2018_04/2018_Portugal_Wildfire_Management_in_a_New Era Portuguese. pdf;*

[2] Beighley M, Hyde AC. *Systemic Risk and Portugal's Forest Fire Defense Strategy. Portucel Conf. 2009; (September);*

[3] Parente J, Pereira MG, Amraoui M, Fischer EM. *Heat waves in Portugal: Current regime, changes in future climate and impacts on extreme wildfires. Science of the Total Environment. 2018;631–632:534–49. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.044>;*

[4] Parente J, Amraoui M, Menezes I, Pereira MG. *Drought in Portugal: Current regime, comparison of indices and impacts on extreme wildfires. Science of the Total Environment. 2019; 685:150–73. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.298>;*

[5] *Escola Nacional de Bombeiros: Fichas de manobra - Incêndios Rurais. [place unknown: publisher unknown]; 2019 [cited 2023 Jan 5]. Available from: <https://elearning.enb.pt/course/index.php?categoryid=3&fbclid=IwAR0Zb7gJZ11FN6-P50IKLH2uuUkw057gG1U6dsxpadc1sMZoGHFbnuYw9Uo>*

[6] Perroni F, Tessitore A, Cortis C, et al. *Energy cost and energy sources during a simulated firefighting activity. J Strength Cond Res. 2010;24:3457–3463.*

[7] Houck JM, Mermier CM, Beltz NM, Johnson KE, Vandusseldorp TA, Escobar KA, et al. *Physical Fitness Evaluation of Career Urban and Wildland Firefighters. 2020;0001:302–7.*

- [8] Gnacinski SL, Ebersole KT, Cornell DJ, Mims J, Zamzow A, Meyer BB. *Firefighters' cardiovascular health and fitness: An observation of adaptations that occur during firefighter training academies.* 2016;54:43–50.
- [9] Gendron P, Lajoie C, Laurencelle L, Lemoyne J, Trudeau F. *Physical training in the fire station and firefighters' cardiovascular health.* 2020;1–7
- [10] Espinoza F, Delgado-Floody P, Martínez-salazar C, Jerez-Mayorga D, Guzmán-Guzmán IP, Caamaño-Navarrete F, Ramirez-Campillo R, Chamorro C, Campos-Jara C. *The influence of cardiometabolic risk factors on cardiorespiratory fitness in volunteer Chilean firefighters.* 2019;(April):1–8.
- [11] Miranda AI, Martins V, Cascão P, Amorim JH, Valente J, Tavares R, Borrego C, Tchepel O, Ferreira AJ, Cordeiro CR, Viegas DX, Ribeiro LM, Pita LP. *Monitoring of firefighters exposure to smoke during fire experiments in Portugal.* *Environ Int.* 2010 Oct;36(7):736-45. doi: 10.1016/j.envint.2010.05.009. Epub 2010 Jun 25. PMID: 20579737.
- [12] Pescatello LS, Arena R, Riebe D, Thompson PD. *ACSM'S guidelines for exercise testing and prescription [Internet]. Vol. 7, American College of Sports Medicine.* 2015. 37–72 p. Available from: https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civil_wars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625
- [13] Rodrigues dos Santos, J.A. 2002. *Consumo máximo de oxigénio: uma breve revisão in: Santos, P. J. M., Santos, J. A. R. (eds). Investigação aplicada em atletismo: Um contributo da FCDEF, Porto*
- [14] Astrand, P.O. e Rodahl, K. 1986. *Textbook of Work Physiology (3rd ed.). New York: McGraw-Hill*

[15] Uth, N. 2005. Gender difference in the proportionality factor between the mass specific $VO_2\text{máx}$ and the ratio between $HR(\text{máx})$ and $HR(\text{rest})$. *International Journal of Sports Medicine*, 26 (9):763-767

[16] Wasserman, K., Hansen, J. F., Sue, D. Y., Casaburi, R. e Whipp, B. J. 1999. *Principles of Exercise testing and interpretation*, 3rd ed., Baltimore: Lippincott Williams & Williams.

[17] Ruiz, M. R. e Pérez, A. B. 2003. Las pruebas de esfuerzo en la valoración cardiológica y funcional del deportista. In P.M. Marqueta, A.B. Pérez, E.L. Fernández, C.P. de Beristaín. *Cardiología del Deporte (I)*, 1º Ed., pp.135-200. Monografías FEMEDE, Nexus Ediciones, Barcelona, España.

[18] Gomes, B. 2002. *Indicadores Fisiológicos de Rendimento em Canoístas Femininos de Elite*. Coimbra. FCDEF-UC.

[19] Armstrong, N. e Welsman, J.R. 1994. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exerc Sport Sci Rev* 22: 435-476.

[20] Krahenbuhl, G.S., Skinner, J.S. e Kohrt, W.M. 1985. Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exerc Sport Sci Rev* 13: 503-538.

[21] McArdle, W.D., Katch, F.L. e Katch, V.L. 1991. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance (3rd ed.)*. Philadelphia: Lea & Febiger.

[22] Wasserman, K. 1984. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *American Review of Respiratory Disease*, 129, S35-s40.

[23] Costill, D.L., Thomasson, H. e Roberts, E. 1973. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med Sci Sports Exerc*. 5: 248-252.

[24] Hagberg, J.M e Coyle, E.F. 1983. *Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. Med Sci Sports Exerc. 15: 287-289.*

[25] Silva, A.S.R, Santos, F.NC, Santiago, V. e Gobatto, C.A. 2005. *Comparação entre métodos invasivos e não invasivo de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais - Rev Bras Med esporte vol.11 no.Niterói July/Aug.*

[26] Kindermann, W., Simon, G. e Keul, J. 1979. *The significance of the aerobicanaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 42:25-34.*

[27] Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Schürch, P. e Hollmann, W. 1976a. *Zur beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Sportarzt Sportmed; 26:109-12.*

[28] Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Schürch, P. e Hollmann, W. 1976b. *Zur beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Sportarzt Sportmed; 24:80-8.*

[29] Sjodin, B. e Jacobs, I. 1981. *Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. Int J Sports Med; 2:23-6.*

[30] Hollmann, W. 1985. *Historical remarks on the development of the aerobic-anaerobi threshold up to 1966. Int J Sports Med; 6:109-16.*

[31] Silva, A.S.R, Santos, F.NC, Santiago, V. e Gobatto, C.A. 2005. *Comparação entre métodos invasivos e não invasivo de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais - Rev Bras Med esporte vol.11 no.Niterói July/Aug.*

[32] Barros Neto, T. L., Tebexreni, A. S., Tambeiro, V. L. 2001. *Aplicações práticas da ergoespirometria no atleta*, CEMAFE — Centro de Medicina da Atividade Física e do Esporte — Escola Paulista de Medicina — UNIFESP - *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo*. 3:695-705.

[33] Santos, P. 2002. *Limiar anaeróbio: uma breve revisão* In: Santos, P.J.M., Santos, J.A.R. (eds), *Investigação aplicada em atletismo: um contributo da FCDEF.UP para o desenvolvimento do meio fundo e fundo*, pp.19-27. FCDEF, Porto.

[34] Faude, O., Kindermann, W. e Meyer, T. 2009. *Lactate Threshold Concepts: How Valid are They?*. *Sports Medicine*. Volume 39 - Issue 6 - pp 469-490.

[35] Hopkins, W.G. Schabort, E.J. e Hawley, J.A. 2001. *Reliability of power in physical performance tests*. *Sports Medicine*, 31(3), 211-234.

[36] Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R. e Hollmann, W. 1985. *Justification of the 4- mmol/l lactate threshold*. *Int J Sports Med*. 6:117-30.

[37] Tiwari R, Kumar R, Malik S, Raj T, Kumar P. *Analysis of Heart Rate Variability and Implication of Different Factors on Heart Rate Variability*. *Curr Cardiol Rev*. 2021;17(5):e160721189770. doi: 10.2174/1573403X16999201231203854. PMID: 33390146; PMCID: PMC8950456.

[38] Godinho LS, Figueiredo AJB, Vaz LMT. *Caracterização métrica em futebolistas Sub-15*. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte [online]*. 2013, v. 35, n. 2 pp. 409-423. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0101-32892013000200011>>. Epub 13 Ago 2013. ISSN 2179-3255. <https://doi.org/10.1590/S0101-32892013000200011>.

[39] De Mondenard, J.-P. (1987). *Test des flexions de Ruffier-Dickson*. 14, 381–388. <https://kinedoc.org/work/kinedoc/bc8709db-774d-43c2-ae2-7c076246b0e5.pdf>

[40] Newell, J., Higgins, D., Madden, N., Cruickshank, J., Einbeck, J., McMillan, K e McDonald, R. 2007. *Software for calculating blood lactate endurance markers*.

Journal of Sports Sciences, October; 25(12): 1403-1409.

[41] Borg, G. e Borg, E. 2010. *The Borg CR-Scales® Folder*, Hässelby, Sweden, *Borg Perception*.

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

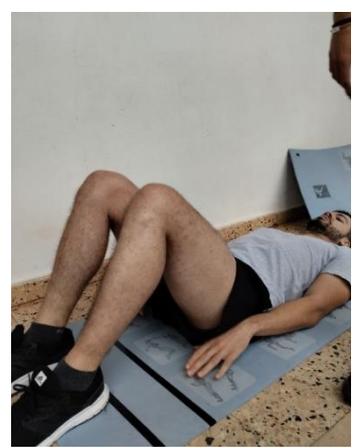
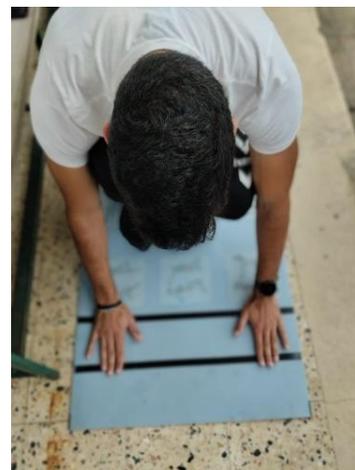
Capítulo VIII - Anexos

Anexo 1 – Registo fotográfico captado pelos operacionais pertencentes à amostra de estudo, durante o registo de dados nos diferentes incêndios florestais onde atuaram durante o DECIR 2022





Anexo 2 – Registo fotográfico de algumas avaliações realizadas aos sujeitos pertencentes à amostra de estudo



Anexo 3 – Consentimento informado entregue aos participantes pertencentes à amostra de estudo

CONSENTIMENTO INFORMADO, ESCLARECIDO E LIVRE PARA PARTICIPAÇÃO EM ESTUDOS DE INVESTIGAÇÃO (de acordo com a Declaração de Helsínquia e a Convenção de Oviedo)

Título do estudo: As exigências fisiológicas requeridas no combate a incêndios florestais

Um estudo realizado com bombeiros voluntários portugueses

Enquadramento: Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra

Orientador: Professor Doutor Amândio Manuel Cupido Santos

Coorientador: Professor Doutor Miguel Abrantes de Figueiredo Bernardo de Almeida

Explicação do estudo: Com a realização deste estudo, pretende-se:

Objetivos gerais:

Caracterizar e as necessidades fisiológicas requeridas por bombeiros florestais durante a realização das principais manobras estereotipadas a nível nacional, com recurso a linhas de água, executadas no combate a incêndios florestais. Tais dados permitir-nos-ão delinear e estruturar planos de treino específicos e modulados criteriosamente para as exigências reais vivenciadas pelos bombeiros neste tipo de cenários, de forma a serem considerados de carácter obrigatório no seio das instituições/corporações de bombeiros voluntários em todo o país, sendo também aplicado à comunidade dos bombeiros florestais (voluntários e profissionais) fora do país, que possuam uma realidade contextual e logística igual ou semelhante àquela vivida no seio das corporações de bombeiros voluntários portugueses;

Objetivos específicos:

- Caracterizar inicialmente a amostra do estudo em termos antropométricos e fisiológicos;
- Durante a época de incêndios, monitorizar a amostra do estudo em situações reais de combate a incêndios florestais, quando forem devidamente acionados para o efeito, com um cardiofrequencímetro e um sistema gps;
- Analisar as variáveis, estabelecer correlações e definir conclusões e resultados do estudo.

Condições e financiamento: A participação será de caráter voluntário e com ausências de prejuízos. Com a participação no estudo terão acesso aos dados recolhidos.

Confidencialidade e anonimato: É garantido o uso exclusivo dos dados recolhidos para o presente estudo, permitindo a identificação dos sujeitos apenas para esta finalidade.

Obrigado pelo tempo dispensado.

Por favor, leia com atenção a seguinte informação. Em caso de dúvida, não hesite em solicitar mais informações. Se concorda com a proposta que lhe foi feita, queira assinar este documento.

Assinaturas de quem pede consentimento:

- Professor Doutor Amândio Manuel Cupido dos Santos

- Professor Doutor Miguel Abrantes de Figueiredo Bernardo de Almeida

- Pedro Miguel Lourenço Farinha

Declaro ter lido e compreendido este documento, bem como as informações verbais que me foram fornecidas pelas pessoas que acima assinaram. Foi-me garantido a possibilidade de, em qualquer altura, recusar participar neste estudo sem qualquer tipo de consequências. Desta forma, aceito participar neste estudo e permito a utilização dos dados que de forma voluntária forneço, confiando em que apenas serão utilizados para esta investigação.

Nome: _____

Assinatura (de acordo com o cc):

Data: ____//____//_____

ESTE DOCUMENTO É COMPOSTO POR 2 PÁGINAS E FEITO EM DUPLICADO: UMA VIA PARA O INVESTIGADOR, OUTRA PARA A PESSOA QUE CONSENTE