



ACADEMIA MILITAR

Mestrado Integrado em Ciências Militares, na especialidade de Artilharia

**Identificação de Requisitos de um Exosqueleto para Utilização
em Ambiente Operacional**

**Autor: Aspirante Aluno de Artilharia Nuno Guilherme de Matos Fernandes Augusto
Ribeiro**

Orientador: Major de Material Luís Filipe Pratas Quinto

**Coorientador: Professor Doutor Miguel Pedro Tavares da Silva (Instituto Superior
Técnico)**

Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada

Lisboa, maio de 2020



ACADEMIA MILITAR

Mestrado Integrado em Ciências Militares, na especialidade de Artilharia

**Identificação de Requisitos de um Exosqueleto para Utilização
em Ambiente Operacional**

**Autor: Aspirante Aluno de Artilharia Nuno Guilherme de Matos Fernandes Augusto
Ribeiro**

Orientador: Major de Material Luís Filipe Pratas Quinto

**Coorientador: Professor Doutor Miguel Pedro Tavares da Silva (Instituto Superior
Técnico)**

Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada

Lisboa, maio de 2020

EPÍGRAFE

“What you learn from a life in science is the vastness of our ignorance”

David Eagleman

DEDICATÓRIA

Ao grupo de trabalho da Academia Militar e do Instituto Superior Técnico, por tornar possível a concretização desta investigação. Aos meus pais, familiares, amigos e namorada que me acompanharam ao longo desta morosa e difícil, mas tão gratificante jornada.

AGRADECIMENTOS

O presente Trabalho de Investigação Aplicada simboliza o término de cinco longos e desafiantes anos, que agora correspondem à transição de aluno da Academia Militar para Oficial dos Quadros Permanentes do Exército Português. Esta longa jornada que ainda agora começou, não teria sido concretizável sem a camaradagem e apoio de todos aqueles que comigo privaram.

Em primeiro lugar, e sem menosprezar todos os outros que me ajudaram, gostaria de agradecer ao meu Orientador, Major Luís Filipe Pratas Quinto, pelos constantes ensinamentos, e sobretudo pela paciência demonstrada para me auxiliar a resolver todas as situações adversas e dúvidas.

Ao meu coorientador Professor Doutor Miguel Pedro Tavares da Silva, Professor Associado do Instituto Superior Técnico, que tornou possível a concretização deste Projeto.

Ao restante grupo do projeto ELITE – *Enhancement LITE Exoskeleton*, composto pelo Sérgio Barroso Gonçalves (IDMEC, IST), Ivo Fialho Roura (IDMEC, IST) e ao Tenente Coronel Rui Jorge Palhoto de Lucena, por todos os contributos e ajuda constante ao longo do desenrolar da investigação.

Ao Tenente Coronel Élio Teixeira dos Santos, por ter coordenado todas as deslocações ao RA5.

Ao Alferes André Luís Pascoal Rodrigues, que com prontidão permitiu que eu pudesse fazer as pesagens à palamenta do Obus M114 nos parques do RA5.

Ao MAFF, na pessoa do Capitão João Paulo Martins Silva e à Secção de Obus M114 do RA5, pelo apoio e participação no preenchimento dos questionários e pesagens efetuadas.

À Professora Doutora Paula Cristina Pires Simões, pela preciosa ajuda facultada na análise e tratamento dos dados em *IBM SPSS Statistics 26*.

Aos meus pais, pelo apoio e disponibilidade incondicional ao longo destes 5 anos, no sentido de me tornar melhor enquanto indivíduo e militar.

À minha namorada, pela constante paciência em ouvir todos os meus devaneios e preocupações nas horas mais angustiantes.

Ao Estado Maior do Exército, que através do CINAMIL, no âmbito do projeto de investigação ELITE – *Enhancement LITE Exoskeleton*, apoiou esta investigação.

Ao Laboratório de Biomecânica de Lisboa, pelo apoio e disponibilidade na recolha dos dados antropométricos, durante a fase de trabalho experimental.

RESUMO

Atualmente, os soldados do Exército Português são incumbidos de funções a que estão inerentes grandes esforços físicos, agravados pela exposição a situações imprevisíveis, inerentes à complexidade de um Teatro de Operações. Na Artilharia, são frequentes os movimentos de manipulação e transporte de cargas pesadas. Este contexto conduz a um aumento da probabilidade de lesão, situação que preocupa tanto decisores políticos como militares, reduzindo o nível de operacionalidade da força. Os exosqueletos assumem-se como uma solução viável para a redução dos custos metabólicos dos militares, aumentando o seu nível de operacionalidade e atenuando possíveis riscos de lesão.

O objetivo da presente investigação é a identificação de requisitos para o desenvolvimento de um exosqueleto de aplicação militar, no âmbito da Secção do Obus M114 155mm/23, reduzindo o cansaço e o risco de lesão, aumentando assim o seu nível de operacionalidade. O trabalho foi dividido em duas fases, sendo uma relativa ao estudo da atividade operacional da Secção do Obus M114, e outra alusiva ao estudo da influência dos dados antropométricos dos utilizadores nos resultados metabólicos obtidos durante os ensaios de um exosqueleto em laboratório. Para a identificação de requisitos, acompanhou-se um Exercício Tático no âmbito da formação, recorrendo-se a filmagens, pesagens, registos de observação e inquéritos. Os dados antropométricos dos militares que realizaram o ensaio do exosqueleto, foram recolhidos com base num protocolo desenvolvido para o efeito e processados estatisticamente no *IBM SPSS Statistics 26*.

Em Exercício, durante a utilização do Obus M114, os militares da Secção sentiram dores predominantemente ao nível da região lombar e nos joelhos, destacando-se a tarefa de “suspender força”. Assim, em ambiente operacional de Artilharia, um exosqueleto deverá auxiliar em tarefas de marcha, no transporte e manuseamento de cargas, devendo colmatar a carga excessiva de $32,5 \pm 16,2\text{kg}$ que um servente manipula. Do trabalho experimental tem-se que dados antropométricos como a distância do tornozelo ao solo – lado posterior e anterior, a altura e a distância entre maléolos, deverão ser considerados na conceção de futuros exosqueletos de aplicação militar. Foi ainda definido um método que estima a redução dos gastos metabólicos durante a marcha, com base nos dados antropométricos do utilizador, permitindo selecionar a solução mais adequada.

Palavras-chave: Exosqueleto; Militar; Requisitos; Artilharia; Dados antropométricos.

ABSTRACT

Currently, Portuguese Army soldiers are entrusted with functions that are inherent to efforts that prove to be quite significant, aggravated by the exposure to unpredictable situations intrinsic to the complexity of a Theater of Operations. In Artillery, the manipulation and transport of heavy loads are frequent, as it is the example of the task of "suspending force". This context can lead to high injury rates, which concerns both political decision-makers and military commanders. Exoskeletons are a viable solution for reducing the military's metabolic costs, increasing its readiness and mitigating possible injury risks.

The aim of this research is to identify requirements for the development of an exoskeleton for military application, under the Howitzer Section M114 155mm/23, reducing the fatigue and risk of injury to its users, thus increasing its level of operability. The work was divided into two phases, being one related to the study of the Howitzer Section of the M114 operational activity, and the other to the study of the influence of the anthropometric data of the users on the metabolic results obtained during the testing of an exoskeleton in the laboratory. For the identification of requirements, a Tactical Exercise was followed within the training, using filming, weighing, observation records and surveys. The anthropometric data of the military personnel, who carried out the exoskeleton test, were collected based on a protocol developed for that purpose and processed statistically in IBM SPSS Statistics 26.

While on exercise, during the use of the Howitzer M114, the soldiers of the Section felt pain predominantly at the lumbar region, followed by the knees, mainly due to the task of "suspending force". Thus, in an operational Artillery environment, an exoskeleton should be able to assist soldiers during walking, in transporting and handling of cargo, filling the excessive load of $32.5 \pm 16.2\text{kg}$ that a servant handles. The experimental work showed that anthropometric data of the military such as the distance from the ankle to the ground - anterior and posterior side, the height and the distance between malleoli, should be included in the design of future exoskeletons. In addition, a method that estimates the reduction of metabolic expenditure during walking was also defined, based on the anthropometric data of the user, allowing the selection of the most appropriate solution.

Key Words: Exoskeleton; Military; Requirements; Artillery; Anthropometric data.

ÍNDICE GERAL

INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 1. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	4
1.1. A Artilharia de Campanha.....	4
1.1.1. Deslocamento e Reconhecimento da Posição	5
1.1.2. Entrada e Ocupação da Posição.....	6
1.1.3. Execução do Tiro.....	7
1.1.4. Saída de Posição	8
1.2. Referenciais respeitantes ao Esforço e à Dor no Trabalho.....	9
1.3. Estado da Arte sobre Exosqueletos	10
1.3.1. Exosqueletos no âmbito de Aplicação Militar.....	11
1.3.2. Limitações e Oportunidades identificadas.....	15
1.3.3. Solução abordada.....	17
CAPÍTULO 2. METODOLOGIA	20
2.1. Delimitação do estudo	20
2.2. Definição de objetivos	20
2.3. Método de abordagem	21
CAPÍTULO 3. MÉTODOS E MATERIAIS DE RECOLHA DE DADOS	23
3.1. Enquadramento.....	23
3.2. Fase de Identificação de Requisitos.....	23
3.3. Fase de Trabalho Experimental	25
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	28
4.1. Enquadramento.....	28
4.2.1. Fase de Identificação de Requisitos – Pesagens.....	28
4.2.2. Fase de Identificação de Requisitos – Questionários	29
4.2.3. Fase de Identificação de Requisitos – Registo de OENP.....	38
4.3. Fase de Trabalho Experimental	39
CAPÍTULO 5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS	45
5.1. Fase de Identificação de Requisitos.....	45
5.2. Fase de Trabalho Experimental	47
CONCLUSÕES	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º1 – a: Entrada e Ocupação da Posição, e b: Transporte dos ferrões	7
Figura n.º2 – a: HULC e b: BLEEX.....	14
Figura n.º3 – a: XOS 2 e b: <i>Armored</i>	15
Figura n.º4 – a: MAXFAS e b: ARTiC LawE2.....	15
Figura n.º5 – Exosqueleto passivo de tornozelo.....	17
Figura n.º6 – Constituição do Exosqueleto passivo de tornozelo.....	18
Figura n.º7 – Fita do tempo	23
Figura n.º8 – Realização de agachamento para preenchimento do QAPD	25
Figura n.º9 – Material para recolha de dados antropométricos	26
Figura n.º10 – Esquema de filmagens	27
Figura n.º11 – Resultados do QAPE a: Dores durante um Exercício, b: Dores após um Exercício.....	30
Figura n.º12 – Resultados do QAPD: Nível de dor do servente antes de entrar em posição	30
Figura n.º13 – Resultados do QAPD: Nível de dor do servente após entrar em posição....	31
Figura n.º14 – Resultados do QAPD: Nível de dor do servente após sair de posição.....	31
Figura n.º15 – Resultados do QAPE a: Regiões afetadas durante um Exercício, b: Regiões afetadas após um Exercício	32
Figura n.º16 – Resultados do QAPE a: Dores na função de Cmdt Sec, b: Dores nas tarefas de Cmdt Sec.....	33
Figura n.º17 – Resultados do QAPE a: Dores na função de S1, b: Dores nas tarefas de S1.	33
Figura n.º18 – Resultados do QAPE a: Dores na função de S2, b: Dores nas tarefas de S2.	34
Figura n.º19 – Resultados do QAPE a: Dores na função de S3 ou S6, b: Dores nas tarefas de S3 ou S6.....	34
Figura n.º20 – Resultados do QAPE a: Dores na função de S4, b: Dores nas tarefas de S4.	35
Figura n.º21 – Resultados do QAPE a: Dores na função de S5 ou S8, b: Dores nas tarefas de S5 ou S8.....	35
Figura n.º22 – Resultados do QAPE a: Dores na função de S7, b: Dores nas tarefas de S7.	36

Figura n.º23 – Resultados do QAPE a: Dores na função de S9, b: Dores nas tarefas de S9 .....	.36
Figura n.º24 – Resultados do QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao S5 ou S8.....	37
Figura n.º25 – Resultados do QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao S7	38
Figura n.º26 – QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao Cmdt Sec .....	.XVIII
Figura n.º27 – QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao S1	XVIII
Figura n.º28 – QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao S2	XVIII
Figura n.º29 – QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao S3 ou S6...	XIX
Figura n.º30 – QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao S4	XIX
Figura n.º31 – QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao S9	XIX

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro n.º1 – Objetivos da investigação.....	20
Quadro n.º2 – Perguntas derivadas	21

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela n.º1 – Principais características do Obus M114 A1 155mm/23	4
Tabela n.º2 – Classificação de exosqueletos de aplicação militar.....	12
Tabela n.º3 – Molas utilizadas nos ensaios	18
Tabela n.º4 – Pesagens da Secção do RA5.....	28
Tabela n.º5 – Pesagens da Secção do MAFF	29
Tabela n.º6 – Valores do registo da OENP	38
Tabela n.º7 – Dados antropométricos.....	39
Tabela n.º8 – Melhor resultado dos custos metabólicos da amostra	40
Tabela n.º9 – Modelo extraído do <i>IBM SPSS Statistics 26</i> relativo à mola A-1.....	41
Tabela n.º10 – Coeficientes a,b das variáveis com correlação moderada para a mola A-1....	41
Tabela n.º11 – Estatística Residual do modelo da mola A-1	42
Tabela n.º12 – Modelo extraído do <i>IBM SPSS Statistics 26</i> relativo à mola A-2.....	43
Tabela n.º13 – Coeficientes a,b das variáveis com correlação moderada para a mola A-2.	43
Tabela n.º14 – Estatística Residual do modelo da mola A-2	44
Tabela n.º15 – Palamenta e Material do Obus M114	I
Tabela n.º16 – Registo de observação utilizado	II
Tabela n.º17 – Correlação entre as variáveis explicativas e a variável de interesse utilizando o Coeficiente <i>Pearson</i>	XX
Tabela n.º18 – Correlação entre as variáveis explicativas e a variável de interesse utilizando o Coeficiente <i>Spearman</i>	XXIII

LISTA DE APÊNDICES E ANEXOS

Apêndices

Apêndice A: Palamenta e material do Obus M114

Apêndice B: Registo de observação estruturada não participante

Apêndice C: Consentimento informado dos inquéritos realizados aos militares

Apêndice D: Questionário de Avaliação de Perceção de Dor

Apêndice E: Questionário de Avaliação de Perceção de Esforço

Apêndice F: Gráficos dos Questionários de Avaliação de Perceção de Esforço

Apêndice G: Correlações de *Pearson* obtidas no modelo em *IBM SPSS STATISTICS 26*

Apêndice H: Correlações de *Spearman* obtidas no modelo em *IBM SPSS STATISTICS 26*

Anexos

Anexo A: Instruções para a utilização da Escala de *Borg* Modificada

Anexo B: Protocolo de recolha de dados antropométricos

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

- AC – Artilharia de Campanha
- ACT – Autoridade para as Condições de Trabalho
- AF – Apoio de Fogos
- Alf – Alferes
- AM – Academia Militar
- AP – Administração Pública
- APA – Área de Posição de Artilharia
- Art – Artilharia
- Asp – Aspirante
- BCS – Bateria de Comando e Serviços
- bf – Boca de Fogo
- BrigInt – Brigada de Intervenção
- Btr – Bateria
- CAD – *Computer-aided Design*
- CAM – Maquinação Assistida por Computador
- CAR – Condutor
- Cmdt – Comandante
- Cmdt Btr – Comandante de Bateria
- Cmdt Sec – Comandante de Secção
- Dest Rec – Destacamento de Reconhecimento
- EA – Escola das Armas
- EP – Exército Português
- EUA – Estados Unidos da América
- GAC – Grupo de Artilharia de Campanha
- GDEFD – Grupo Disciplinar de Educação Física e Desportos
- IDMEC – Instituto de Engenharia Mecânica
- IST – Instituto Superior Técnico
- LBL – Laboratório de Biomecânica de Lisboa
- Mat – Material
- MET – *Metabolic Equivalent of Task*
- MT – Missão de Tiro
- NEP – Normas de Execução Permanente

OENP – Observação estruturada não participante
PC – Posto de Comando
PD – Pergunta Derivada
PO – Posto de Observação
PP – Pergunta de Partida
PRnG – Ponto de Reunião de Guias
QAPD – Questionário de Avaliação de Percepção de Dor
QAPE – Questionário de Avaliação de Percepção de Esforço
RA5 – Regimento de Artilharia nº5
REOP – Reconhecimento, Escolha e Ocupação de Posição
S1 – Servente apontador
S2 – Servente da culatra
S3, S6 – Servente do soquete
S4 – Servente das espoletas
S5, S8 – Servente carregador
S7 – Servente das cargas
S9 – Servente das granadas
TIA – Trabalho de Investigação Aplicada
Tms – Transmissões
TO – Teatro de Operações
TTP – Táticas, Técnicas e Procedimentos
Un – Unidades
ZPos – Zona de Posição
ZRn – Zona de Reunião

INTRODUÇÃO

Atualmente os soldados, nas suas operações militares, têm de transportar grandes cargas externas, como armamento, proteção balística ou alimentos, sendo este transporte dificultado em virtude da complexidade das operações militares. Um combatente desmontado pode ser obrigado a transportar cargas que atingem 80% a 100% da sua massa corporal (Mudie et al., 2018). Frequentemente, os soldados transportam estas cargas apeados, durante longos e continuados períodos, deparando-se com climas hostis e de alta imprevisibilidade (Orr, Pope, Coyle, & Johnston, 2015). Para além disso, o transporte de cargas mais pesadas durante longos períodos, em combate urbano e num vasto leque de condições adversas, resulta numa menor eficácia no cumprimento da missão, colocando a sua saúde destes elementos em risco (Bachkosky, Andrews, & Douglass, 2007).

As taxas de lesão em operações, preocupam tanto decisores políticos como os Comandantes militares ou até o soldado mais moderno. Atualmente mais militares são mortos, incapacitados ou hospitalizados em virtude de lesões do que qualquer outro tipo de causa. Tem sido sugerido que entre 30% a 50% dos casos de incapacidade derivam sobretudo de lesões ao nível da região lombar ou dos joelhos. As lesões nos membros superiores (Ex. tecido ligamentar, muscular, nervoso ou ósseo) surgem a curto prazo, enquanto que os membros inferiores são afetados pela repetição ou uso excessivo de determinada tarefa. Deste modo, o transporte de carga pode agravar ou causar o aparecimento de lesões, ao nível do joelho e tornozelo (Birrell & Hooper, 2007).

Os exosqueletos assumem-se como uma possível solução para reduzir os custos metabólicos das tarefas realizadas pelos soldados, bem como atuarem como um agente redutor ou atenuador de possíveis riscos de lesões. Trata-se de tentar proporcionar melhores condições não só ao soldado de Artilharia, mas a todos os militares do Exército Português (EP), culminando na redução dos níveis de lesão e numa atuação mais eficaz no Teatro de Operações (TO). Por outras palavras, é saber conhecer a importância que a redução dos custos metabólicos acarreta ao nível da redução de potenciais lesões, bem como a melhoria que os exosqueletos incrementam na capacidade física e cognitiva do combatente apeado, e à eficácia da unidade de combate como um todo (Mudie et al., 2018).

Aliado ao que anteriormente foi referido, é fundamental considerar também toda a legislação relacionada com as prescrições mínimas de segurança e saúde na movimentação manual de cargas, de onde poderão emergir diversos riscos para os trabalhadores.

Este trabalho de investigação, denominado de “Identificação de Requisitos de um Exosqueleto para Utilização em Ambiente Operacional” está inserido no projeto ELITE – *Enhancement LITE Exoskeleton*, um projeto financiado pelo Estado Maior do Exército, cujo objetivo é o desenvolvimento de um exosqueleto passivo para apoio ao movimento humano em ambiente operacional. O seu objetivo geral prende-se com a análise da atividade operacional de Artilharia, com vista à identificação de requisitos para o desenvolvimento de um exosqueleto capaz de apoiar os seus utilizadores, reduzindo o seu cansaço e o risco de lesão, aumentando assim o seu nível de operacionalidade. É constituído por um sistema de controlo, materializado por uma embraiagem mecânica, e um sistema de atuação composto por molas, que transmitem a sua força ao utilizador através de uma estrutura rígida, composta por dois elementos, acoplada aos segmentos do pé e da perna do seu utilizador. Procura-se que desta análise resultem lições aprendidas, de modo a que se possam aumentar as competências dos militares no cumprimento das suas funções, e mitigar possíveis riscos de lesão.

Com o intuito de organizar e facilitar o desenvolvimento da investigação, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- **OE1:** Revisão do estado da arte sobre exosqueletos militares;
- **OE2:** Identificar os requisitos que um exosqueleto deve respeitar para utilização operacional – Aplicação ao Obus M114 155mm/23;
- **OE3:** Identificar a relação entre os resultados obtidos no ensaio do exosqueleto e os dados antropométricos da amostra em estudo.

De modo a que seja possível o avanço no conhecimento científico da presente investigação foi formulada a seguinte Pergunta de Partida (PP): “**Quais os contributos da utilização de um exosqueleto para incrementar o rendimento do soldado de Artilharia e reduzir o risco de lesão?**”. Para além disto, e com o intuito de se concorrer para uma resposta clara à Pergunta de Partida, foram estabelecidas as seguintes Perguntas Derivadas (PD):

- **PD1:** “Quais as condições e restrições de aplicabilidade dos exosqueletos em ambiente operacional?”;
- **PD2:** “Quais as atividades operacionais de Artilharia em que o emprego dos exosqueletos se assume como sendo uma mais valia?”;
- **PD3:** “Quais os dados antropométricos revelantes para o projeto e desenvolvimento do exosqueleto?”.

O presente trabalho é constituído por 5 capítulos. O primeiro capítulo inicia com um enquadramento teórico relativo ao Reconhecimento, Escolha e Ocupação de Posição com o Obus M114 155mm/23, para facilitar uma melhor compreensão da temática em estudo. Faz ainda parte do mesmo os referenciais inerentes à dor e ao esforço no trabalho, o estado da arte relativo aos exosqueletos e à sua aplicação em âmbito militar, sendo no seu término apresentada uma breve descrição da solução de exosqueleto utilizada no projeto em estudo.

O segundo capítulo diz respeito à abordagem metodológica mista adotada, com recurso a técnicas quantitativas e qualitativas nas fases de identificação de requisitos e de trabalho experimental. Constitui-se ainda pela pergunta de partida e perguntas derivadas.

Por sua vez, o terceiro capítulo, relativo aos métodos e materiais, alude aos métodos e técnicas de recolha de dados e subdivide-se nas fases de identificação de requisitos e de trabalho experimental. À fase de identificação de requisitos encontram-se associadas várias ferramentas de recolha de dados como inquéritos por questionário, o registo da observação estruturada não participante (OENP), as Escalas de *Borg* Modificada e de *Soreness* (perceção de esforço e avaliação da dor respetivamente), bem como a realização de pesagens. A fase de trabalho experimental diz respeito à recolha de dados antropométricos dos militares que realizaram o ensaio do exosqueleto desenvolvido (projeto ELITE), no Laboratório de Biomecânica de Lisboa (LBL), localizado no Instituto Superior Técnico (IST).

O quarto capítulo, à semelhança do anterior, também se subdivide nas fases de identificação de requisitos e de trabalho experimental. Na fase de identificação de requisitos apresenta-se, através de tabelas e gráficos, todos os dados apurados através dos inquéritos por questionário de avaliação da dor e de esforço, do registo OENP, e das pesagens feitas aos serventes, palamenta e ao restante material do Obus M114. A fase de trabalho experimental, assentou na recolha e análise estatística dos resultados antropométricos recolhidos, procurando identificar relações entre estes dados e os resultados dos gastos metabólicos obtidos durante o ensaio do protótipo. Para tal foi utilizada a ferramenta informática *IBM SPSS Statistics 26*.

O quinto e último capítulo, é inerente à discussão dos resultados das fases de identificação de requisitos e de trabalho experimental, dando relevância às correlações extraídas entre as variáveis e à comparação entre os resultados obtidos e os esperados.

Por fim, são tecidas as conclusões do trabalho, possíveis melhorias e estudos futuros, terminando a parte textual com a apresentação das referências bibliográficas. Estão ainda explanados, na parte pós-textual, os apêndices e anexos relevantes para o desenvolvimento da investigação.

CAPÍTULO 1. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

1.1. A Artilharia de Campanha

“Como em qualquer país, a missão da Artilharia de Campanha no Exército Português tem vindo a concentrar-se principalmente no apoio às tropas quando em progressão no terreno e por estas solicitadas para destruir objetivos terrestres na frente de combate” (Barreira, 2011, p. 21). Integrada no Sistema de Apoio de Fogos (AF), a Artilharia de Campanha (AC) fornece então apoio próximo à manobra e executa fogos de profundidade sob os sistemas de fogos indiretos inimigos com ações de contrabateria ou através de fogos de interdição contra as forças inimigas que não estejam diretamente empenhadas em combate (Estado Maior do Exército [EME], 2004).

No campo de batalha, um inimigo (IN) altamente sofisticado poderá localizar facilmente uma Bateria (Btr), comprometendo assim a sua segurança. Deste modo, com o intuito de assegurar a sua sobrevivência, a Bateria terá de se deslocar frequentemente, sendo capaz de executar de forma eficaz as tarefas de Reconhecimento, Escolha e Ocupação de Posição (REOP) (Estado Maior do Exército [EME], 1988). De acordo com a temática da investigação é fulcral referir quais são as tarefas do REOP que estão associadas à AC, no âmbito da utilização do Obus M114 155mm/23, “uma boca de fogo (bf) média rebocada, de origem americana” (Estado Maior do Exército [EME], 1991a, p. 1–2), de potência superior à arma de calibre 105mm (Santos, 2011), e com as demais características referidas na Tabela n.º1.

Tabela n.º1 – Principais características do Obus M114 A1 155mm/23

Origem	EUA
Ano de fabrico	1942
Entrada ao serviço	1983
Calibre	155mm
Peso	5,760kg
Finalidade ou Emprego	Grupo de Artilharia de Campanha
Peso da Munição	43kg
Alcance	14,600m
Unidade que equipa (em Portugal)	RA5

Fonte: Adaptado de Santos (2011)

Face ao anteriormente exposto, e conjuntamente com o grupo do projeto ELITE, decidiu-se estudar as fases de Reconhecimento, Entrada e Ocupação da Posição, Execução do Tiro e Saída de Posição com o Obus M114, descritas em seguida.

1.1.1. Deslocamento e Reconhecimento da Posição

Esta fase centra-se em princípios que visam reconhecer o terreno a fim de verificar se o mesmo cumpre as condições necessárias para que a Bateria possa desempenhar a sua missão (Estado Maior do Exército [EME], 1988). O Reconhecimento pode ser realizado com base na carta topográfica, fotografia aérea, aéreo ou no terreno, sendo que o Comandante de Bateria (Cmdt Btr) geralmente escolhe um itinerário em carta topográfica e executa o Reconhecimento no terreno como complemento, tendo por base assegurar viabilidade de utilização dos itinerários e ocupação das posições. O Reconhecimento é realizado pelo Destacamento de Reconhecimento (Dest Rec), que deverá ser sempre constituído pelos mesmos militares, gerando-se rotinas nos procedimentos e a existência de uma maior eficácia no cumprimento da missão (GAC Brig/Int, 2017). Uma vez que o Obus M114 se encontra apenas no Grupo de Artilharia de Campanha (GAC) da Brigada de Intervenção (Brig/Int), no Regimento de Artilharia nº5 (RA5), e na Escola das Armas (EA) no Módulo de Apoio à Formação dos Fogos (MAFF), é fundamental fazer a alusão às Tácticas, Técnicas e Procedimentos (TTP) que estas unidades (Un) utilizam aquando da execução de REOP, espelhadas nas Normas de Execução Permanente (NEP).

Por forma a que o GAC se instale rapidamente numa Zona de Reunião (ZRn) ou em qualquer outra Zona de Posições (ZPos), o pessoal deverá cumprir os seguintes deveres (GAC Brig/Int, 2017):

- Comandante do Destacamento de Reconhecimento/Secção de Quartéis – conduzir o Dest Rec e seleccionar os locais para instalação dos Postos de Comando (PC) e Transmissões (Tms);
- Cmdt da Bateria de Comando e Serviços (BCS) – balizar itinerários que conduzam aos PC e às Tms, bem como elaborar plano de defesa da ZRn;
- Elementos de Segurança – realizar a batida à área a ocupar e efetuar a segurança nos deslocamentos;
- Pessoal do Pelotão de Tms – assegurar a ligação de transmissão sem fios entre o Comando do Grupo e o Dest Rec, e a ligação da transmissão por fios entre os Postos de Observação (PO) e a Central Telefónica do Grupo;
- Destacamento de Reconhecimento das Subunidades – O Adjunto do Cmdt Btr

orienta a ocupação dos locais atribuídos, nomeando guias para conduzirem as viaturas para os locais que lhe foram designados na ZRn.

Esta fase é caracterizada por remeter para períodos de marcha/corrida dos elementos que são parte integrante do Dest Rec, aliado ao transporte de material que os mesmos levam consigo durante o reconhecimento da posição.

1.1.2. Entrada e Ocupação da Posição

Após ser executado o reconhecimento de comandantes e devidamente definidas as posições a ocupar, os guias deverão aguardar no ponto de reunião de guias (PRnG) e esperar pelas restantes viaturas. De seguida, a bateria deslocar-se-á segundo uma ordem definida pelo 2º Cmdt, de acordo com os fatores de decisão (GAC Brig/Int, 2017). Chegando a Bateria à Área de Posição de Artilharia (APA), serão realizadas todas as TTP com elevada prontidão, para que o Obus M114 esteja pronto a fazer tiro. Encontrando-se Obus desengatado, o Cmdt Btr Tiro ou o Cmdt Secção (Cmdt Sec), dará a voz de “Em Combate”, iniciando os serventes (S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8,S9) todas as tarefas para as quais foram incumbidos sob supervisão do Cmdt Sec (Estado Maior do Exército [EME], 1991b):

- Cmdt Sec – Supervisiona o trabalho dos elementos da Secção; dá a voz de “Abrir flechas”; verifica a direção de fogo e dá a voz de “Enterrar ferrões”; estima a distância à crista (elevação no terreno); envia o relatório da Secção ao Cmdt Btr Tiro;
- S1 – Descarrega do Obus toda a palamenta, acessórios e ferramentas; retira a luneta panorâmica do estojo e monta-a; recebe pontarias; alinha as balizas; eleva ou baixa o tubo à voz do Cmdt Sec;
- S2 – Retira o ferrão direito da posição e coloca-o junto do local onde irá ficar a flecha depois de aberta; abre a flecha direita; levanta o ferrão direito para a posição de tiro; prepara as escorvas;
- S3 – Retira o ferrão esquerdo da posição e coloca-o junto do local onde irá ficar a flecha depois de aberta; abre a flecha esquerda; levanta o ferrão esquerdo para a posição de tiro; coloca a sapata do macaco de tiro por baixo do apoio de marcha;
- S4 – Retira o ferrão direito da posição e coloca-o junto do local onde irá ficar a flecha depois de aberta; abre a flecha direita; levanta o ferrão direito para a posição de tiro;
- S5 – Retira o ferrão esquerdo da posição e coloca-o junto do local onde irá ficar a flecha depois de aberta; abre a flecha esquerda; levanta o ferrão esquerdo para

- a posição de tiro; retira a calha de carregamento e coloca-a entre as flechas;
- S6 – Abre a flecha direita; vai buscar os manípulos do macaco de tiro e coloca-os no chão em frente à sapata; retira a cavilha do apoio de marcha com o S1 a atuar na manivela;
 - S7 – Abre a flecha esquerda; monta as balizas e coloca-as na cobertura do Obus; ajuda a preparar as cargas; coloca as balizas no terreno sob orientações do S1;
 - S8 – Auxilia com o espeque o S2, S4 e S6, a abrirem a flecha direita; marca a cova onde vai ser enterrado o ferrão direito; faz as covas para os ferrões; estende os fios telefónicos da secção ao COB (Centro Operações da Bateria);
 - S9 – Descarrega do Obus toda a palamenta, acessórios e ferramentas; auxilia com o espeque o S3, S5 e S7, a abrirem a flecha esquerda; marca a cova onde vai ser enterrado o ferrão esquerdo; faz as covas para os ferrões; junta 3 secções do soquete, enrosca-lhes o escovilhão e coloca-o sobre a capa do Obus.

A Figura n.º1.a ilustra a fase de Entrada e Ocupação de Posição, associada a tarefas movimentação e transporte manual de cargas (Apêndice A). O transporte dos ferrões, efetuado pelos S2,S3,S4,S5 pode ser observado na Figura n.º1.b.



1.a



1.b

Figura n.º1 – a: Entrada e Ocupação da Posição, e b: Transporte dos ferrões

Fonte: Elaboração própria

1.1.3. Execução do Tiro

Após efetuado o Reconhecimento e a Entrada e Ocupação da Posição, a Secção está pronta receber uma missão de tiro (MT). As principais funções que o pessoal da Secção deverá desempenhar, quer nos exercícios de tiro realizados em tempo de paz, quer em tempo guerra, encontram-se de seguida explanadas (Estado Maior do Exército [EME], 1991a):

- O Cmdt Sec supervisiona e comanda a sua Secção e é responsável pelo adequado t de segurança, cumprimento das funções a executar por todos os elementos da guarnição e pela execução de todas as ordens e diretivas superiores, no estrito cumprimento das regras de segurança. Toma particular atenção aos comandos de tiro, repetindo-os para os elementos da guarnição, a fim de garantir a máxima eficiência e segurança;
- O S1 marca a direção e a elevação anunciadas, cala os níveis transversais e longitudinais e aponta o Obus em direção e em elevação;
- O S2 manobra a culatra, escorva e dispara o Obus;
- O S3 lava e inspeciona a câmara depois de cada disparo e, auxiliado pelo S6, soqueta a granada;
- O S4 monta as espoletas nas granadas e gradua-as;
- O S5 ajuda o S8 a transportar a granada com a calha de carregamento até ao Obus e coloca as cargas na câmara;
- O S6 ajuda o S3 a soquetar a granada;
- O S7 prepara as cargas;
- O S8, auxiliado pelo S5, transporta a granada com a calha de carregamento até ao Obus e volta a colocar a calha junto do tapete das munições;
- O S9 prepara as granadas e ajuda o S4 na montagem das espoletas;
- O condutor, descarrega a viatura, dirige-se para o local de dispersão de viaturas indicado pelo Cmdt Sec e aí permanece, ocupando-se da sua manutenção, caso não tenham sido dadas outras instruções pelo Cmdt Sec.

Esta fase é marcada pelo transporte e manuseamento de material pesado, referindo-se como exemplo o S5 e S8 que transportam as granadas com o auxílio calha de carregamento.

1.1.4. Saída de Posição

Uma vez que a principal ameaça à sobrevivência dos meios de Apoio de Fogos se prende com a deteção e localização por parte do IN, torna-se muito importante que se proceda à sua dispersão, bem como a frequentes mudanças de posição (Estado Maior do Exército [EME], 2004).

Durante a Saída de Posição, e após ser dada a voz de execução “Ordem de Marcha”, a guarnição desempenhará, pela ordem inversa, todas as tarefas realizadas na Ocupação de

Posição, até ao momento em que todos os militares estejam montados nas respetivas viaturas. Deste modo, e devido às similitudes existentes com a fase de Ocupação de Posição, o nível de esforço por parte dos serventes, revela-se de extrema exigência ao nível da movimentação manual de cargas e do levantamento de pesos.

1.2. Referenciais respeitantes ao Esforço e à Dor no Trabalho

Atualmente 30% a 50% dos casos de militares incapacitados devem-se a lesões musculoesqueléticas ao nível da região lombar e dos joelhos. Este problema tem, de forma constante, preocupado não só os decisores políticos, mas também todos os militares desde os Cmdts militares até ao soldado mais moderno (Birrell & Hooper, 2007).

Do ponto de vista legal é necessário que o empregador assegure ao trabalhador todas as condições de saúde e de segurança em todos os aspetos inerentes ao seu trabalho (Assembleia da República, 2019), sendo a entidade diretamente responsável por esta área a Autoridade para as Condições de Trabalho (ACT). De acordo com o artigo 5º, da Diretiva 90/269/CEE, de 29 de Maio (transposta pelo Decreto-Lei nº330/93 de 25 de Setembro), em movimentos ocasionais uma carga revelar-se-á demasiado pesada quando o seu peso exceder os 30kg, e será demasiado pesada quando ultrapassar os 20kg aquando da prática frequente de determinadas tarefas (Ministério do Emprego e da Segurança Social, 1993). Poderão ainda ser movimentados objetos com um peso até 40kg, contudo em tarefas esporádicas e em que os trabalhadores estejam devidamente treinados e formados para o efeito. Relativamente a distâncias de transporte de cargas, em 8 horas de trabalho, considera-se que para distâncias superiores a 10m não devem ser carregados mais do que 10000kg (carga acumulada), passando esse valor para 6000kg quando forem inferiores a 10m (Zárate, 2001).

É de considerar que se possa aplicar o referido decreto-lei, e com o mesmo valor no mundo militar. Porém, estabelecendo-se o paralelismo do mundo civil para o mundo militar, facilmente se percebe que se o decreto-lei em questão vigorasse, frequentemente não seria respeitado, uma vez que o peso do armamento individual (colete, 4 carregadores vazios, a espingarda automática g3 e o capacete $\approx 8,2\text{kg}$) (Ferreira, 2019) acrescentado ao da mochila de um combatente preparada para 24 horas excederiam esse peso. Geralmente, ainda que o combatente de Artilharia não ande mochilado na execução das suas tarefas, não nos podemos esquecer que exerce intensos esforços como o de suspender o Obus M119 105mm LG/30/m98 cujo peso é de 1814kg (Estado Maior do Exército [EME], 2003) ou até mesmo o Obus M114 A1 155mm/23 de 5760kg (Estado Maior do Exército [EME], 1991b).

As lesões dorso lombares e as perturbações musculoesqueléticas causadas pelo trabalho, num futuro próximo serão uma espécie de epidemia que se alastrará pela Europa (Teixeira, 2018). É por isso essencial analisar os níveis de exigência muscular e de dor associados às tarefas como as que foram supramencionadas, com vista a mitigar este tipo de lesões, tão comum nos militares de Artilharia (Ferreira, 2019). No entanto a esta análise associa-se um processo de seleção de referenciais que visam avaliar a intensidade subjetiva do esforço experimentada durante exercícios físicos aeróbios e de força (Robertson & Noble, 1997), bem como avaliar a dor – uma experiência sensorial que se associa a danos reais ou potenciais (Apkarian, 2008). Ao nível da perceção do esforço existem várias possibilidades como a Escala *Omni* (Robertson et al., 2003), a Escala Analógica–VAS (Ueda, Nabetani, & Teramoto, 2006), a Escala PCERT (Yelling, Lamb, & Swaine, 2002). Porém optou-se pela Escala de *Borg* Modificada – CR10 (G. A. V. Borg, 1998) que, não sendo fechada, elimina o efeito teto, tornando-se mais fidedigna. Em termos de análise nos níveis da dor, selecionou-se a Escala de *Soreness* que, sendo numerada de 0 a 10, divide a dor percecionada por níveis: 0 – sem dor, 1 a 3 – dor leve, 4 a 6 – dor moderada com alterações nas tarefas diárias e 7 a 10 – impossibilidade de se executarem determinadas tarefas do quotidiano (Tripathi & Kumar, 2014). A aplicação cumulativa destas ferramentas, conjuntamente com outros métodos quantitativos e qualitativos, permitirá a validação dos dados obtidos.

1.3. Estado da Arte sobre Exosqueletos

Um exosqueleto é um dispositivo mecânico, de natureza essencialmente antropomórfica, que quando utilizado por um indivíduo, se ajusta ao seu corpo e funciona de acordo com os movimentos do mesmo. De uma forma geral, é um dispositivo que aumenta o desempenho do seu utilizador (Herr, 2009), podendo ser útil quando outras medidas não se mostram viáveis ou eficazes (Bosch, van Eck, Knitel, & de Looze, 2016).

Para além de aumentar o rendimento humano, um exosqueleto também poderá ser concebido para devolver determinada função a um indivíduo incapacitado, ou ter uma finalidade terapêutica de suporte à reabilitação (Young & Ferris, 2017). Na vertente de apoio a incapacitados, o objetivo é devolver a capacidade perdida ao seu utilizador, com melhorias significativas ao nível da sua qualidade de vida (Ex. indivíduos com distúrbios de mobilidade em termos da força musculoesquelética ou controlo motor da marcha). Os equipamentos desenvolvidos para apoio à reabilitação apoiam as técnicas terapêuticas na prescrição de movimentos específicos de reabilitação, para potenciar a recuperação de lesões ou outros

traumas (Ex. lesões musculoesqueléticas ou acidentes vasculares cerebrais) (Chen et al., 2016).

Os exosqueletos podem ser classificados como sendo passivos ou ativos (Lee, Kim, Han, & Han, 2012). Os exosqueletos passivos funcionam através de mecanismos que não necessitam de qualquer tipo de fonte externa de energia para realizarem a sua função, por exemplo através de molas e amortecedores. Estes são tendencialmente leves, mas uma vez que não possuem qualquer tipo de alimentação ou função eletrónica, a sua capacidade global e controlabilidade são limitadas (S. H. Collins, Bruce Wiggin, & Sawicki, 2015). Por sua vez, os exosqueletos ativos, geralmente implementam sistemas de controlo eletrónico que podem modular comportamentos do exosqueleto segundo variadas condições (Elliott, Marecki, & Herr, 2014). Para além destas duas categorias, ainda existem soluções semi-passivas, as quais mantêm a atuação passiva mas que consideram a utilização de sensores – controladores eletrónicos para melhorar o seu desempenho global (Walsh, Endo, & Herr, 2007).

Os exosqueletos poderão ainda categorizar-se como sendo autónomos e não autónomos (Mooney & Herr, 2016). Os exosqueletos não autónomos requerem ligações como linhas pressurizadas ou cabos elétricos, a uma massa externa ao corpo, tratando-se normalmente de uma fonte de energia ou um sistema de controlo (Malcolm, Derave, Galle, & De Clercq, 2013). Quando um exosqueleto no seu todo é usado pelo seu utilizador, não estando confinado a um espaço físico (Ex. ambiente laboratorial), poderá afirmar-se que é um exosqueleto autónomo (Mooney & Herr, 2016).

Foi em 1956 que Lent construiu o primeiro fato espacial com articulações assistidas (Fontana, Vertechy, Marcheschi, Salsedo, & Bergamasco, 2014). Mais tarde, em 1959, R. Heinlein escreveu o livro Tropas Estelares que inspirou a criação do primeiro exosqueleto em 1966 (pela GE Research dos EUA), passando pela sua aplicação ao movimento corporal (J. Dick em 1991), até à atualidade marcada pela criação de exosqueletos bastante mais complexos (Lee et al., 2012), dos quais alguns já são concebidos para fins militares.

1.3.1. Exosqueletos no âmbito de Aplicação Militar

Inúmeros têm sido os estudos que visam desenvolver exosqueletos de aplicação militar. De modo a identificar referências e oportunidades de melhoria, foi realizada uma análise do estado da arte focando os exosqueletos de aplicação militar. Assim, de modo a sistematizar a investigação, agruparam-se os vários trabalhos identificados de acordo com a sua finalidade, parte do corpo a que se destinam, tipo de solução, de atuação, fonte de energia

e tipo de materiais que os constituem. Uma lista exaustiva dos trabalhos identificados pode ser consultada na Tabela n.º2, sendo referidos em seguida os dados mais relevantes identificados, bem como alguns exemplos ilustrativos.

Tabela n.º2 – Classificação de exosqueletos de aplicação militar

Nome	Finalidade	Corpo inteiro/membros superiores/inferiores	Ativo/Passivo/Semi-passivo	Tipo de atuador	Fonte de energia	Material que o compõe
Hardiman (Mosher, 1968)	Manuseamento de cargas	Corpo inteiro	Ativo	Hidráulico	Bateria	Metal
NAIES (Gui, Yang, Yang, Gu, & Zhang, 2007)	Transporte de cargas	Corpo inteiro	Ativo	Elétrico	Bateria	Metal
BE (Fontana et al., 2014)	Transporte e manuseamento de cargas	Corpo inteiro	Ativo	Elétrico	Bateria	Metal
XOS 2 (Jacobsen, 2007)	Manuseamento de cargas	Corpo inteiro	Ativo	Hidráulico	Bateria	Metal
HULC (Army Technology, 2009)	Transporte de cargas	Corpo inteiro	Ativo	Hidráulico	Bateria	Não referido
HERCULE (Yeem, Heo, Kim, & Kwon, 2019)	Transporte de cargas	Corpo inteiro	Ativo	Hidráulico	Bateria	Não referido
FORTIS (Lockheed Martin Corporation, 2016)	Manuseamento de cargas	Corpo inteiro	Passivo	Pneumático	Não requer fonte de energia	Metal

<i>Autonomus leg exoskeleton</i> (Mooney, Rouse, & Herr, 2014)	Redução dos custos metabólicos	Membros inferiores	Ativo	Elétrico	Bateria	Metal e fibra de vidro
HEXAR-CR50 (Lim et al., 2015)	Transporte de cargas	Membros inferiores	Ativo	Elétrico	Bateria	Metal e plástico
BLEEX (Kazerooni, 2006)	Transporte de cargas	Membros inferiores	Ativo	Hidráulico	Bateria	Não referido
<i>Lower-body EXO</i> (Schiffman et al., 2008)	Transporte e manuseamento de cargas	Membros inferiores	Semi-Passivo	Hidráulico	Bateria	Plástico e metal
ARTiC LawE2 (Schnieders et al., 2017)	Estabilização da arma de fogo durante o tiro	Membros superiores	Ativo	Elétrico	Bateria	Metal
MAXFAS (Baechle, 2013)	Estabilização da arma de fogo durante o tiro	Membros superiores	Ativo	Elétrico	Externa -software	Fibra de carbono
<i>Armored exoskeleton</i> (López-Méndez et al., 2020)	Manuseamento de cargas	Membros superiores	Ativo	Elétrico	Bateria	Metal
ARTiC LawE (Schnieders et al., 2017)	Estabilização da arma de fogo durante o tiro	Membros superiores	Passivo	Luva de neopreno	Não requer fonte de energia	Metal

Fonte: Elaboração Própria

Quanto à sua finalidade os exosqueletos identificados foram desenvolvidos para o manuseamento de cargas, transporte de cargas (Ex. durante uma marcha), redução dos custos metabólicos durante a marcha, ou para a estabilização de armamento durante o tiro. Podem

aplicar-se ao corpo inteiro, membros superiores, membros inferiores, de acordo com a sua finalidade.

Os sistemas passivos identificados são rígidos ou atuados por um sistema pneumático (Lockheed Martin Corporation, 2016) ao passo que a solução semi-passiva (Schiffman et al., 2008) identificada é atuada com recurso a um sistema hidráulico. Os sistemas ativos, podem ser atuados com recurso a motores elétricos (Mooney et al., 2014) ou sistemas hidráulicos (Yeem et al., 2019), alimentados por uma bateria ou externamente. A nível estrutural, podem ser concebidos em materiais metálicos, compósitos (Ex. fibra de vidro ou de carbono) ou polímeros.

Como exemplos direcionados para tarefas militares, há que destacar o exosqueleto de corpo inteiro HULC (Army Technology, 2009) e o exosqueleto de membros inferiores BLEEX (Kazerooni, 2006). Este foram concebidos para que os militares transportem cargas pesadas com o menor esforço possível, e que se encontram representados de seguida na Figura n.º2.a e Figura n.º2.b, respetivamente.



2.a



2.b

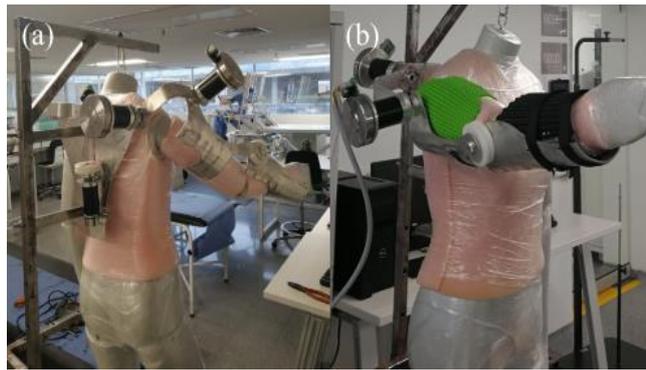
Figura n.º2 – a: HULC e b: BLEEX.

Fonte: 2.a) Army Technology (2009) e 2.b) Kazerooni (2006)

Em tarefas militares a que está inerente o manuseamento de cargas significativas, o exosqueleto de corpo inteiro XOS 2 – Figura n.º3.a (Jacobsen, 2007) e o exosqueleto de membros superiores *Armored* – Figura n.º3.b (López-Méndez et al., 2020) deverão ser vistos como soluções que procuram facilitar a sua execução.



3.a



3.b

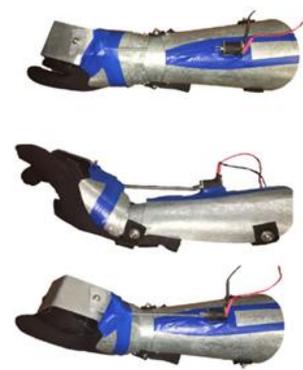
Figura n.º3 – a: XOS 2 e b: Armored

Fonte: 3.a) Jacobsen (2007) e 3.b) López-Méndez et al. (2020)

Dentro de outro âmbito, o *Autonomus leg exoskeleton* permite reduzir os custos metabólicos dos militares associados à marcha com carga (Mooney et al., 2014). É importante ainda referir o MAXFAS – Figura n.º4.a (Baechle, 2013), o ARTiC LawE e ARTiC LawE2 – Figura n.º4.b (Schnieders et al., 2017), enquanto exosqueletos de membros superiores que foram concebidos para a estabilização da arma de fogo durante o tiro.



4.a



4.b

Figura n.º4 – a: MAXFAS e b: ARTiC LawE2

Fonte: 4.a) Baechle (2013) e 4.b) Schnieders, Stone, Oviatt, & Danford-Klein (2017)

1.3.2. Limitações e Oportunidades identificadas

Inúmeras ilações podem retirar-se de alguns projetos, no que concerne a limitações e oportunidades identificadas. Schiffman et al. (2008), no seu estudo sobre os efeitos de um exosqueleto de trem inferior no auxílio de transporte de cargas, constatou que os limites de estabilidade do utilizador para a esquerda e para a direita diminuíram, funcionando a estrutura como o reforço para o seu utilizador. Esta alteração nos limites de estabilidade e

oscilação postural do indivíduo, pode ter resultado da inclusão de uma placa semirrígida no pé, levando a uma redução da sua sensibilidade provocada pela alteração dos sinais sensoriais que geraram um estado de balanço de atividade aleatória. A solução dos desvios no equilíbrio relativa a intervalos de tempo a curto prazo (efeito de deriva) passará pela utilização do exosqueleto a longo prazo (J. J. Collins, De Luca, Burrows, & Lipsitz, 1995).

O projeto de Bosch et al. (2016), sobre os efeitos de um exosqueleto passivo na atividade muscular, desconforto e o tempo de resistência no trabalho de flexão progressiva, mostrou de forma clara que o desconforto sentido pelo utilizador ao usar exosqueleto é um grande desafio. Não só na vida militar, mas também no ramo industrial e terapêutico, o design dos exosqueletos deverá ser repensado no sentido de colmatar todos os défices que os exosqueletos apresentam em termos de conforto para os seus utilizadores.

Os custos metabólicos durante a marcha aumentam de acordo com a largura (J. M. Donelan, Kram, & Kuo, 2001), duração (J. Maxwell Donelan, Kram, & Kuo, 2002) e frequência do passo (Bertram & Ruina, 2001). Ainda que estudos como o de Panizzolo et al. (2016) demonstrem reduções dos custos metabólicos durante o ciclo de marcha com cargas elevadas, é importante que percebamos qual é o efeito dos exosqueletos quando usados para suplantar o trabalho articular. Segundo Sawicki & Ferris (2008), as reduções metabólicas serão menores do que o esperado em casos que se utilizem exosqueletos para auxiliar o trabalho articular, sobretudo em articulações com elevada complacência elástica.

Outra limitação relaciona-se com a massa do exosqueleto. No estudo de Walsh et al. (2007), o exosqueleto passivo com molas na anca e tornozelo e um amortecedor variável no joelho, aumentou em 10% os custos metabólicos associados ao transporte de cargas. Estamos perante um desafio que solicita a redução da massa do exosqueleto, pois à medida que se adicionam cargas ao corpo e estas são mais afastadas para locais distais do seu centro de massa, emergem de imediato aumentos nos gastos metabólicos (Royer & Martin, 2005). Deste modo, fatores mecânicos como o atrito e desalinhamento com as articulações anatómicas, ou até mesmo restrições impostas pela componente estrutural do exosqueleto poderão estar na origem das alterações nos padrões de marcha do utilizador, sendo os responsáveis pelo aumento do consumo do volume de oxigénio (Walsh et al., 2007).

Face às limitações e oportunidades identificadas é importante que na avaliação de um exosqueleto os investigadores selecionem um conjunto de métricas, de acordo não só com as especificações do dispositivo em questão, mas também com a respetiva fase de avaliação. Os exosqueletos futuramente concebidos, serão resultado da análise de exosqueletos segundo medidas objetivas (análise das alterações das características

biomecânicas, fisiológicas e cognitivas do utilizador com exosqueleto vestido) e medidas subjetivas (avaliam o efeito psicofisiológico do utilizador aquando da utilização do exosqueleto), que anteriormente foram pré-estabelecidas (Mudie et al., 2018).

1.3.3. Solução abordada

O exosqueleto do presente estudo teve por base o projeto de S. H. Collins, Bruce Wiggin, & Sawicki (2015), onde se concebeu um exosqueleto passivo para atuação do tornozelo. O objetivo principal passa por utilizar um sistema elástico que atua a articulação do tornozelo, em paralelo com o tendão de Aquiles e com a cadeia muscular do *tríceps surae* do utilizador, para reduzir a energia metabólica gasta, durante o ciclo de marcha. A Figura n.º5 ilustra o exosqueleto desenvolvido por estes investigadores, sendo constituído por uma estrutura rígida, composta por dois elementos estruturais, um sistema de controlo, materializado por uma embraiagem mecânica, e um sistema de atuação constituído por uma mola.

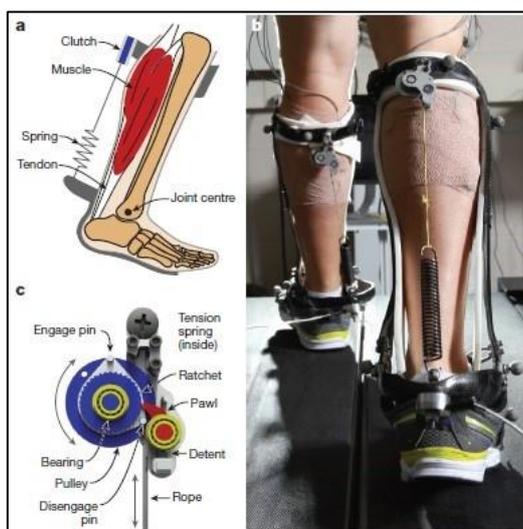


Figura n.º5 – Exosqueleto passivo de tornozelo

Fonte: Collins et al. (2015)

A embraiagem mecânica do exosqueleto permite a atuação da articulação do tornozelo através da mola quando o pé se encontra apoiado, em paralelo com o sistema constituído pelo tendão de Aquiles e o *tríceps surae*. Assim, a mola irá recolher energia durante a fase inicial de apoio, devolvendo essa energia ao utilizador na fase de impulso. Durante a fase de balanço, a embraiagem permanece desligada, permitindo o movimento livre da articulação, não interferindo com o movimento nessa fase. Este sistema permite

alcançar resultados que traduzem uma redução do custo metabólico de caminhar de 7.2% em indivíduos saudáveis.

A Figura n.º6 representa o trabalho desenvolvido no âmbito do projeto ELITE, funcionando de forma análoga o projeto anterior em que se fundamentou.



Figura n.º6 – Constituição do Exosqueleto passivo de tornozelo

Fonte: Pinheiro (2018)

Tendo sido construído na íntegra por investigadores deste projeto, tem uma estrutura fabricada com base em processos de aquisição de imagem, modelação 3D (*Computer-aided design* – CAD) e fabrico aditivo. Os componentes da embraiagem foram maquinados com base em processos de maquinação assistida por computador (CAM). Durante os ensaios em laboratório, foram ensaiados três diferentes elementos de força (molas F-1, A-1 e A-2), apresentados na Tabela n.º3, com vista a identificar quais se adaptariam melhor a cada utilizador.

Tabela n.º3 – Molas utilizadas nos ensaios

Mola	Peso	Dimensões	Representação
F-1	0.065 kg	$\phi 20.0 \times 97.0 \text{ mm}$	
A-1	0.015 kg	$\phi 14.9 \times 52.5 \text{ mm}$	
A-2	0.020 kg	$\phi 14.1 \times 65.5 \text{ mm}$	

Fonte: Pinheiro (2018)

Como principais inovações, deve referir-se a utilização de uma junta esférica que permite três graus de liberdade ao nível da articulação do tornozelo e a aplicação externa da estrutura rígida acoplada ao calçado permitindo maior conforto. O recurso a técnicas de fabrico aditivo com base na aquisição da forma topológica de cada utilizador permite uma maior adaptação e conforto, com o objetivo de serem obtidos melhores resultados. Os resultados metabólicos obtidos indicam que ocorreu uma redução metabólica entre -27,9% e -0,1% em 4 dos 7 indivíduos (em MET – unidade que relaciona o volume de oxigénio necessário para a execução de uma tarefa com o volume necessário na fase de repouso (McArdle, Katch, & Katch, 2010)). Para além disso comparando-se os ensaios com exosqueleto atuado e sem atuação, os resultados revelaram que se deu uma redução entre os -31,0% e -1,7% (Pinheiro, P., Quinto, L., Gonçalves, S. B., & Silva, 2019). A amostra foi posteriormente alargada a 30 indivíduos, sendo este trabalho referente a esta última.

CAPÍTULO 2. METODOLOGIA

2.1. Delimitação do estudo

Após se ter definido o quadro conceitual, segue-se a seleção e a articulação de técnicas, tendo em vista poder desenvolver-se o processo de verificação empírica. Este capítulo remete para um enquadramento metodológico, bem como para técnicas de recolha e tratamento de dados inerentes à aplicação dos exosqueletos em ambiente operacional de Artilharia. É importante frisar que a presente investigação assenta em duas fases, consistindo a primeira na identificação de requisitos associados ao uso de exosqueletos, e a segunda no trabalho experimental associado à correlação entre os dados antropométricos (variáveis explicativas) e os melhores resultados metabólicos (variável de interesse) obtidos nos ensaios com o exosqueleto anteriormente desenvolvido.

2.2. Definição de objetivos

De acordo com os requisitos do exosqueleto passivo identificados, e com os dados antropométricos recolhidos da amostra em estudo, esta investigação visa avaliar a possibilidade de aplicação do exosqueleto ao soldado de Artilharia. Como objetivo geral pretende-se analisar a atividade operacional no âmbito da Artilharia, para a identificação de requisitos para o desenvolvimento de um exosqueleto capaz de apoiar estes militares, reduzindo o seu cansaço e o risco de lesão, aumentando assim o seu nível de operacionalidade. Procura-se que desta análise resultem lições aprendidas, que culminem num maior rendimento do soldado de Artilharia no desempenho das suas respetivas tarefas, bem como na redução do risco de lesão que das mesmas derivem. Assim sendo, no Quadro n.º1 estão referidos os objetivos específicos que foram definidos.

Quadro n.º1 – Objetivos da investigação

OE1	Revisão do estado da arte sobre exosqueletos militares.
OE2	Identificar os requisitos que um exosqueleto deve respeitar para utilização operacional – Aplicação ao Obus M114 155mm/23.
OE3	Identificar a relação entre os resultados obtidos no ensaio do exosqueleto e os dados antropométricos da amostra em estudo.

Fonte: Elaboração própria

Tendo em vista responder aos objetivos específicos acima mencionados, foram levantadas três Perguntas Derivadas que integram o Quadro n.º2, e que ajudarão de forma lógica e organizada a dar uma resposta mais clara e concreta à Pergunta de Partida **“Quais os contributos da utilização de um exosqueleto para incrementar o rendimento do soldado de Artilharia e reduzir o risco de lesão?”**.

Quadro n.º2 – Perguntas derivadas

PD1	“Quais as condições e restrições de aplicabilidade dos exosqueletos em ambiente operacional?”.
PD2	“Quais as atividades operacionais de Artilharia em que o emprego dos exosqueletos se assume como sendo uma mais valia?”.
PD3	“Quais os dados antropométricos revelantes para o projeto e desenvolvimento do exosqueleto?”.

Fonte: Elaboração própria

2.3. Método de abordagem

A presente investigação, foi realizada tendo por base uma abordagem metodológica mista. Primeiramente, foi efetuada uma morosa coleta de informação, com base em artigos científicos e doutrina respeitante aos exosqueletos e à Artilharia. Consultou-se ainda legislação inerente à segurança e saúde no trabalho. Foram utilizadas técnicas qualitativas e quantitativas, de forma sequencial e por vezes paralela, ao longo das diversas fases de investigação estabelecidas (Cotten, Tashakkori, & Teddlie, 1999).

No que concerne à fase de identificação de requisitos utilizaram-se técnicas de recolha de dados qualitativas e quantitativas. As técnicas qualitativas consistiram em registos vídeo-fotográficos a fim de caracterizar a sua atividade operacional. As técnicas quantitativas assentaram em inquéritos por questionário, relativos à perceção de dor nos soldados de Artilharia (Apêndice D), no registo (Apêndice B) da observação estruturada não participante (Quivy & Campenhoudt, 2005), em pesagens de equipamento, material e aos serventes do Obus M114. Foram feitos ainda inquéritos por questionário de cariz qualitativo e quantitativo, acerca da perceção de esforço e frequência dos movimentos executados pelos militares constituintes da amostra (Apêndice E).

Na fase de trabalho experimental utilizaram-se técnicas quantitativas, com recurso a elementos vídeo-fotográficos e aos materiais cedidos pelo IST e pelo Grupo Disciplinar de Educação Física e Desportos (GDEFD), foram recolhidos os dados antropométricos dos

militares que realizaram os ensaios com o exosqueleto. Utilizou-se o método experimental, orientado para o estudo das correlações entre fenómenos que se podem expressar através variáveis quantitativas (Quivy & Campenhoudt, 2005). O processamento e análise estatística dos dados foi feito com recurso ao *IBM SPSS Statistics 26*, com o objetivo de numa primeira fase avaliar/verificar a correlação entre os dados antropométricos (variáveis explicativas) e os melhores resultados metabólicos obtidos (variável de interesse em MET – unidade que relaciona o volume de oxigénio necessário para a execução de uma tarefa com o volume necessário na fase de repouso (McArdle et al., 2010)) nos ensaios laboratoriais com exosqueleto. Posteriormente, analisou-se a relação entre a variável de interesse e uma ou mais variáveis explicativas, através do estudo/ajustamento de um modelo de regressão linear múltipla.

CAPÍTULO 3. MÉTODOS E MATERIAIS DE RECOLHA DE DADOS

3.1. Enquadramento

Este capítulo visa descrever os métodos e técnicas de recolha de dados utilizados, bem como os procedimentos de amostragem e as técnicas de tratamento e análise de dados. Assim sendo, existiram algumas reuniões com o grupo de trabalho do projeto ELITE, decidindo-se que o trabalho integraria uma fase de identificação de requisitos e uma fase de trabalho experimental. Na Figura n.º7 encontra-se a fita do tempo relativa às duas fases.

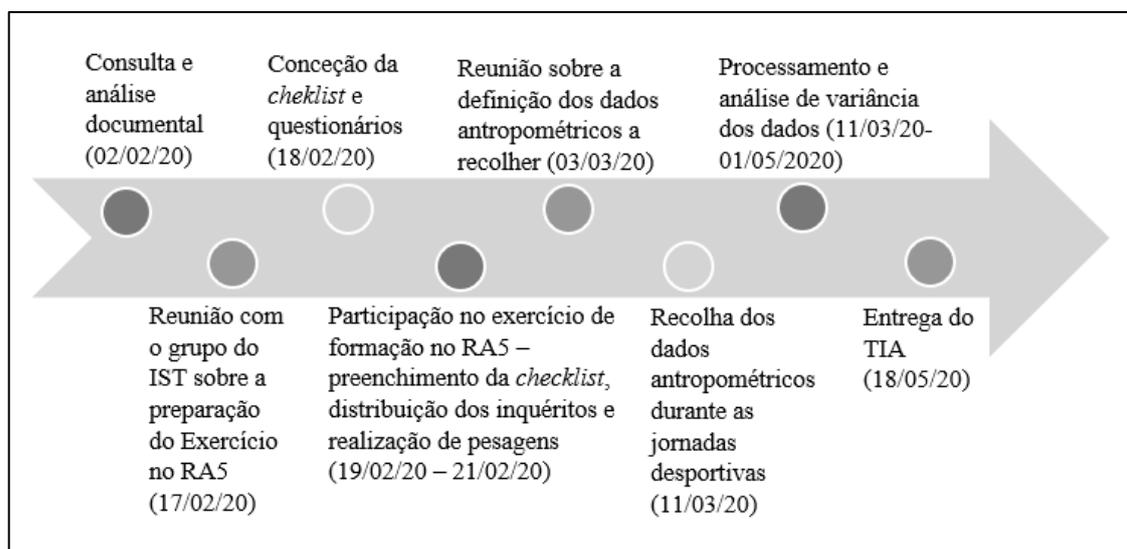


Figura n.º7 – Fita do tempo

Fonte: Grupo de trabalho do projeto ELITE

3.2. Fase de Identificação de Requisitos

Esta fase começou com uma análise documental de artigos científicos e de doutrina no âmbito dos exosqueletos, da Artilharia e de legislação respeitante à segurança e saúde no trabalho, que tem vindo a ser feita desde o ano transato na cadeira H252 – Metodologia da investigação científica aplicada ao Trabalho de Investigação Aplicada.

Em conjunto com o grupo de trabalho envolvido no projeto, considerou-se que se deveria acompanhar o Exercício Tático dos cadetes do 4º ano de Artilharia da Academia Militar, no RA5. Nesse sentido, afinaram-se todos os pormenores relativos ao material necessário a levar para o Exercício, e a todos os procedimentos que se deveriam executar para continuar a dar um rumo certo à investigação.

O primeiro dia de Exercício no RA5 foi feito com o Obus M119 105mm LG/30/m98, pelo que o processo de observação estruturada não participante em que se acompanhou uma das seções do MAFF, os questionários de percepção de esforço e de dor (entregues a 11 praças e a 2 sargentos do MAFF, e a 6 cadetes de Art da AM), e todas as filmagens de entrada em posição serviram para corrigir e validar a aplicação do método de recolha de dados a aplicar ao Obus M114 A1 155mm/23 no dia seguinte. Foram analisadas as respostas aos inquéritos por questionário do *Light Gun*, tendo sido decidido em reunião com o grupo de investigação, manter o modelo de inquérito por questionário, relativo à percepção de esforço e frequência dos movimentos executados pelos serventes do M114, a aplicar no dia seguinte. Acompanhou-se uma Secção de M114 no REOP de duas posições distintas.

Numa primeira fase distribuiu-se o inquérito por Questionário de Avaliação de Percepção de Esforço (QAPE – Apêndice E) a 10 militares de uma Secção de M114. Paralelamente, foi também distribuído a 7 Aspirantes, que se encontram no Tirocínio para Oficial de Artilharia, e que entraram em posição com o Obus em estudo, durante o seu período de formação na EA. Este inquérito, uma vez que visa perceber o esforço e a frequência dos movimentos do servente de M114, e que se pode tornar subjetivo, foi feito com base na Escala de *Borg* Modificada – Escala CR10 (G. A. V. Borg, 1998). Atualmente, esta escala é frequentemente utilizada para analisar a intensidade dos exercícios bastante intensos, pois não é uma escala fechada e permite aos indivíduos classificar o seu esforço em valores com casas decimais, tornando-se assim mais fidedigna, na medida em que, elimina o efeito teto (G. A. V. Borg, 1982).

Numa segunda fase, e durante duas entradas em posição distintas da Secção, preencheu-se o registo da OENP (para verificar quais são os movimentos que cada servente executa com maior frequência – Apêndice B) e sensibilizaram-se os militares para o preenchimento dos inquéritos por Questionário de Avaliação de Percepção de Dor (QAPD – Apêndice D). Estes questionários, de carácter qualitativo, visaram quantificar a dor experienciada pelos serventes do M114 nas tarefas associadas a operar o mesmo. A sua conceção teve por base a Escala de *Soreness*, sendo que se optou por uma escala de visualização gráfica com ausências de descritores de dor para os inquiridos. Categorias como ausência de dor, dor surda, dor leve, dor mais leve, dor dolorosa, dor muito dolorosa e dor insuportável têm um elevado défice de sensibilidade para medir a experiência de dor. (Mattacola, Perrin, Gansneder, Allen, & Mickey, 1997).

No entanto, na análise do questionário, associou-se o nível 0 a não ter dor, do nível 1 a 3 a ser uma dor leve, do 4 ao 6 dor moderada – alterações relevantes às tarefas diárias, e

do 7 ao 10 marcados por dores severas – associadas à impossibilidade de se realizarem determinadas tarefas do quotidiano (Tripathi & Kumar, 2014). A Figura n.º8 ilustra a realização dos exercícios que serviram de base ao questionário, consistindo num agachamento antes, após, e na saída de posição com o Obus, preenchendo de imediato, o nível de dor associado a cada uma dessas fases.



Figura n.º8 – Realização de agachamento para preenchimento do QAPD

Fonte: Elaboração própria

Apenas foram entregues no último dia de Exercício, após sensibilização (explicar aos militares o modo de funcionamento e intuito do inquérito, incitando-os a refletirem sobre o tema), de modo a serem preenchidos da forma mais correta e consciente possível.

No final do dia, nos locais onde o Obus M114 se encontra parqueado, efetuaram-se pesagens ao material e palamenta mais pesada (Apêndice A), e a 3 dos serventes (S2, S4, S6) da Secção do MAFF e da Secção do RA5, na posição de “suspender-força” com recurso a uma balança calibrada. É de relevar que as pesagens aos serventes foram feitas 5 vezes (relevância estatística), tendo em vista quantificar o peso que em média cada servente deste Obus levanta aquando da realização desta tarefa.

3.3. Fase de Trabalho Experimental

Esta fase centra-se na recolha de dados antropométricos da amostra (30 militares) que realizou o ensaio do exosqueleto no Laboratório de Biomecânica de Lisboa, com o intuito primordial de analisar possíveis correlações entre os dados antropométricos e os melhores resultados dos gastos metabólicos (em MET) obtidos nos ensaios com exosqueleto.

Numa fase inicial foram definidos os dados antropométricos a recolher, sendo estes: peso, altura, comprimento da tíbia, comprimento da coxa, perímetro gemelar, distância do tornozelo ao solo (tanto do lado anterior como do lado posterior), distância do tornozelo ao calcanhar (lado anterior do tornozelo), distância entre maléolos, comprimento do pé, distância percorrida durante a realização do teste *Cooper*, cadência e velocidade da marcha, e comprimento do passo. Para a recolha destes dados foram utilizados dois paquímetros, uma balança calibrada e uma fita métrica maleável cedidos pelo LBL, e uma prega cutânea e uma fita métrica de 50m cedidas pelo GDEFD, representados na Figura n.º9.

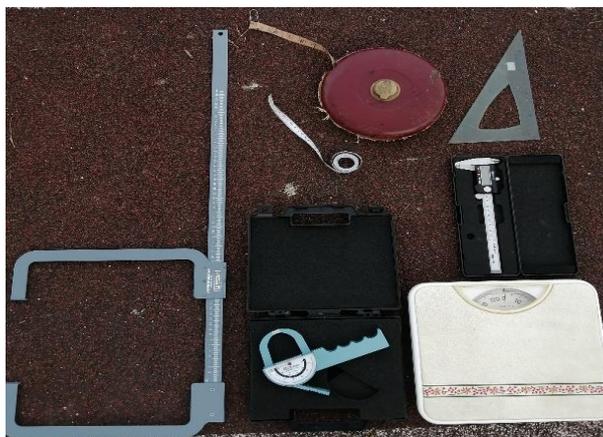


Figura n.º9 – Material para recolha de dados antropométricos

Fonte: Elaboração própria

Definidos os objetivos desta fase, tornou-se necessário adquirir as competências necessárias para obter um amplo perfil antropométrico de um humano, tendo sido seguida a metodologia de Norton (2019). Foram ainda treinadas as técnicas de medição, de acordo com o procedimento definido (Anexo B), para assegurar a validade dos dados recolhidos.

A primeira fase de recolha de dados realizou-se durante as Jornadas Desportivas Internas da AM, na Sede em Lisboa, onde se realizaram as medições a 15 militares que tinham feito os ensaios com exosqueleto em laboratório. A cadência, velocidade de marcha e o comprimento do passo foram extraídos através de uma filmagem de um registo vídeo durante o percurso de 108 metros, em que os militares eram solicitados a caminhar naturalmente. Só a distância dos 100 metros foi tida em conta, mas foi decidido que seria necessário o militar começar 5 metros antes, e terminar 3 metros depois para que a sua marcha natural não fosse afetada. Aliado a este facto, todas as filmagens foram efetuadas

segundo o esquema que em seguida se encontra apresentado na Figura n.º10, para minimizar a influência da filmagem no ensaio.

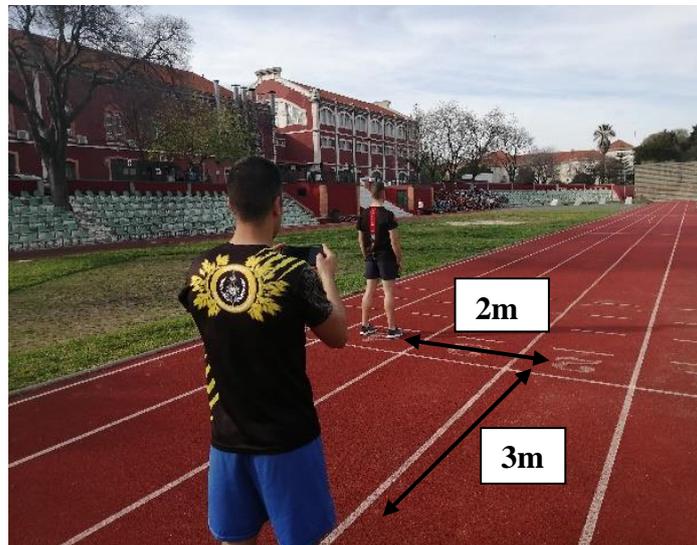


Figura n.º10 – Esquema de filmagens

Fonte: Elaboração própria

Esta fase culmina com a análise relativa à relevância dos dados antropométricos (variáveis explicativas) recolhidos, face aos melhores resultados metabólicos (variável de interesse em MET) obtidos nos ensaios com exosqueleto, com recurso ao programa de estatística *IBM SPSS Statistics 26*. Devido a constrangimentos de ordem conjuntural, não foi possível realizar a aquisição dos dados de toda a amostra, ficando esta limitada a 15 indivíduos. Assim sendo, os dados dos 15 militares agruparam-se por grupos em função do tipo de mola utilizado nos ensaios (mola A-1 – 8 militares; mola A-2 – 5 militares; e mola F-1 – 2 militares), obtendo-se vários modelos de regressão linear múltipla. Optou-se por não se efetuar o ajustamento de modelos para o grupo da mola F-1 em virtude de só existirem 2 resultados nesse grupo.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Enquadramento

Neste capítulo são explanados os resultados obtidos na fase de identificação de requisitos e de trabalho experimental que são parte integrante da investigação. A fase de identificação emerge primeiramente da consulta de doutrina inerente à Artilharia, ao esforço e dor no trabalho e exosqueletos, sendo que resultou ainda de elementos vídeo-fotográficos, pesagens, inquéritos por questionário e do registo da OENP (Apêndice B).

Por sua vez, a fase de trabalho experimental está associada à recolha de dados antropométricos dos militares que realizaram os ensaios com exosqueleto, e à relação dos mesmos face aos melhores resultados metabólicos obtidos, através do *IBM SPSS Statistics 26*.

4.2.1. Fase de Identificação de Requisitos – Pesagens

Na tentativa de se identificarem quais são os requisitos que estão inerentes à utilização de um exosqueleto em ambiente operacional e de responder à pergunta derivada nº2, “Quais as atividades operacionais de Artilharia em que o emprego dos exosqueletos se assume como sendo uma mais valia?”, foram efetuadas pesagens aos materiais e palamenta (que os militares manuseiam e transportam) mais pesada do Obus M114 (Apêndice A), dos quais se destacam os ferrões com 77,5kg. Contudo, suspender o Obus que pesa 5760kg é uma tarefa muito mais difícil para os serventes que com o mesmo operam. A avaliação do esforço de movimentação do Obus foi efetuada durante o movimento de “suspender-força”, com recurso a uma balança calibrada. Para tal, a balança foi utilizada para medir o peso de cada servente antes do exercício e durante o movimento de “suspender-força”. Esta medição foi realizada cinco vezes para três dos serventes de um dos lados do Obus (S2,S4,S6), verificando-se os resultados apresentados na Tabela n.º4.

Tabela n.º4 – Pesagens da Secção do RA5

Função	Peso do Servente	Valor da Pesagem(Peso Total)	Valor da Pesagem(Peso Total – Peso do Servente)
S2	84,3kg	140,4kg;136,3kg;135,4kg;138,7kg;137,1kg	56,1kg;52,0kg;51,1kg;54,4kg;52,8kg
S4	79,7kg	142,2kg;140,4kg;139,8kg;135,3kg;137,2kg	62,5kg;60,7kg;60,1kg;55,6kg;57,5kg
S6	63,2kg (F)	135,9kg;140,1kg;138,2kg;133,3kg;139,1kg	72,7kg;76,9kg;75,0kg;70,1kg;75,9kg

Fonte: Elaboração própria

Média S2 = 53,3±2,8kg

Média S4 = 59,3±3,7kg

Média S6 (F) = 74,1±4kg

Observando os dados anteriores pode verificar-se que o elemento que regista esforço mais significativo é o S6 (63,2kg), suspendendo uma massa de 74,1 ± 4kg, correspondendo a 117,2% da sua massa corporal. Por outro lado, S2 (84,3kg) é o elemento que regista o menos esforço, com 53,3 ± 2,8kg, representando 63,2% da sua massa corporal. Em seguida, a Tabela n.º5 diz respeito às pesagens efetuadas à Secção do MAFF.

Tabela n.º5 – Pesagens da Secção do MAFF

Função	Peso do Servente	Valor da Pesagem	Valor da Pesagem(Peso Total – Peso do Servente)
S2	77,3kg	139,2kg;137,7kg;140,2kg;135,6kg;136,8kg	61,9kg;60,4kg;62,9kg;58,3kg;59,5kg
S4	86,1kg	134,2kg;138,3kg;140,4kg;140,7kg;137,4kg	48,1kg;52,2kg;54,3kg;54,6kg;51,3kg
S6	62,5kg (F)	138,3kg;138,5kg;141,2kg;136,4kg;135,6kg	75,8kg;76,0kg;78,7kg;73,9kg;73,1kg

Fonte: Elaboração própria

Média S2 = 60,6 ± 2,3kg

Média S4 = 52,1 ± 4kg

Média S6 (F) = 75.5 ± 3,2kg

A Tabela n.º5 mostra que o S6 (62,5kg) tem um esforço mais relevante, pois suspende uma massa de 75.5 ± 3,2kg que é equivalente a 120,8% da sua massa corporal. O S4 (86,1kg) regista um menor esforço, suspendendo uma massa de 52,1 ± 4kg, correspondendo a 60,5% da sua massa corporal.

Deste modo tem-se o valor médio para um servente no “suspende-força” será de 62,5 ± 16,2kg (resultado $\sum xi/30 \pm$ Desvio Padrão).

4.2.2. Fase de Identificação de Requisitos – Questionários

Em relação aos Questionário de Avaliação de Percepção de Esforço (Apêndice E), emergiram vários resultados que em seguida serão devidamente apresentados. A Figura n.º11 alude à quinta e oitava perguntas, onde se questiona os inquiridos acerca das dores sentidas durante e após um exercício de Artilharia.

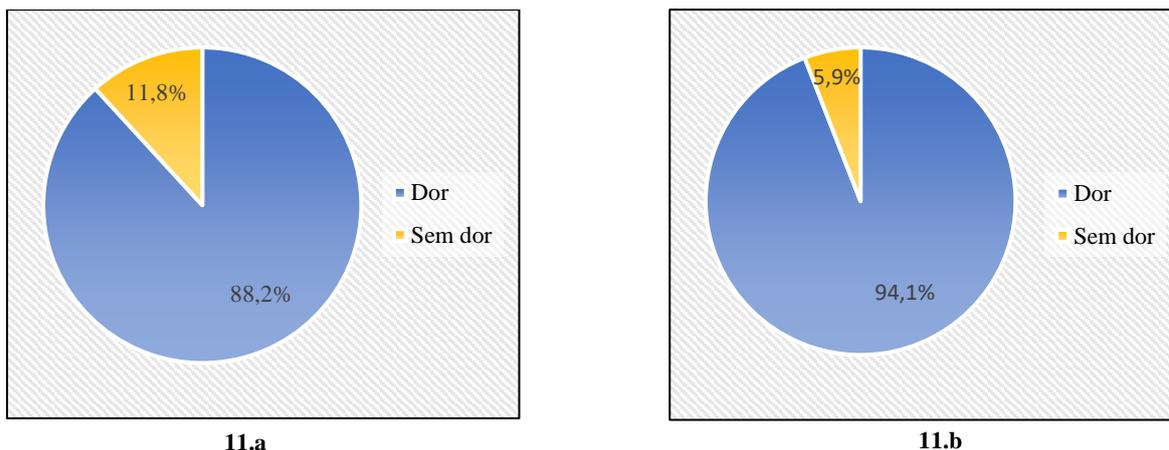


Figura n.º11 – Resultados do QAPE a: Dores durante um Exercício, b: Dores após um Exercício

Fonte: Elaboração própria

Daqui conclui-se que dos 17 militares inquiridos, apenas 2 não tiveram dores durante um Exercício de Artilharia (Figura n.º11.a), sendo que um deles já apresentou dores após o término do mesmo (Figura n.º11.b).

Com base na Escala de *Soreness*, associou-se o nível de dor de cada servente (nível 0 sem dor, 1 a 3 dor leve, 4 a 6 dor moderada com alterações relevantes nas tarefas diárias, e 7 a 10 dores severas associadas à impossibilidade de se executarem determinadas tarefas do quotidiano – (Tripathi & Kumar, 2014)) à fase anterior à entrada em posição. Também se analisou a fase após a entrada, e imediatamente após a saída de posição com o Obus M114, registando-se os valores. A Figura n.º12 diz respeito à fase antes da entrada em posição.

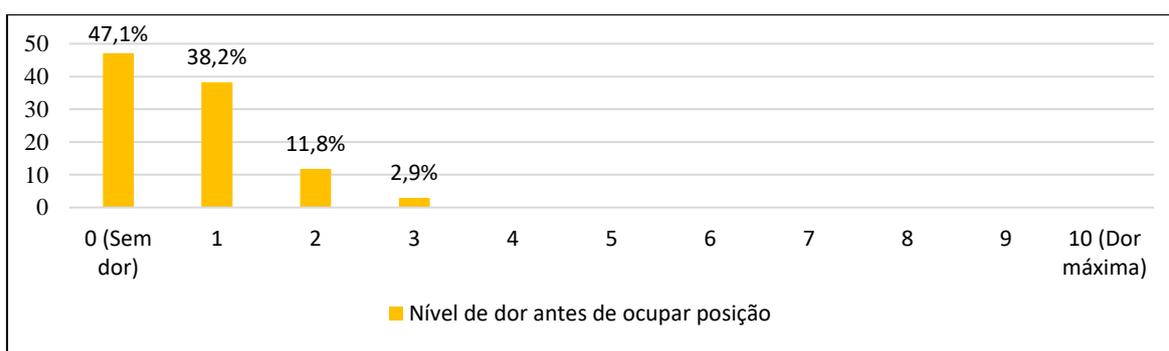


Figura n.º12 – Resultados do QAPD: Nível de dor do servente antes de entrar em posição

Fonte: Elaboração própria

A Figura n.º12, indica que o nível de dor antes de se ocupar a posição é nulo (47,1%) ou praticamente nulo (52,9%). Considera-se que a partir do nível 4 a dor começa a ter alguma relevância. Após a Secção entrar em posição com o Obus M114, os níveis de dor

percecionados por parte dos serventes que a compõe sobem de forma significativa, em conformidade com a Figura n.º13.

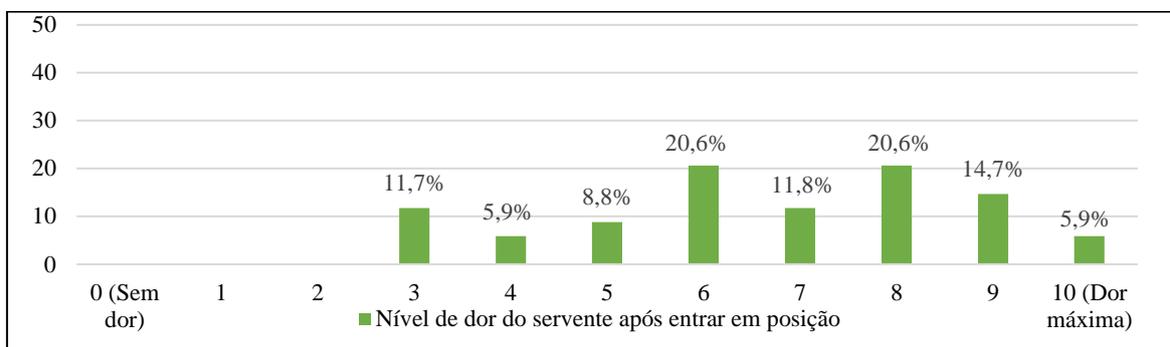


Figura n.º13 – Resultados do QAPD: Nível de dor do servente após entrar em posição

Fonte: Elaboração própria

Se na fase anterior os níveis de dor eram inexistentes ou praticamente nulos, agora 35,3% dos elementos da amostra apresentam dores moderadas (nível 4 a 6) que podem interferir significativamente com as tarefas diárias, e 53% sofre de dores severas (nível 7 a 10) que poderão ter consequências nefastas no seu dia a dia, tal como a Figura n.º13 ilustra. É importante referir que um dos 17 militares em estudo registou ter dor máxima.

A fase de Saída de Posição, que se considerou desde o momento em que todo o material está arrumado e o Obus M114 atrelado à viatura, é a que se assume como sendo mais exigente e está representada pela Figura n.º14.

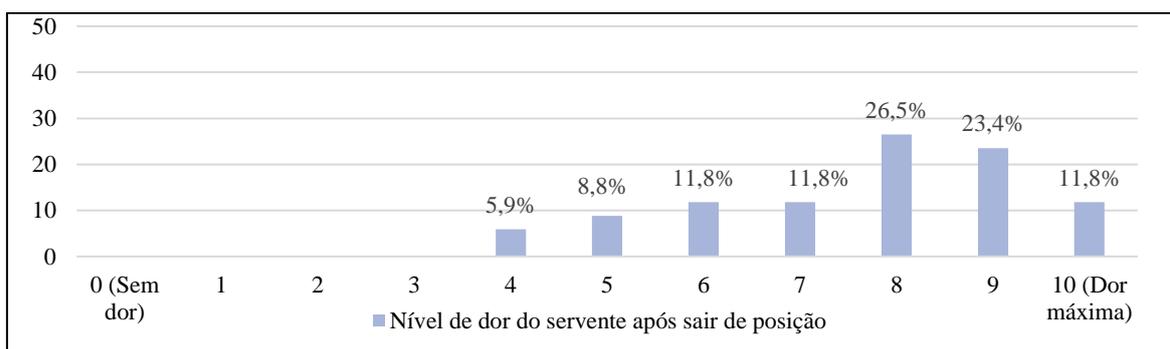


Figura n.º14 – Resultados do QAPD: Nível de dor do servente após sair de posição

Fonte: Elaboração própria

Considerando a Figura n.º14, dos 17 militares inquiridos nenhum apresentou ausência de dor ou dor leve após o término desta fase, 26,5% tiveram dores moderadas (nível 4 a 6)

podendo pôr em causa a realização de algumas tarefas diárias, e 73,5% apresentaram dores severas (nível 7 a 10) que poderão pôr definitivamente em causa a sua integridade física.

Imediatamente abaixo, a Figura n.º15 reflete as regiões mais sintomáticas de dor nos militares de Artilharia, durante e após um Exercício, respetivamente.

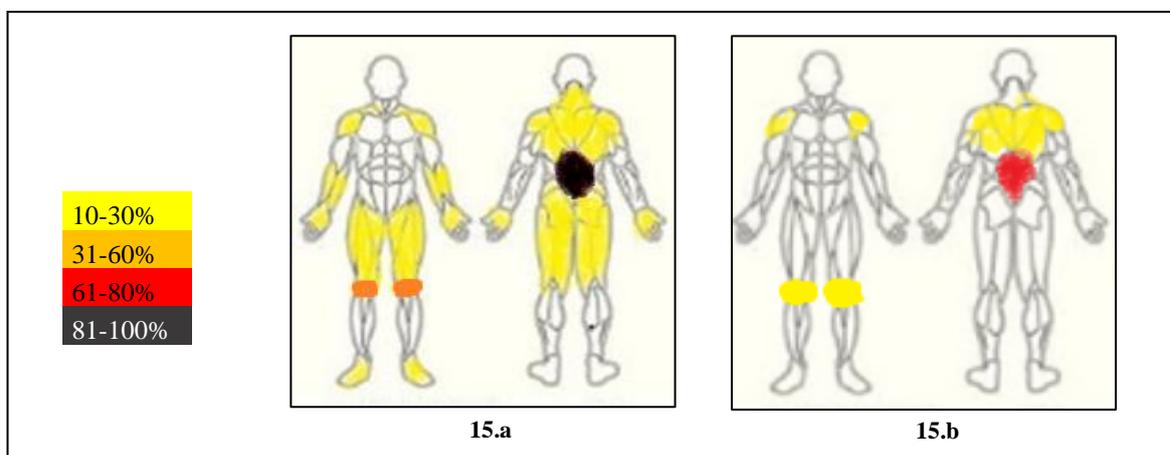


Figura n.º15 – Resultados do QAPE a: Regiões afetadas durante um Exercício, b: Regiões afetadas após um Exercício

Fonte: Elaboração própria

A Figura n.º15.a, remete para o facto de 81% a 100% da amostra em estudo, sofrer de dores na região lombar durante um exercício de Artilharia com o Obus M114. De forma menos acentuada os joelhos são afetados em cerca de 31% a 60%, estando a restante percentagem associada a dores nas regiões anterior e posterior das pernas, dos ombros, antebraço e mãos (10% – 30%). Por sua vez, a Figura n.º15.b respeitante às dores após o término do Exercício, mantém uma maior incidência na região lombar (61% – 80%), estando as restantes dores associadas à região trapezoidal, dos joelhos e dos ombros (10% – 30%).

Após a análise da percentagem de militares de secção de M114 que sentiram dores, o registo dos níveis de dor percecionados, e as regiões afetadas, foi avaliada a dor associada a cada função, dentro da Secção, e às tarefas que executam. A Figura n.º16.a reflete a percentagem de dor associada à função de Cmdt Sec, enquanto que a Figura n.º16.b é respeitante à percentagem associada a cada uma das tarefas de Cmdt Sec.

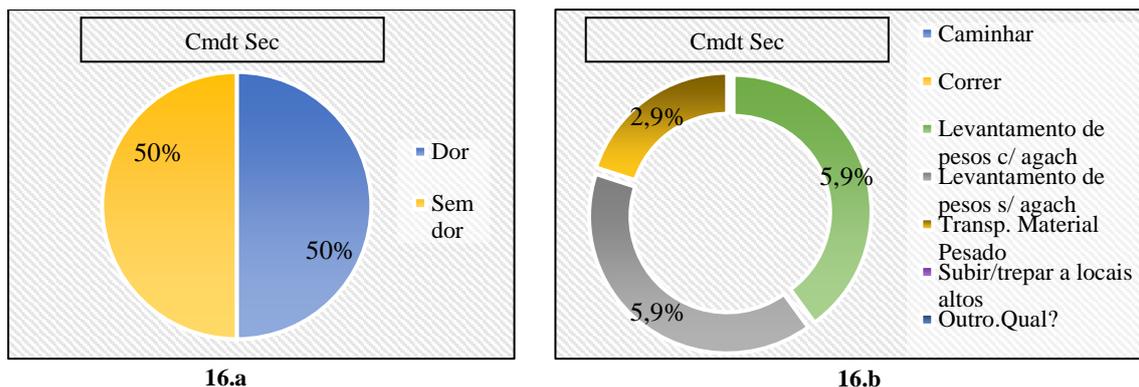


Figura n.º16 – Resultados do QAPE a: Dores na função de Cmdt Sec, b: Dores nas tarefas de Cmdt Sec

Fonte: Elaboração própria

A Figura n.º16.b, mostra que as dores sentidas por 2 militares enquanto Cmdt Sec (dos 17 apenas 4 tiveram esta função) centraram-se no levantamento de pesos sem agachamento (5,9%) e com agachamento (5,9%), e no transporte de material pesado (2,9%).

Imediatamente abaixo, a Figura n.º17 ilustra a percentagem de militares que tiveram dores na função de S1, nas respetivas tarefas.

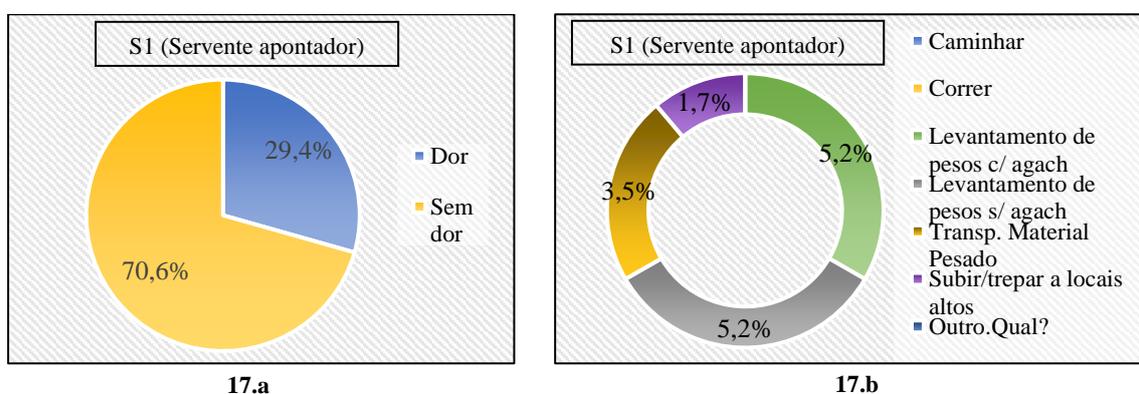


Figura n.º17 – Resultados do QAPE a: Dores na função de S1, b: Dores nas tarefas de S1

Fonte: Elaboração própria

De acordo com a Figura n.º17.a 5 militares tiveram dores nesta função. Para além das dores serem no transporte de material pesado (3,5%) e levantamento de pesos com (5,2%) e sem agachamento (5,2%), foram ainda sentidas dores no subir/trepar a locais altos (Figura n.º17.b).

Em seguida, tem-se a percentagem de serventes que sentiram dor na função de S2 (Figura n.º18.a), e as tarefas em que as mesmas se fizeram sentir (Figura n.º18.b).

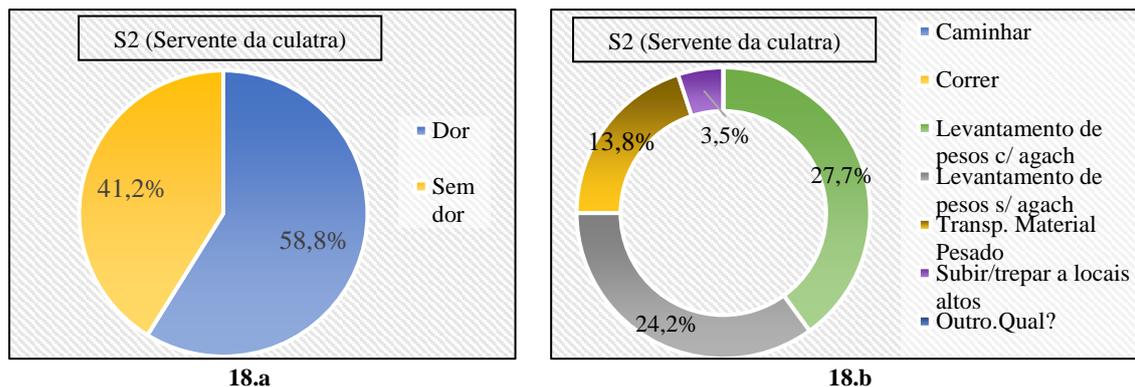


Figura n.º18 – Resultados do QAPE a: Dores na função de S2, b: Dores nas tarefas de S2

Fonte: Elaboração própria

Na função de S2, 10 militares tiveram dores (Figura n.º18.a) no levantamento de pesos com agachamento (27,7%) e sem agachamento (24,2%), no transporte de material pesado (13,8%) e subida a locais altos (Figura n.º18.b). Percentagens que apresentam similitudes, pois muitos dos militares apresentaram ter dores em ambas as tarefas.

A Figura n.º19 ilustra as dores sentidas na função de S3 ou S6, no desempenho das suas tarefas.

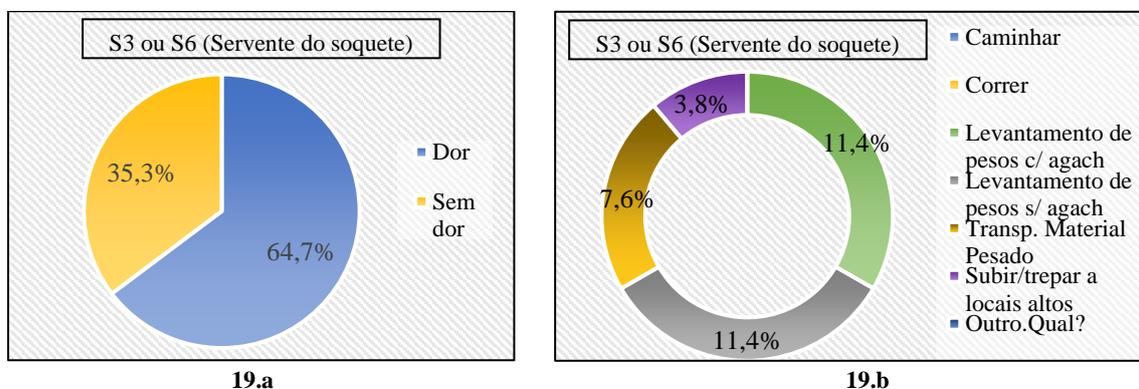


Figura n.º19 – Resultados do QAPE a: Dores na função de S3 ou S6, b: Dores nas tarefas de S3 ou S6

Fonte: Elaboração própria

Na função de S3 ou S6, 11 militares sentiram dores (Figura n.º19.a), dos quais 11,4% sentiram dores no levantamento de pesos com agachamento e no levantamento de pesos sem agachamento (Figura n.º19.b). Dois militares registaram dores derivadas de transporte de material pesado (7,6%), e 1 na subida a locais altos (3,8%).

As dores sentidas nas tarefas de S4, servente das espoletas, encontram-se explanadas na Figura n.º20.

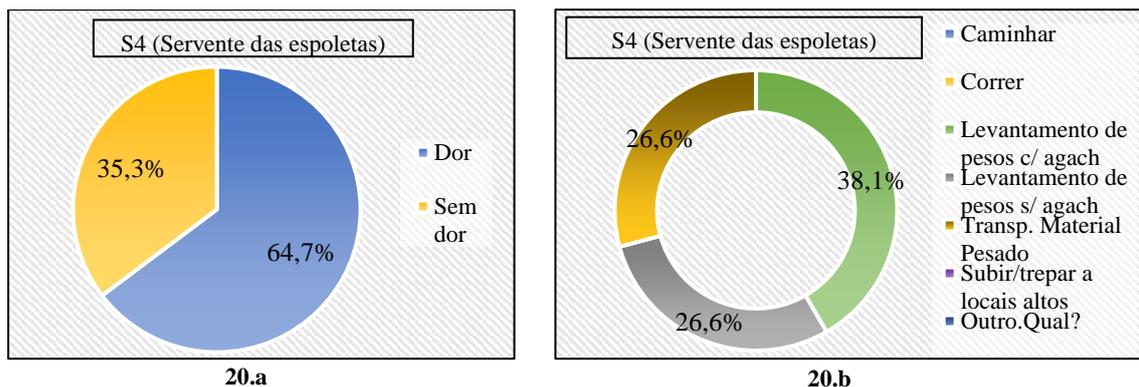


Figura n.º20 – Resultados do QAPE a: Dores na função de S4, b: Dores nas tarefas de S4

Fonte: Elaboração própria

Desempenhando a função de S4, 11 militares apresentaram dores, em conformidade com a Figura n.º20.a. É de referir que 38,1% tiveram dores devido ao levantamento de pesos com agachamento, e de forma igualitária 26,6% devido ao levantamento de pesos sem agachamento e ao transporte de material pesado (Figura n.º20.b).

Seguidamente, apresentam-se os valores relativos às dores no servente carregador, e em que tarefas sucedem, de acordo com a Figura n.º21.a e Figura n.º21.b respetivamente.

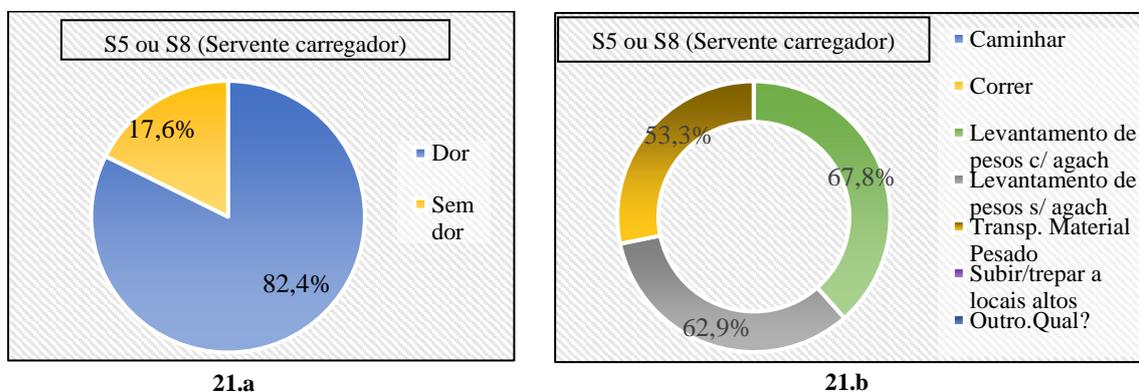


Figura n.º21 – Resultados do QAPE a: Dores na função de S5 ou S8, b: Dores nas tarefas de S5 ou S8

Fonte: Elaboração própria

O servente carregador (S5 ou S8) surge com uma percentagem de dor associada de 82,4%, em que 14 dos 17 militares apresentam esses sintomas (Figura n.º21.a). Em comparação com os demais serventes, é a função que apresenta maior percentagem de dor no levantamento de pesos com agachamento (67,8%) e no levantamento de pesos sem agachamento (62,9%), em consonância com a Figura n.º21.b. A é respeitante às dores e às tarefas que se associam à função de S7, servente das cargas.

A Figura n.º22 é respeitante às dores e às tarefas que a estas se associam na função de S7, servente das cargas.

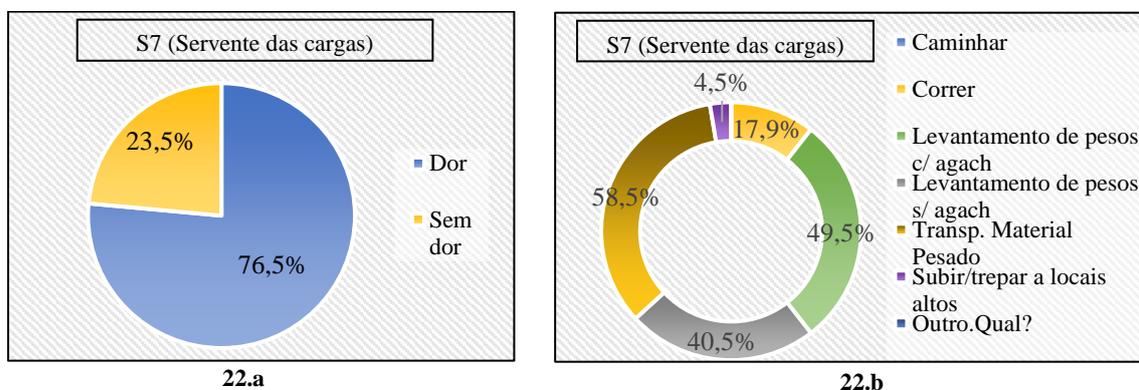


Figura n.º22 – Resultados do QAPE a: Dores na função de S7, b: Dores nas tarefas de S7

Fonte: Elaboração própria

Relativamente à função de S7, a Figura n.º22.a ilustra que 13 dos 17 militares sentiram dores nesta função (76,5%). Por outro lado, 58,5% tiveram dores associadas ao transporte de material pesado e levantamento de pesos com (49,5%) e sem agachamento (40,5%). É de relevar que o S7 tem ainda dores associadas às tarefas de subir/trepar a locais altos (4,5%) e é o único que servente que apresenta dores na tarefa de correr (17,9%), quando comparado com demais (Figura n.º22.b).

No que concerne ao S9, servente das granadas, a Figura n.º23.a retrata a percentagem de militares que tem dores nessa função aquando da realização de determinadas tarefas (Figura n.º23.b).

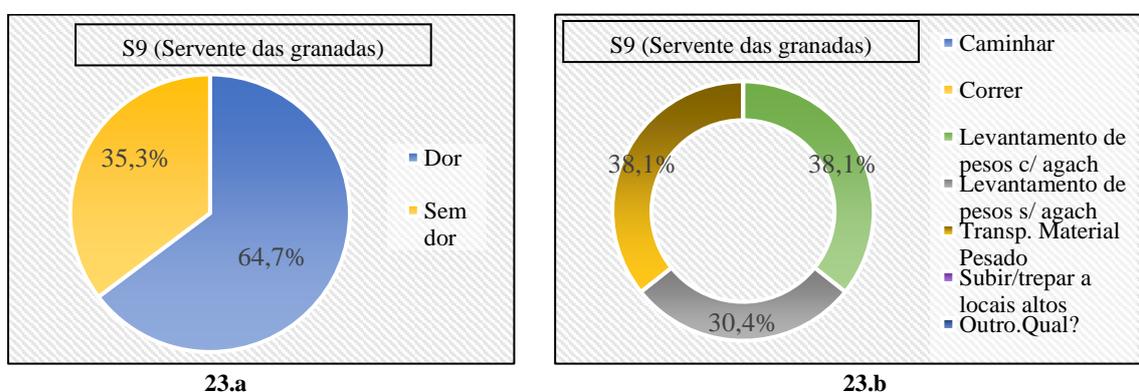


Figura n.º23 – Resultados do QAPE a: Dores na função de S9, b: Dores nas tarefas de S9

Fonte: Elaboração própria

Dos 17 militares inquiridos 11 afirmaram ter dores ao desempenhar a função de servente das granadas, de acordo com a Figura n.º23.a. Associado a essas dores estão as tarefas de levantamento de pesos com (38,1%) e sem agachamento (30,4%), e de transporte de material pesado (38,1%), sendo as que apresentam uma percentagem mais significativa (Figura n.º23.b).

Com vista à análise e comparação de resultados, considerou-se fundamental avaliar a percepção do esforço de cada servente nas tarefas que executam segundo outro método, a Escala de *Borg* Modificada (Anexo A). A aplicação desta escala, testada e mais credível para avaliar exercícios intensos, não delimita o militar avaliado a um efeito teto. Considerou-se S5/S8 e o S7 nesta análise pois é nestas funções que se verificou uma exigência muscular mais significativa face aos demais serventes. Encontra-se na Figura n.º24 o registo da exigência muscular das tarefas na função de S5 ou S8.

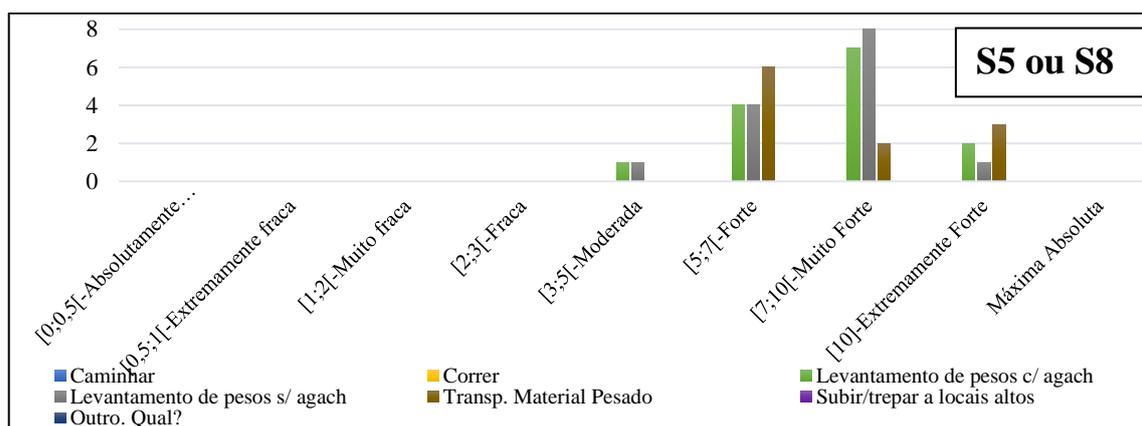


Figura n.º24 – Resultados do QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao S5 ou S8

Fonte: Elaboração própria

A Figura n.º24 mostra que o S5 ou S8 nas tarefas de levantamento de pesos com e sem agachamento, e de acordo com a Escala de *Borg* Modificada, apresentam uma exigência muscular muito forte ([7;10]). No transporte de material pesado é em média forte ([5;7]).

A Figura n.º25 diz respeito à exigência muscular inerente às funções do S7, servente das cargas, nas tarefas de levantar pesos com e sem agachamento, correr, transportar material pesado e subir ou trepar a locais elevados.

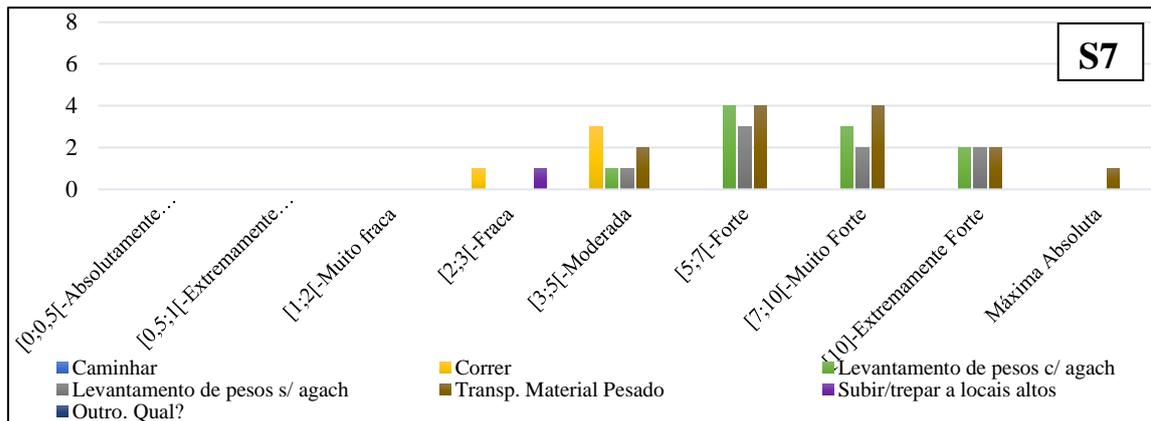


Figura n.º25 – Resultados do QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao S7

Fonte: Elaboração própria

Da Figura n.º25 percebe-se que o S7, no transporte de material pesado, a exigência muscular é em média muito forte ([7;10]). O levantamento de pesos com e sem agachamento, associam-se a uma exigência muscular que em média é forte ([5;7]). A corrida está tem em média uma exigência muscular moderada ([3;5]), sendo fraca ([2;3]) no subir a locais altos.

4.2.3. Fase de Identificação de Requisitos – Registo de OENP

Nesta fase, de observação estruturada não participante registaram-se todos os valores correspondentes à fase de um Reconhecimento, e de duas Entradas e Saídas de Posição. Os valores mais significativos encontram-se registados na Tabela n.º6.

Tabela n.º6 – Valores do registo da OENP

Reconhecimento	1ª Entrada e Saída de Posição	2ª Entrada e Saída de Posição
.S7 – 1350m de corrida.	.Cmdt Sec – 400m de marcha; .S7 – 1000m de corrida e 500m de marcha; .S2,S3,S4,S5,S6,S7 – 380kg de valor acumulado no levantamento de pesos com agachamento (carga+equipamento individual s/ G3); .S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8,S9 – 80kg de valor acumulado de levantamento de pesos sem agachamento; .S2,S3,S4,S5 – Cargas com mais de 40kg por 5m + equipamento individual s/ G3.	.Cmdt Sec – 350m de marcha; .S7 – 1200m de corrida e 600m de marcha; .S2,S3,S4,S5,S6,S7 – 315kg de valor acumulado no levantamento de pesos com agachamento (carga+equipamento individual s/ G3); .S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8,S9 – 90kg de valor acumulado de levantamento de pesos sem agachamento; .S2,S3,S4,S5 – Cargas com mais de 40kg por 5m + equipamento individual s/ G3.

Fonte: Elaboração própria

Os dados antropométricos recolhidos, foram introduzidos programa *IBM SPSS Statistics 26*, juntamente com os resultados metabólicos obtidos em trabalhos anteriores, nos ensaios de espirometria realizados no LBL por 30 militares. Para este estudo, foi considerado apenas o resultado em que cada voluntário obteve o menor gasto metabólico (em MET), o qual se encontra explanado na Tabela n.º8.

Tabela n.º8 – Melhor resultado dos custos metabólicos da amostra

Nome	Custo metabólico (melhor resultado em MET)	Mola
EC_09	16,00%	A-2
EC_18	1,77%	F-1
EC_21	-0,15%	A-1
EC_22	-0,15%	A-2
EC_24	-3,43%	A-2
EC_26	-24,65%	A-1
EC_28	6,80%	A-1
EC_29	21,35%	F-1
EC_30	-8,39%	A-2
EC_31	5,32%	A-1
EC_32	-9,92%	A-1
EC_33	3,62%	A-2
EC_34	0,52%	A-1
EC_35	11,20%	A-1
EC_36	8,72%	A-1

Fonte: Elaboração própria

Os dados foram ainda agrupados de acordo com os grupos de indivíduos por tipo de mola utilizada no ensaio, de modo a ser verificada a existência de correlações entre as diferentes variáveis e a variável melhor resultado (em MET), por tipo de mola utilizada.

Para quantificar a relação entre duas variáveis quantitativas, analisou-se o Coeficiente de Correlação de *Pearson*, em que a intensidade da correlação linear entre duas variáveis é considerada fraca quando $r < 0,3$, moderada quando $0,3 \leq r \leq 0,5$, e forte quando $r > 0,5$ (Pearson, 1896). Para o ajustamento do modelo de regressão linear múltipla foram inicialmente consideradas as variáveis que apresentaram correlação moderada face à variável de interesse. Estando perante uma amostra de baixa dimensão, e como forma de complemento, na avaliação do grau de associação entre as variáveis, foi ainda analisado o Coeficiente de Correlação de *Spearman* – s (Apêndice H), selecionando-se as variáveis explicativas para $s > 0,2$ (Field, 2013). É de salientar que foram analisados vários modelos de regressão linear múltipla para cada um dos grupos de molas (A-1 e A-2), porém para a mola

F-1, e em virtude de só existirem 2 resultados, optou-se por não se efetuar ajustamento de modelos. São apresentados em seguida os modelos que se revelaram mais adequados, quer ao nível de ajustamento, quer ao nível da validação dos pressupostos inerentes ao modelo de regressão múltipla. Relativamente ao grupo da mola A-1 (8 militares) obteve-se em *IBM SPSS Statistics 26* o modelo de regressão linear múltipla que se encontra na Tabela n.º9.

Tabela n.º9 – Modelo extraído do *IBM SPSS Statistics 26* relativo à mola A-1

Model Summary ^{b,c}							
Model	R		R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson Statistic	
	Tipo de Mola = A1 (Selected)	Tipo de Mola ~ = A1 (Unselected)				Tipo de Mola = A1 (Selected)	Tipo de Mola ~ = A1 (Unselected)
1	,891 ^a	,208	,795	,640	,071065	2,044	1,271

Fonte: Elaboração própria com recurso ao *IBM SPSS Statistics 26*

Da Tabela n.º9 tem-se um modelo de regressão linear múltipla com um Coeficiente de Determinação R^2 de 0,79 que se aproxima de 1, traduzindo-se numa forte dependência linear (Rodrigues & Iemma, 2014). O modelo não apresenta problemas de autocorrelação nos resíduos pois a Estatística de *Durbin-Watson* está próxima de 2, tendo em conta que apenas valores menores que 1 ou maiores que 3 são preocupantes.

Os valores estimados para os parâmetros do modelo ajustado, considerando as variáveis explicativas que apresentaram uma correlação moderada face à variável de interesse (Apêndice G), de acordo com o Coeficiente de Correlação de *Pearson*, encontram-se na Tabela n.º10.

Tabela n.º10 – Coeficientes a,b das variáveis com correlação moderada para a mola A-1

Coefficients ^{a,b}					
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	3,524	1,658		,101
	Dist t S (ant)	,021	,006	1,141	,029
	Dist e M	-,045	,012	-1,080	,021
	Altura (cm)	-1,211	,910	-,369	,254

Fonte: Elaboração própria com recurso ao *IBM SPSS Statistics 26*

Na Tabela n.º10 as variáveis significativas deste modelo são a distância do tornozelo ao solo (lado anterior) e a distância entre maléolos, que se relacionam de forma positiva (aumentam as duas proporcionalmente) e negativa (uma aumenta e a outra diminui de forma proporcional) com a variável de interesse, respetivamente. Deste modo, o modelo obtido, do qual a variável altura faz parte, uma vez que o mesmo já integra todas as variáveis com $r > 0,3$ (Field, 2013), será:

$$\text{MET} = 3,524 + 0,021 \times \text{Distância do tornozelo ao solo (lado anterior)} - 0,045 \times \text{Distância entre maléolos} - 1,211 \times \text{Altura.}$$

A Tabela n.º11 espelha a análise da Estatística Residual que resultou do modelo de regressão linear múltipla obtido.

Tabela n.º11 – Estatística Residual do modelo da mola A-1

Residuals Statistics ^{a,b}								
	Tipo de Mola = A1 (Selected)				N	Tipo de Mola != A1		
	Minimu m	Maximu m	Mean	Std. Deviation		Minimu m	Maximu m	Mean
Predicted Value	-,16929	,19078	-,0028 7	,105640	8	-,23715	,23495	-,0511 3
Residual	-,07877 7	,061097	,00000 0	,053720	8	-,07544 0	,408967	,09541 4
Std. Predicted Value	-1,575	1,833	,000	1,000	8	-2,218	2,251	-,457
Std. Residual	-1,109	,860	,000	,756	8	-1,062	5,755	1,343

Fonte: Elaboração própria com recurso ao IBM SPSS Statistics 26

Em conformidade com o conteúdo da Tabela n.º11 a média dos resíduos está próxima de 0, o que implica que os dados de entrada no modelo foram estimados corretamente.

Para o grupo da mola A-2 (5 militares) obteve-se em SPSS o modelo de regressão linear múltipla que se encontra na Tabela n.º12.

Tabela n.º12 – Modelo extraído do *IBM SPSS Statistics 26* relativo à mola A-2

Model Summary ^{b,c}							
Model	R		R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson Statistic	
	Tipo de Mola = A2 (Selected)	Tipo de Mola ~ = A2 (Unselected)				Tipo de Mola = A2 (Selected)	Tipo de Mola ~ = A2 (Unselected)
1	1,000 ^a	,115	,999	,997	,005167	1,960	1,516

Fonte: Elaboração própria com recurso ao *IBM SPSS Statistics 26*

Pela interpretação da Tabela n.º12 tem-se um Coeficiente de Determinação R^2 de 0,999, o que se traduz numa forte dependência linear, na medida em que se aproxima de 1. Também não se verificam problemas de autocorrelação nos resíduos, pois a Estatística de *Durbin-Watson* está muito próxima de 2.

Seguidamente, na Tabela n.º13 encontram-se os valores estimados para os parâmetros do modelo ajustado, tendo em conta as variáveis explicativas que apresentaram correlação moderada face à variável de interesse (Apêndice G), de acordo com o Coeficiente de Correlação de *Pearson*.

Tabela n.º13 – Coeficientes a,b das variáveis com correlação moderada para a mola A-2

Coefficients ^{a,b}						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,475	,047		31,079	,020
	Dist t S (ant)	,003	,000	,276	8,817	,072
	Dist e M	-,025	,001	-1,077	-35,272	,018
	Dist t S (post)	-,002	,000	-,215	-6,877	,092

Fonte: Elaboração própria com recurso ao *IBM SPSS Statistics 26*

Percebe-se pela Tabela n.º13 que as variáveis significativas são a distância do tornozelo ao solo (lado anterior), distância do tornozelo ao solo (lado posterior) e a distância entre maléolos, sendo que a primeira se relaciona positivamente (aumentam as duas proporcionalmente) e as outras duas variáveis relacionam-se de forma negativa (uma aumenta e a outra diminui proporcionalmente) face à variável de interesse melhor resultado. Assim o modelo obtido será:

$$\text{MET} = 1,475 + 0,003 \times \text{Distância do tornozelo ao solo (lado anterior)} - 0,025 \times \text{Distância entre maléolos} - 0,002 \times \text{Distância do tornozelo ao solo (lado posterior)}.$$

À semelhança do que se fez para o grupo da mola A-1, agora também na mola A-2 se procurou verificar se ocorreram erros na estimativa dos dados na entrada do modelo. Para isso analisou-se a Estatística dos Resíduos, a qual se encontra na Tabela n.º14.

Tabela n.º14 – Estatística Residual do modelo da mola A-2

	Tipo de Mola = A2 (Selected)					Tipo de Mola != A2		
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N	Minimum	Maximum	Mean
Predicted Value	-,08237	,16093	,01520	,092101	5	-,10761	,05854	-,00932
Residual	-,002853	,003107	,000000	,002584	5	-,177380	,321611	,030422
Std. Predicted Value	-1,059	1,582	,000	1,000	5	-1,333	,471	-,266
Std. Residual	-,552	,601	,000	,500	5	-	62,241	5,888
						34,328		

Fonte: Elaboração própria com recurso ao *IBM SPSS Statistics 26*

A Tabela n.º14 mostra que a média dos resíduos está muito próxima do zero, pelo que não foram cometidos erros ao estimar os dados na entrada do modelo. Tal como já foi referido anteriormente, para o grupo da mola F-1 não se efetuou ajustamento de modelos, na medida em que, só existem 2 militares para o estudo (2 resultados).

CAPÍTULO 5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

5.1. Fase de Identificação de Requisitos

Como referido anteriormente na seção 3.2, esta fase resultou do cruzamento de informação entre consulta de doutrina e análise documental, dos resultados dos vários inquéritos realizados, das observações estruturadas não participantes, bem como de pesagens no âmbito do Obus M114.

Através da análise documental, tem-se que uma carga de 20kg será considerada pesada em tarefas de elevada frequência, e em movimentos ocasionais esse valor passará para os 30kg (Ministério do Emprego e da Segurança Social, 1993). As pesagens dos serventes da Secção do MAFF e da Secção do RA5, revelaram que na posição de “suspender-força” um servente tem de elevar uma carga média de $62,5 \pm 16,2\text{kg}$ que se perfaz bastante superior ao estabelecido por lei. Nesta tarefa, os militares menos pesados ($63,2\text{kg}$ e $62,5\text{kg}$ – ambos femininos), foram os que suspenderam cargas maiores ($74,8 \pm 0,7\text{kg}$), ao invés dos militares mais pesados ($84,3\text{kg}$ e $86,1\text{kg}$) que apresentam valores menores ($52,7 \pm 1,2\text{kg}$). As cargas, que os militares com peso compreendido entre as duas classes mencionadas ($77,3\text{kg}$ e $79,7\text{kg}$) suspenderam, também se encontram compreendidas neste intervalo ($59,9 \pm 0,7\text{kg}$). Tal facto, indica que quanto menos pesado for um militar maior será a carga que terá de suspender, revelando-se o peso um fator preponderante. Existe ainda material e palamenta (Apêndice A) que os serventes têm de manusear e transportar, cujo peso ultrapassa igualmente o que legalmente se encontra estabelecido.

Um exosqueleto no âmbito operacional de Artilharia com o Obus M114 será importante na realização de tarefas como é a de “suspender-força”. Face ao valor médio obtido para um servente ($62,5 \pm 16,2\text{kg}$), tendo em conta o limite de 30kg supramencionado, o exosqueleto deverá auxiliar a realização desta tarefa, no sentido de facilitar o levantamento dos $32,5 \pm 16,2\text{kg}$ ($62,5 \pm 16,2\text{kg} - 30 \pm 0\text{kg}$) de carga excessiva e mitigar possíveis riscos de lesão. A sua utilização não deverá impor constrangimentos ao movimento ou desconforto ao utilizador militar (Bosch et al., 2016), relativos ao peso e volume excessivos, ou por fatores mecânicos como o atrito ou desalinhamento com as articulações anatómicas (Walsh et al., 2007). É fulcral que os exosqueletos, futuramente concebidos para apoio em tarefas no âmbito da Artilharia, sejam o resultado da análise das características biomecânicas e fisiológicas do militar. Também deverá avaliar-se o efeito psicofisiológico do militar ao usar este dispositivo mecânico, através de Escalas como a de *Borg* Modificada e a de *Soreness*.

Pode-se considerar que a pergunta derivada nº1, “Quais as condições e restrições de aplicabilidade dos exosqueletos em ambiente operacional?”, está parcialmente respondida.

No que diz respeito aos inquéritos há que ter em conta dois pilares fundamentais, os quais se prendem com a Avaliação de Perceção de Dor e com a Avaliação de Perceção de Esforço, em função das tarefas que cada servente executa e de acordo com as Escalas de *Borg* Modificada e de *Soreness*. Como complemento é ainda necessário considerar os resultados dos registos da OENP. Durante e após exercícios de contexto operacional de Artilharia com o Obus M114, a generalidade dos serventes apresentam sintomas de dor. A região lombar assume-se como a mais afetada, precedendo-se os joelhos, ombros e região trapezoidal. Estes sintomas, aumentam de forma gradual desde o Reconhecimento até à Saída de Posição, sendo esta a fase mais exigente. De acordo com o QAPD e com a Escala de *Soreness*, antes de se entrar em posição os serventes não têm dores significativas. Após entrarem em posição já existem dores moderadas e severas, as quais se agravam na fase de Saída de Posição. Estas dores moderadas e severas poderão resultar em limitações ou na impossibilidade destes militares realizarem algumas tarefas do seu quotidiano (Tripathi & Kumar, 2014).

Em consonância com a Escala de *Borg* Modificada (Anexo A), os QAPE mostraram que ao nível da exigência muscular das tarefas que causaram dor aos serventes, as tarefas de levantamento de pesos com e sem agachamento são mais exigentes para o S5 e S8, sendo em média muito forte ([7;10]). Esta exigência muscular, é motivada sobretudo pelo “suspender-força”, transporte dos ferrões e das munições, em conformidade com o que o registo da OENP reflete. Relativamente ao transporte de material pesado, correr e subir/trepar a locais altos estas tarefas assumem-se como tendo uma maior exigência muscular para o S7 de acordo com os questionários. A exigência é muito forte ([7;10]), moderada ([3;5]), e fraca ([2;3]), respetivamente. Tal facto, em conformidade com a OENP, deriva de o S7 ser o servente que em todas as fases do REOP é o mais solicitado em termos de corrida, mas também no transporte de material pesado e a subir/trepar a locais altos. A tarefa de caminhar não causou qualquer tipo de sintoma de dor aos militares da Secção.

Face ao anteriormente exposto, pode concluir-se que existe correspondência e complementaridade entre a doutrina e os resultados obtidos com os inquéritos, registo da observação estruturada não participante e pesagens efetuadas.

Um exosqueleto, em contexto operacional de Artilharia, deverá auxiliar em tarefas de transporte e manuseamento de cargas, bem como de corrida. Pode-se considerar que a pergunta derivada nº2, “Quais as atividades operacionais de Artilharia em que o emprego

dos exosqueletos se assume como sendo uma mais valia?”, se encontra parcialmente respondida.

5.2. Fase de Trabalho Experimental

Dos modelos de regressão linear múltipla que se obtiveram na análise estatística do *IBM SPSS Statistics 26*, pode extrair-se informação importante relativamente às correlações existentes entre os dados antropométricos em estudo e os melhores resultados metabólicos obtidos nos ensaios (em MET e em função do tipo de mola A-1, A-2 e F-1). Correram-se vários modelos de regressão linear múltipla por grupos de molas, contudo para o grupo da mola F-1 que só tem 2 resultados, optou-se por não se proceder ao ajustamento de modelos.

O modelo obtido da mola A-1, e de acordo com o Coeficiente de Correlação de *Pearson* e o Coeficiente de Correlação de *Spearman*, revela que as variáveis significativas são a distância do tornozelo ao solo – lado anterior (correlação positiva – aumenta proporcionalmente face ao custo metabólico) e a distância entre maléolos (correlação negativa – diminui proporcionalmente em relação ao gasto metabólico ou vice-versa). A altura integra o modelo pois este integra todas as variáveis com $r > 0,3$ (Field, 2013). Este modelo não apresentou erros na estimativa dos dados nem problemas de autocorrelação nos resíduos, pois a média dos resíduos está próxima de zero e a Estatística de *Durbin-Watson* está próxima de 2. Assim, é possível estimar os resultados dos gastos metabólicos com a mola A-1, através do modelo obtido: $MET = 3,524 + 0,021 \times \text{Distância do tornozelo ao solo (lado anterior)} - 0,045 \times \text{Distância entre maléolos} - 1,211 \times \text{Altura}$.

Relativamente à mola A-2, e tendo por base o Coeficiente de Correlação de *Pearson* e o Coeficiente de Correlação de *Spearman*, as variáveis significativas foram a distância do tornozelo ao solo – lado anterior, a distância do tornozelo ao solo – lado posterior e a distância entre maléolos. A primeira correlaciona-se positivamente face aos gastos metabólicos, enquanto que as restantes de forma negativa. À semelhança da mola A-1, também não foram identificados problemas na estimativa de dados (*Durbin-Watson* próxima de 2) e autocorrelação dos resíduos (média próxima de 0). Assim, é possível estimar o valor dos resultados metabólicos com a utilização da mola A-2, através do seguinte modelo: $MET = 1,475 + 0,003 \times \text{Distância do tornozelo ao solo (lado anterior)} - 0,025 \times \text{Distância entre maléolos} - 0,002 \times \text{Distância do tornozelo ao solo (lado posterior)}$.

Considera-se que a pergunta derivada nº3, “Quais os dados antropométricos revelantes para o projeto e desenvolvimento do exosqueleto?”, está agora parcialmente respondida.

CONCLUSÕES

A presente investigação enquadra-se na avaliação de um exosqueleto em ambiente operacional tipicamente artilheiro. Numa primeira fase, a necessidade de se identificarem requisitos para aplicação militar de um exosqueleto revelou-se de extrema importância. Nesse sentido, consultou-se doutrina, aliada ao trabalho de campo caracterizado por filmagens, pesagens, registo de observações e inquéritos, que se materializou na participação num Exercício Tático no âmbito da formação. Ao acompanhar-se este exercício de Artilharia com o emprego do Obus M114 155m/23, procurou-se obter informação relativa à atividade operacional, bem como às sensações que cada militar da Secção experiencia na execução das suas tarefas.

Relativamente à pergunta derivada nº1, “Quais as condições e restrições de aplicabilidade dos exosqueletos em ambiente operacional?”, um exosqueleto para que seja funcional deverá ser capaz de colmatar cargas que os militares tenham dificuldade em suportar. No caso do Obus M114, um exosqueleto deverá ser capaz de auxiliar a levantar $32,5 \pm 16,2$ kg de carga excessiva na tarefa de “suspende-força”, de modo a que se mitiguem possíveis lesões nos militares que integram a Secção. É importante que estes exosqueletos sejam leves e ergonómicos, com volume reduzido, alinhados com as articulações anatómicas dos militares, e confortáveis visando a sua utilização durante longos períodos.

No que concerne à pergunta derivada nº2, “Quais as atividades operacionais de Artilharia em que o emprego dos exosqueletos se assume como sendo uma mais valia”, o exosqueleto deverá auxiliar em tarefas de redução do esforço ao nível da marcha e de transporte e manuseamento de cargas, como é o caso do “suspende-força” aquando do emprego do Obus M114.

É fundamental que os exosqueletos supramencionados sejam concebidos através da análise das características biomecânicas e fisiológicas do militar. Deste modo, e no que diz respeito à pergunta derivada nº3, “Quais os dados antropométricos revelantes para o projeto e desenvolvimento do exosqueleto?”, conclui-se que a distância do tornozelo ao solo – lado anterior e a distância entre maléolos nas molas A-1 e A-2, a altura na mola A-1 e a distância do tornozelo ao solo – lado posterior na mola A-2, são os dados antropométricos a ter em conta no desenvolvimento do projeto de exosqueleto em estudo. Embora de forma preliminar, devido ao tamanho reduzido da amostra, foi possível definir um método que estima a redução dos gastos metabólicos durante a marcha para as molas A-1 e A-2, com base nos dados antropométricos do utilizador, permitindo selecionar a solução mais adequada.

Assim, torna-se possível dar resposta à pergunta de partida “Quais os contributos da utilização de um exosqueleto para incrementar o rendimento do soldado de Artilharia e reduzir o risco de lesão?”. Os exosqueletos no âmbito de Artilharia poderão ser utilizados para auxiliar em tarefas de redução do nível de esforço da marcha, e no transporte e manuseamento de cargas. Mais concretamente, em tarefas como a do “suspender-força” empregando o Obus M114, em que os $62,5 \pm 16,2$ kg suportados por cada servente ultrapassam os 30kg definidos como limite legal, os exosqueletos poderão contribuir para a redução nos níveis de lesão. Adicionalmente, para aumentar o seu nível de eficiência, deverá ter-se atenção a características ergonómicas, considerando-se os dados antropométricos dos militares, como a distância do tornozelo ao solo – lado anterior e posterior, a altura e a distância entre maléolos.

Como constrangimentos ao presente trabalho é importante referir que a amostra de 17 militares nos inquéritos e de 15 militares na recolha dos dados antropométricos se revelou diminuta face ao esperado. O objetivo inicial do trabalho incluía a participação no Exercício do novo curso de operadores M114 no RA5 e no Exercício *Strong Impact*, bem como a recolha dos dados da totalidade da amostra que realizou o ensaio com os exosqueletos (30 voluntários). Porém, face à conjuntura nacional, associada à pandemia do Covid-19, tal não foi possível. Por outro lado, o facto de apenas haver uma Secção no Exercício que se acompanhou no RA5 contribuiu cumulativamente para uma amostra mais reduzida. Como a Secção é composta pelo Cmdt Sec e 9 serventes, ocorreram algumas dificuldades no preenchimento do registo da OENP, na medida em que, apenas uma pessoa esteve a avaliar cada servente de modo individual.

Futuramente, considera-se que é fulcral que os operadores do Obus M114 sejam alvo de uma formação ao nível de transporte e movimentação manual de cargas, com o intuito de aumentar o seu nível de prontidão e reduzir a possibilidade de ocorrência de lesões. A continuidade do presente estudo encontra-se assegurada, através do projeto ELITE, alargando a amostra envolvida em ambas as fases, potenciando assim os resultados obtidos. Atualmente, o Exército Português atravessa um período difícil em virtude do défice de militares nas suas fileiras. De modo a que este efetivo não se torne ainda mais reduzido, os exosqueletos assumem-se como sendo uma solução viável e funcional para reduzir a percentagem de militares lesionados, aquando da execução destas tarefas fisicamente exigentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apkarian, A. V. (2008, Agosto). Pain perception in relation to emotional learning. *Current Opinion in Neurobiology*. doi:10.1016/j.conb.2008.09.012.
- Army Technology. (2009). Human Universal Load Carrier (HULC). In *Army Technology*. Acedido a 6 de março de 2020 em <https://www.army-technology.com/projects/human-universal-load-carrier-hulc/>.
- Assembleia da República. (2019). Diário da República Decreto-Lei n.º 79/2019, 1.ª Série, Nº113, de 2019-06-14, Pág. 2972-2978. Acedido a 14 de março de 2020 em www.dre.pt.
- Bachkosky, J., Andrews, M., & Douglass, R. (2007). Lightening the Load. Technical Report NRAC-07-02. *Naval Research Advisory Committee*, 31(5), 520–523. Acedido a 15 de março de 2020 em https://www.onr.navy.mil/-/media/Files/history/nrac-reports/2007_rpt_lightening_the_load.ashx?la=en.
- Baechle, D. M. (2013). *MAXFAS: A mobile arm exoskeleton for firearm aim stabilization*. Acedido a 6 de abril de 2020 em http://udspace.udel.edu/bitstream/handle/19716/12638/Daniel_Baechle_thesis.pdf?sequence=1.
- Barreira, V. M. S. (2011). A artilharia no Exército Português. *Tecnologia Militar*, 33 (3), 21–24. Acedido a 4 de março de 2020 em <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=66935246&lang=pt-pt&site=ehost-live>.
- Bertram, J. E. A., & Ruina, A. (2001). Multiple walking speed-frequency relations are predicted by constrained optimization. *Journal of Theoretical Biology*, 209(4), 445–453. doi:10.1006/jtbi.2001.2279.
- Birrell, S. A., & Hooper, R. H. (2007). Initial Subjective Load Carriage Injury Data Collected with Interviews and Questionnaires. *Military Medicine*, 172(3), 306–311. doi:10.7205/milmed.172.3.306.
- Borg, G. A. V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 14(5), 377–381. doi:10.1249/00005768-198205000-00012.
- Borg, G. A. V. (1998). *Borg's Perceived exertion and pain scales*. Human Kinetics.
- Bosch, T., van Eck, J., Knitel, K., & de Looze, M. (2016). The effects of a passive exoskeleton on muscle activity, discomfort and endurance time in forward bending work. *Applied Ergonomics*, 54, 212–217. doi:10.1016/j.apergo.2015.12.003.
- Chen, B., Ma, H., Qin, L. Y., Gao, F., Chan, K. M., Law, S. W., Liao, W. H. (2016). Recent developments and challenges of lower extremity exoskeletons. *Journal of Orthopaedic*

- Translation*. 5, 26–37. doi:10.1016/j.jot.2015.09.007.
- Collins, J. J., De Luca, C. J., Burrows, A., & Lipsitz, L. A. (1995). Age-related changes in open-loop and closed-loop postural control mechanisms. *Experimental Brain Research*, 104(3), 480–492. doi:10.1007/BF00231982.
- Collins, S. H., Bruce Wiggin, M., & Sawicki, G. S. (2015). Reducing the energy cost of human walking using an unpowered exoskeleton. *Nature*, 522(7555), 212–215. doi:10.1038/nature14288.
- Cotten, S. R., Tashakkori, A., & Teddlie, C. (1999). Mixed Methodology: Combining Qualitative and Quantitative Approaches. *Contemporary Sociology*, 28(6), 752. doi:10.2307/2655606.
- Donelan, J. M., Kram, R., & Kuo, A. D. (2001). Mechanical and metabolic determinants of the preferred step width in human walking. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 268(1480), 1985–1992. doi:10.1098/rspb.2001.1761.
- Donelan, J. Maxwell, Kram, R., & Kuo, A. D. (2002). Mechanical work for step-to-step transitions is a major determinant of the metabolic cost of human walking. *Journal of Experimental Biology*, 205(23), 3717–3727.
- Elliott, G., Marecki, A., & Herr, H. (2014). Design of a clutch-spring knee exoskeleton for running. *Journal of Medical Devices, Transactions of the ASME*, 8(3). doi:10.1115/1.4027841.
- Estado Maior do Exército [EME]. (1988). *MC 20-15 - Bateria de Bocas de Fogo de Artilharia de Campanha*. Lisboa: Exército Português.
- Estado Maior do Exército [EME]. (1991a). *MC 20-48 Instrução do Artilheiro Servente do Obus M114 155mm/23*. Lisboa: Exército Português.
- Estado Maior do Exército [EME]. (1991b). *Manual do Obus 155mm M114 A1*. Lisboa: Exército Português.
- Estado Maior do Exército [EME]. (2003). *MT 20-50 Manual do Obus M119 105mm LG/30/m98*. Lisboa: Exército Português.
- Estado Maior do Exército [EME]. (2004). *MC 20-100 Manual De Tática De Artilharia De Campanha*. Lisboa: Exército Português.
- Ferreira, R. (2019). *Análise e desenvolvimento do conceito de Exosqueleto para aplicação em ambiente operacional*. Trabalho de Investigação Aplicada, Mestrado em Ciências Militares na Especialidade de Artilharia, Lisboa.
- Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics, 4th Edition by Andy Field*.

- Fontana, M., Vertechy, R., Marcheschi, S., Salsedo, F., & Bergamasco, M. (2014). The body extender: A full-body exoskeleton for the transport and handling of heavy loads. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 21(4), 34–44. doi:10.1109/MRA.2014.2360287.
- GAC Brig/Int. (2017). NEP de Destacamento de Reconhecimento/ Seção de Quartéis, nº 306.
- Gui, L., Yang, Z., Yang, X., Gu, W., & Zhang, Y. (2007). Design and control technique research of Exoskeleton Suit. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics, ICAL 2007* (pp. 541–546). IEEE. doi:10.1109/ICAL.2007.4338624.
- Herr, H. (2009). Exoskeletons and orthoses: classification, design challenges and future directions. doi:10.1186/1743-0003-6-21.
- Jacobsen, C. S. (2007). On the development of XOS, a powerful exoskeletal robot. *Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, San Diego, CA, 2007*.
- Kazerooni, H. (2006). The Berkeley Lower Extremity Exoskeleton. In Springer Springer-Verlag, *Springer Tracts in Advanced Robotics*. (Vol.21, pp.9–15). doi:10.1007/978-3-540-33453-8_2.
- Lee, H., Kim, W., Han, J., & Han, C. (2012). The technical trend of the exoskeleton robot system for human power assistance. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 13(8), 1491–1497. doi:10.1007/s12541-012-0197-x.
- Lim, D., Kim, W., Lee, H., Kim, H., Shin, K., Park, T., Han, C. (2015). Development of a lower extremity Exoskeleton Robot with a quasi-anthropomorphic design approach for load carriage. In *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*. 5345–5350. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. doi:10.1109/IROS.2015.7354132.
- Lockheed Martin Corporation. (2016). FORTIS ® EXOSKELETON RELIEF FOR THE DAILY GRIND. In *Lockheed Martin Corporation*. Acedido a 22 de março de 2020 em <https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed-martin/mfc/pc/exoskeleton-technologies/mfc-fortis-pc.pdf>.
- López-Méndez, S., Martínez-Tejada, V., & Fidel Valencia-García, M. (2020). Development of an armored upper limb exoskeleton Desarrollo de un exoesqueleto de armadura para miembro superior, (95), 109–117. doi:10.17533/udea.redin.20191148.
- Malcolm, P., Derave, W., Galle, S., & De Clercq, D. (2013). A Simple Exoskeleton That Assists Plantarflexion Can Reduce the Metabolic Cost of Human Walking. *PLoS ONE*, 8(2), 1–7. doi:10.1371/journal.pone.0056137.
- Mattacola, C. G., Perrin, D. H., Gansneder, B. M., Allen, J. D., & Mickey, C. A. (1997). A

- comparison of visual analog and graphic rating scales for assessing pain following delayed onset muscle soreness. *Journal of Sport Rehabilitation*, 6(1), 38–46. doi:10.1123/jsr.6.1.38.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology : nutrition, energy, and human performance*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Ministério do Emprego e da Segurança Social. (1993). Diário da República Decreto-Lei n.º 226/1993, Série I-A de 1993-09-25, Pub. L. No. 330/93, 5391.
- Mooney, L. M., & Herr, H. M. (2016). Biomechanical walking mechanisms underlying the metabolic reduction caused by an autonomous exoskeleton. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 13(1), 4. doi:10.1186/s12984-016-0111-3.
- Mooney, L. M., Rouse, E. J., & Herr, H. M. (2014). Autonomous exoskeleton reduces metabolic cost of human walking during load carriage. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 11(1), 80. doi:10.1186/1743-0003-11-80.
- Mosher, R. S. (1968). Handyman to Hardiman. *SAE Transactions*. SAE International. doi:10.2307/44553483.
- Mudie, K. L., Boynton, A. C., Karakolis, T., O'Donovan, M. P., Kanagaki, G. B., Crowell, H. P., Billing, D. C. (2018). Consensus paper on testing and evaluation of military exoskeletons for the dismounted combatant. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(11), 1154–1161. doi:10.1016/j.jsams.2018.05.016.
- Norton, K. I. (2019). Standards for Anthropometry Assessment. In *Kinanthropometry and Exercise Physiology* (pp. 68–137). Routledge. doi:10.4324/9781315385662-4.
- Orr, R. M., Pope, R., Coyle, J., & Johnston, V. (2015). Occupational loads carried by Australian soldiers on military operations. *Journal of Health, Safety and Environment*, 31(1), 451–467. Acedido a 6 de abril de 2020 em <https://www.researchgate.net/publication/278782723> Operational Loads Carried by Australian Soldiers on Military Operations.
- Panizzolo, F. A., Galiana, I., Asbeck, A. T., Siviyy, C., Schmidt, K., Holt, K. G., & Walsh, C. J. (2016). A biologically-inspired multi-joint soft exosuit that can reduce the energy cost of loaded walking. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 13(1), 43. doi:10.1186/s12984-016-0150-9.
- Pearson, K. (1896). Mathematical Contributions to the Theory of Evolution. III. Regression, Heredity, and Panmixia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character*. Royal Society. doi:10.2307/90707.

- Pinheiro, P., Quinto, L., Gonçalves, S. B., & Silva, M. T. (2019). Analysis of the Performance of a Passive Ankle Exoskeleton for Reduction of the Metabolic Costs in Gait.
- Pinheiro, P. (2018). *Development and Analysis of a Passive Ankle Exoskeleton for Reduction of Metabolic Costs in Gait. Tese de Mestrado em Instituto Superior Técnico, Lisboa.*
- Quivy, R., & Campenhoudt, L. Van. (2005). Manual de Investigação em Ciências Sociais. *Gradiva, 1*, 143.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Andreacci, J. (2003). Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale for Resistance Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 35*(2), 333–341. doi:10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A.
- Robertson, R. J., & Noble, B. J. (1997). Perception of physical exertion: methods, mediators, and applications. *Exercise and sport sciences reviews, 25*, 407–452. Acedido a 3 de maio de 2020 em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9213100>.
- Rodrigues, M. I., & Iemma, A. F. (2014). *Experimental design and process optimization. Experimental Design and Process Optimization.* CRC Press. doi:10.1201/b17848.
- Royer, T. D., & Martin, P. E. (2005). Manipulations of Leg Mass and Moment of Inertia: Effects on Energy Cost of Walking. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 37*(4), 649–656. doi:10.1249/01.MSS.0000159007.56083.96.
- Santos, P. dos. (2011). As Armas e as Munições de Artilharia de Campanha. *Boletim de Informação e Divulgação da EPA, Ano XI/II*, 26–27. Acedido a 22 de março de 2020 em <http://livrozilla.com/doc/679444/as-armas-e-as-munições-na-artilharia-de-campanha>.
- Sawicki, G. S., & Ferris, D. P. (2008). Mechanics and energetics of level walking with powered ankle exoskeletons. *Journal of Experimental Biology, 211*(9), 1402–1413. doi:10.1242/jeb.009241.
- Schiffman, J. M., Gregorczyk, K. N., Bense, C. K., Hasselquist, L., & Obusek, J. P. (2008). The effects of a lower body exoskeleton load carriage assistive device on limits of stability and postural sway. *Ergonomics, 51*(10), 1515–1529. doi:10.1080/00140130802248084.
- Schnieders, T. M., Stone, R. T., Oviatt, T., & Danford-Klein, E. (2017). ARCTiC LawE: An Upper-Body Exoskeleton for Firearm Training. *Augmented Human Research, 2*(1), 1–10. doi:10.1007/s41133-017-0004-4.
- Teixeira, F. (2018). Movimentação Manual de Cargas. *ACT - Autoridade para as*

Condições do Trabalho, 1–15. Acedido a 31 de março de 2020 em [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/crc/PublicacoesElectronicas/Factoresderisco/Documents/GUIA_PRATICO_MMC_20180327.pdf](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/crc/PublicacoesElectronicas/Factoresderisco/Documents/GUIA_PRATICO_MMC_20180327.pdf).

- Tripathi, L., & Kumar, P. (2014). Challenges in pain assessment: Pain intensity scales. *Indian Journal of Pain*, 28(2), 61. doi:10.4103/0970-5333.132841.
- Ueda, T., Nabetani, T., & Teramoto, K. (2006). Differential Perceived Exertion Measured Using a New Visual Analogue Scale during Pedaling and Running. *Journal of Physiological Anthropology*, 25(2), 171–177. doi:10.2114/jpa2.25.171.
- Walsh, C. J., Endo, K., & Herr, H. (2007). A quasi-passive leg exoskeleton for load-carrying augmentation. *International Journal of Humanoid Robotics*, 4(3), 487–506. doi:10.1142/S0219843607001126.
- Yeem, S., Heo, J., Kim, H., & Kwon, Y. (2019). Technical Analysis of Exoskeleton Robot. *World Journal of Engineering and Technology*, 7, 68–79. doi:10.4236/wjet.2019.71004.
- Yelling, M., Lamb, K. L., & Swaine, I. L. (2002). Validity of a Pictorial Perceived Exertion Scale for Effort Estimation and Effort Production During Stepping Exercise in Adolescent Children. *European Physical Education Review*, 8(2), 157–175. doi:10.1177/1356336X020082007.
- Young, A. J., & Ferris, D. P. (2017). State of the art and future directions for lower limb robotic exoskeletons. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 25(2), 171–182. doi:10.1109/TNSRE.2016.2521160.
- Zárate, J. (2001). *Ergonomía – Capítulo VIII: Análisis de Tareas de Movimiento Manual de Cargas*. 1ª Edição. Madrid: Editorial MAPFRE.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PALAMENTA E MATERIAL DO OBUS M114

Tabela n.º15 – Palamenta e Material do Obus M114

TIPO DE MATERIAL	REPRESENTAÇÃO DO PALAMENTA	PESO DO MATERIAL
Ferrões		77,5kg
Munição do Obus M114 A1 155mm/23		43,0kg
Plataforma		42,1kg
Caixa de transporte (ferramentas, transporte do quadrante, entre outros)		38,2kg

APÊNDICE B – REGISTO DA OBSERVAÇÃO ESTRUTURADA NÃO PARTICIPANTE

Tabela n.º16 – Registo de observação utilizado

Cmdt Sec							
	Caminhar	Correr	Lev. Peso c/ Agach.	Lev. Peso s/ Agach.	Transp. Mat. Pesado	Subir/Trepar	Outro(s)
F r e q u ê n c i a	[0;10]m	[0;10]m	[3;15]kg	[3;15]kg	[3;15]kg	[1;3]m	
	]10;50]m	]10;50]m	]15;20]kg	]15;20]kg	]15;20]kg	]3;5]m	
	]50;100]m	]50;100]m	]20;25]kg	]20;25]kg	]20;25]kg	]5;10]m	
	]100;200]m	]100;200]m	]25;30]kg	]25;30]kg	]25;30]kg	]10;15]m	
	]200;500]m	]200;500]m	]30;40]kg	]30;40]kg	]30;40]kg	]15;20]m	
	Outros	Outros	+40kg	+40kg	+40kg	+20	
S1 (servente apontador)							
	Caminhar	Correr	Lev. Peso c/ Agach.	Lev. Peso s/ Agach.	Transp. Mat. Pesado	Subir/Trepar	Outro(s)
F r e q u ê n c i a	[0;10]m	[0;10]m	[3;15]kg	[3;15]kg	[3;15]kg	[1;3]m	
	]10;50]m	]10;50]m	]15;20]kg	]15;20]kg	]15;20]kg	]3;5]m	
	]50;100]m	]50;100]m	]20;25]kg	]20;25]kg	]20;25]kg	]5;10]m	
	]100;200]m	]100;200]m	]25;30]kg	]25;30]kg	]25;30]kg	]10;15]m	
	]200;500]m	]200;500]m	]30;40]kg	]30;40]kg	]30;40]kg	]15;20]m	
	Outros	Outros	+40kg	+40kg	+40kg	+20	
S2 (servente da culatra)							
	Caminhar	Correr	Lev. Peso c/ Agach.	Lev. Peso s/ Agach.	Transp. Mat. Pesado	Subir/Trepar	Outro(s)
F r e q u ê n c i a	[0;10]m	[0;10]m	[3;15]kg	[3;15]kg	[3;15]kg	[1;3]m	
	]10;50]m	]10;50]m	]15;20]kg	]15;20]kg	]15;20]kg	]3;5]m	
	]50;100]m	]50;100]m	]20;25]kg	]20;25]kg	]20;25]kg	]5;10]m	
	]100;200]m	]100;200]m	]25;30]kg	]25;30]kg	]25;30]kg	]10;15]m	
	]200;500]m	]200;500]m	]30;40]kg	]30;40]kg	]30;40]kg	]15;20]m	
	Outros	Outros	+40kg	+40kg	+40kg	+20	

APÊNDICE C – CONSENTIMENTO INFORMADO DOS INQUÉRITOS REALIZADOS AOS MILITARES



Declaração de Consentimento Informado, Esclarecido e Livre

Entidades Promotoras: Academia Militar (AM) e Instituto Superior Técnico (IST).

Investigadores Responsáveis pelo Estudo:

- Luís Filipe Pratas Quinto (Academia Militar, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa)
- Miguel Tavares da Silva (LAETA, IDMEC, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa)
- Sérgio Barroso Gonçalves (IDMEC, Instituto Superior Técnico)
- Ivo Fialho Roupá (IDMEC, Instituto Superior Técnico)
- Nuno Guilherme de Matos Fernandes Augusto Ribeiro (Academia Militar)

Nome do Estudo: Avaliação da utilização de um Exosqueleto passivo em ambiente operacional

Participação voluntária: A sua participação é voluntária e pode recusar-se a participar ou retirar-se a qualquer momento, sem qualquer tipo de consequências para si. No caso de decidir abandonar o estudo, a sua relação com a Academia Militar não será afetada.

Benefícios da participação: O presente estudo não contempla uma compensação direta para o voluntário. Contudo, os resultados obtidos permitirão aumentar a base de dados de movimentos do Laboratório de Biomecânica de Lisboa, com vista à sua utilização em futuros trabalhos de investigação, podendo desta forma vir a beneficiá-lo ou a outras pessoas no futuro. Os dados serão igualmente usados para validação e aperfeiçoamento dos modelos computacionais desenvolvidos no Instituto Superior Técnico e na Academia Militar.

Confidencialidade dos dados e anonimato: Apenas os responsáveis e investigadores participantes no estudo terão acesso detalhado aos dados recolhidos. Após término do estudo, os dados serão arquivados e a confidencialidade dos mesmos, assim como o anonimato, garantido.

Divulgação dos dados: A confidencialidade do paciente estará sempre salvaguardada, sendo que apenas dados de carácter científico poderão ser divulgados. Não serão apresentadas nem partilhadas informações de cariz pessoal e imagens nas quais seja possível identificar o voluntário. Será esperado apresentar os resultados do estudo em seminários, conferências e revistas científicas da especialidade.

Esclarecimentos: Para qualquer questão relacionada com a sua participação, não hesite em contactar o investigador responsável pelo estudo: nunor96@hotmail.com

Autorização para Participação no Ensaio

Li ou foi-me lido o presente documento e estou consciente do que esperar quanto à minha participação no estudo acima mencionado. Tive a oportunidade de colocar todas as questões que pretendi e as repostas esclareceram todas as minhas dúvidas. Assim, declaro que aceito voluntariamente participar neste estudo. Informo igualmente que foi dada, a mim ou ao meu representante, uma cópia deste documento devidamente assinado por um dos responsáveis pelo estudo.

Nome Participante: _____

Data: __/__/

Nome do Investigador: _____

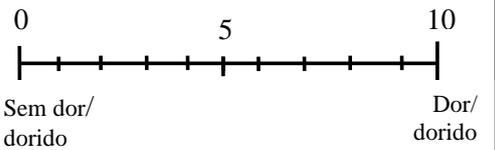
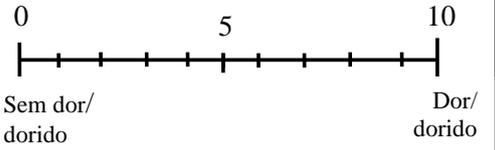
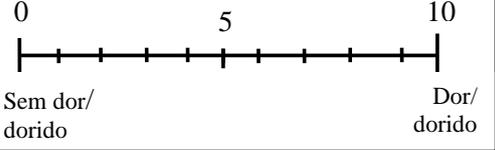
Data: __/__/

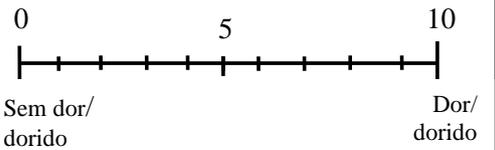
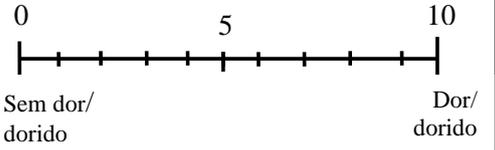
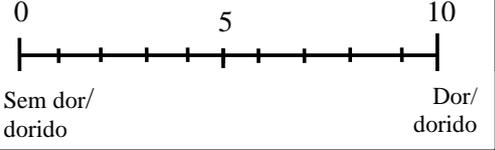
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE PERCEÇÃO DE DOR

Questionário de Dor/Dorido Muscular

Instruções:

- Assinale com um (X) a linha correspondente ao nível de dor/ dorido muscular que sente durante um agachamento, resultante do protocolo de exercícios;
- Por cada nova posição ocupada preencha uma tabela.

POSIÇÃO OCUPADA: _____	NÍVEL DE DOR/DORIDO MUSCULAR
Antes de entrar em posição execute um agachamento e de imediato, na figura ao lado, assinale com um (X) o seu nível de dor.	
Após a entrada em posição, e assim que a palamenta esteja toda descarregada execute um agachamento e de imediato, na figura ao lado, assinale com um (X) o seu nível de dor.	
Após a saída de posição, e assim que a palamenta esteja toda carregada na viatura execute um agachamento antes de embarcar e de imediato, na figura ao lado, assinale com um (X) o seu nível de dor.	

POSIÇÃO OCUPADA: _____	NÍVEL DE DOR/DORIDO MUSCULAR
Antes de entrar em posição execute um agachamento e de imediato, na figura ao lado, assinale com um (X) o seu nível de dor.	
Após a entrada em posição, e assim que a palamenta esteja toda descarregada execute um agachamento e de imediato, na figura ao lado, assinale com um (X) o seu nível de dor.	
Após a saída de posição, e assim que a palamenta esteja toda carregada na viatura execute um agachamento antes de embarcar e de imediato, na figura ao lado, assinale com um (X) o seu nível de dor.	

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE PERCEÇÃO DE ESFORÇO

26/02/2020

Questionário de Avaliação de Esforço

Questionário de Avaliação de Esforço

Este inquérito encontra-se inserido no âmbito de estudo da avaliação de um exosqueleto passivo para aplicação em ambiente operacional. Pretende avaliar a perceção do esforço físico do combatente de Artilharia, de acordo com a Escala de Borg Modificada, durante e após a execução de Missões de Tiro realizadas com o Obus M114A1 155mm/23.

Tenha atenção que no preenchimento deste questionário:

1. Grande parte das questões foram elaboradas com o intuito de serem respondidas com base na Escala de Borg Modificada, traduzindo a sua opinião em relação ao assunto em estudo.
Assinale a sua resposta com um (X) ou enumere.
2. Responda às questões com o máximo de sinceridade possível, uma vez que não existem respostas corretas nem incorretas.
3. Todas as suas respostas são confidenciais e anónimas.
4. Ainda que alguma questão se revele difícil de responder tente fazê-lo da melhor forma possível, sem deixar respostas em branco.
5. Em caso de dúvida não tenha qualquer tipo de hesitação e interrogue de imediato o investigador presente.

Investigadores responsáveis pelo estudo:

- .Nuno Guilherme de Matos Fernandes Augusto Ribeiro (Academia Militar)
- .Luís Filipe Pratas Quinto (Academia Militar, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa)
- .Miguel Tavares da Silva (LAETA, IDMEC, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa)
- .Sérgio Barroso Gonçalves (IDMEC, Instituto Superior Técnico)
- .Ivo Fialho Roupa (IDMEC, Instituto Superior Técnico)

NºRef: _____

***Obrigatório**

1. Qual é a sua unidade? *

2. Indique por esta ordem : Altura (m), Género (M/F), Cumpriu as provas do Treino Físico na sua Unidade (Sim/Não) *

3. Qual o seu peso? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- [50;60]kg
-]60;70]kg
-]70;80]kg
-]80;90]kg
-]90;100]kg
- +100kg

4. Em quantos exercícios de Artilharia já participou? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Nenhum
- 1 a 4
- Mais de 4

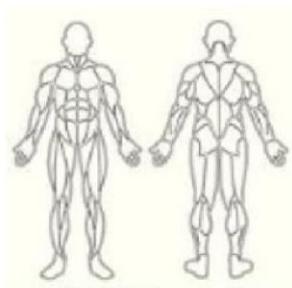
5. Durante um exercício de Artilharia, sente ou já sentiu dores? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Sim
- Não (Caso marque esta opção preencha a partir da questão 8)

6. Se sim, em que região do corpo?

Pinte a região correspondente.



7. Se sim, como considera ser o tipo de dor?

Marcar tudo o que for aplicável.

- Apenas perceptível
- Leve
- Intensa
- Dor máxima
- O mais intensa possível

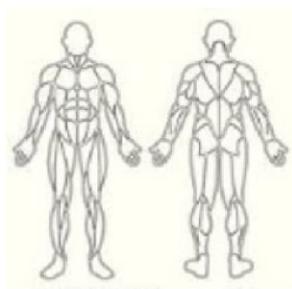
8. Após um exercício de Artilharia já sentiu dores? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Sim
- Não (Caso marque esta opção preencha a partir da questão 12)

9. Se sim, em que região do corpo?

Pinte a região correspondente.



10. Se sim, como considera ser o tipo de dor?

Marcar tudo o que for aplicável.

- Apenas perceptível
- Leve
- Intensa
- Dor máxima
- O mais intensa possível

11. Se sim, durante quanto tempo se prologaram as dores?

Marcar tudo o que for aplicável.

- Até um dia
- De 1 a 2 dias
- De 3 a 5 dias
- Mais de 5 dias

12. Imaginando que cumpre a função de Cmdt Sec, quais os movimentos que executa? Preencha cada quadrado de 1 a 4 sendo que: 1="Nunca" 2="Raramente" 3="Algumas vezes" 4="Frequentemente" *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/trepar a locais altos (ex: viatura)
- Outro. Qual?

13. Imaginando que cumpre a função de Cmdt Sec, alguns destes movimentos já lhe causou dores? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/Trepar a locais altos
- Outro. Qual?
- Não (Caso marque esta opção responda a partir da questão 15)

14. Se sim, como classifica a exigência muscular associada a essa tarefa?

Marcar tudo o que for aplicável.

- [0;0,5]-Absolutamente nenhuma
- [0,5;1]-Extremamente fraca
- [1;2]-Muito fraca
- [2;3]-Fraca
- [3;5]-Moderada
- [5;7]-Forte
- [7;10]-Muito Forte
- [10]-Extremamente Forte
- Máxima Absoluta

15. Imaginando que cumpre a função de S1 (servente apontador), quais os movimentos que executa? Preencha cada quadrado de 1 a 4 sendo que: 1="Nunca" 2="Raramente" 3="Algumas vezes" 4="Frequentemente" *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/trepar a locais altos (ex: viaturas)
- Outro. Qual?

16. Imaginando que cumpre a função de S1 (servente apontador), alguns destes movimentos já lhe causou dores? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/Trepar a locais altos
- Outro. Qual?
- Não (Caso marque esta opção preencha a partir da questão 18)

17. Se sim, como classifica a exigência muscular associada a essa tarefa?

Marcar tudo o que for aplicável.

- [0;0,5]-Absolutamente nenhuma
- [0,5;1]-Extremamente fraca
- [1;2]-Muito fraca
- [2;3]-Fraca
- [3;5]-Moderada
- [5;7]-Forte
- [7;10]-Muito Forte
- [10]-Extremamente Forte
- Máxima Absoluta

18. Imaginando que cumpre a função de S2 (servente da culatra), quais os movimentos que executa? Preencha cada quadrado de 1 a 4 sendo que: 1="Nunca" 2="Raramente" 3="Algumas vezes" 4="Frequentemente" *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/trepar a locais altos (ex: viatura)
- Outro. Qual?

19. Imaginando que cumpre a função de S2 (servente da culatra), alguns destes movimentos já lhe causou dores? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/Trepar a locais altos
- Outro. Qual?
- Não (Caso marque esta opção responda a partir da questão 21)

20. Se sim, como classifica a exigência muscular associada a essa tarefa?

Marcar tudo o que for aplicável.

- [0;0,5]-Absolutamente nenhuma
- [0,5;1]-Extremamente fraca
- [1;2]-Muito fraca
- [2;3]-Fraca
- [3;5]-Moderada
- [5;7]-Forte
- [7;10]-Muito Forte
- [10]-Extremamente Forte
- Máxima Absoluta

21. Imaginando que cumpre a função de S3 ou S6 (servente do soquete), quais os movimentos que executa? Preencha cada quadrado de 1 a 4 sendo que: 1="Nunca" 2="Raramente" 3="Algumas vezes" 4="Frequentemente" *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/trepar a locais altos (ex: viatura)
- Outro. Qual?

22. Imaginando que cumpre a função de S3 e S6 (servente do soquete), alguns destes movimentos já lhe causou dores? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/Trepar a locais altos
- Outro. Qual?
- Não (Case marque esta opção responda a partir da questão 24)

23. Se sim, como classifica a exigência muscular associada a essa tarefa?

Marcar tudo o que for aplicável.

- [0;0,5]-Absolutamente nenhuma
- [0,5;1]-Extremamente fraca
- [1;2]-Muito fraca
- [2;3]-Fraca
- [3;5]-Moderada
- [5;7]-Forte
- [7;10]-Muito Forte
- [10]-Extremamente Forte
- Máxima Absoluta

24. Imaginando que cumpre a função de S4 (servente das espoletas), quais os movimentos que executa? Preencha cada quadrado de 1 a 4 sendo que: 1="Nunca" 2="Raramente" 3="Algumas vezes" 4="Frequentemente" *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/trepar a locais altos (ex: viatura)
- Outro. Qual?

25. Imaginando que cumpre a função de S4 (servente das espoletas), alguns destes movimentos já lhe causou dores? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/Trepar a locais altos
- Outro. Qual?
- Não (Caso marque esta opção responda a partir da questão 27)

26. Se sim, como classifica a exigência muscular associada a essa tarefa?

Marcar tudo o que for aplicável.

- [0;0,5]-Absolutamente nenhuma
- [0,5;1]-Extremamente fraca
- [1;2]-Muito fraca
- [2;3]-Fraca
- [3;5]-Moderada
- [5;7]-Forte
- [7;10]-Muito Forte
- [10]-Extremamente Forte
- Máxima Absoluta

27. Imaginando que cumpre a função de S5 ou S8 (servente carregador), quais os movimentos que executa? Preencha cada quadrado de 1 a 4 sendo que:

1="Nunca" 2="Raramente" 3="Algumas vezes" 4="Frequentemente" *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/escalar a locais altos (ex: viatura)
- Outro. Qual?

28. Imaginando que cumpre a função de S5 e S8 (servente carregador), alguns destes movimentos já lhe causou dores? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/Trepar a locais altos
- Outro. Qual?
- Não (Caso marque esta opção responda a partir da questão 30)

29. Se sim, como classifica a exigência muscular associada a essa tarefa?

Marcar tudo o que for aplicável.

- [0;0,5]-Absolutamente nenhuma
- [0,5;1]-Extremamente fraca
- [1;2]-Muito fraca
- [2;3]-Fraca
- [3;5]-Moderada
- [5;7]-Forte
- [7;10]-Muito Forte
- [10]-Extremamente Forte
- Máxima Absoluta

30. Imaginando que cumpre a função de S7 (servente das cargas), quais os movimentos que executa? Preencha cada quadrado de 1 a 4 sendo que: 1="Nunca" 2="Raramente" 3="Algumas vezes" 4="Frequentemente" *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/Trepar a locais altos
- Outro. Qual?

31. Imaginando que cumpre a função de S7 (servente das cargas), alguns destes movimentos já lhe causou dores? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/Trepar a locais altos
- Outro. Qual?
- Não (Caso marque esta opção responda a partir da questão 33)

32. Se sim, como classifica a exigência muscular associada a essa tarefa?

Marcar tudo o que for aplicável.

- [0;0,5]-Absolutamente nenhuma
- [0,5;1]-Extremamente fraca
- [1;2]-Muito fraca
- [2;3]-Fraca
- [3;5]-Moderada
- [5;7]-Forte
- [7;10]-Muito Forte
- [10]-Extremamente Forte
- Máxima Absoluta

33. Imaginando que cumpre a função de S9 (servente das granadas), quais os movimentos que executa? Preencha cada quadrado de 1 a 4 sendo que: 1="Nunca" 2="Raramente" 3="Algumas vezes" 4="Frequentemente" *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/Trepar a locais altos
- Outro. Qual?

34. Imaginando que cumpre a função de S9 (servente das granadas), alguns destes movimentos já lhe causou dores? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/Trepar a locais altos
- Outro. Qual?
- Não (Caso marque esta opção responda a partir da questão 36)

35. Se sim, como classifica a exigência muscular associada a essa tarefa?

Marcar tudo o que for aplicável.

- [0;0,5]-Absolutamente nenhuma
- [0,5;1]-Extremamente fraca
- [1;2]-Muito fraca
- [2;3]-Fraca
- [3;5]-Moderada
- [5;7]-Forte
- [7;10]-Muito Forte
- [10]-Extremamente Forte
- Máxima Absoluta

36. Imaginando que cumpre a função de CAR (condutor), quais os movimentos que executa? Preencha cada quadrado de 1 a 4 sendo que: 1="Nunca" 2="Raramente" 3="Algumas vezes" 4="Frequentemente" *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/Trepar a locais altos
- Outro. Qual?

37. Imaginando que cumpre a função de CAR (condutor), alguns destes movimentos já lhe causou dores? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Caminhar
- Correr
- Levantamento de pesos com agachamento
- Levantamento de pesos sem agachamento
- Transporte de material pesado
- Subir/Trepar a locais altos
- Outro. Qual?
- Não (Caso marque esta opção responda a partir da questão 39)

38. Se sim, como classifica a exigência muscular associada a essa tarefa?

Marcar tudo o que for aplicável.

- [0;0,5]-Absolutamente nenhuma
 [0,5;1]-Extremamente fraca
 [1;2]-Muito fraca
 [2;3]-Fraca
 [3;5]-Moderada
 [5;7]-Forte
 [7;10]-Muito Forte
 [10]-Extremamente Forte
 Máxima Absoluta

39. Qual a atividade militar (excluindo as desportivas) que já realizou e que considerou ser a mais exigente em termos físicos? *

40. Em caso de ser possível consideraria usar uma estrutura acoplada ao seu tornozelo para aumentar as suas capacidades militares e reduzir o risco de lesões? *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google.

Google Formulários

APÊNDICE F – GRÁFICOS DOS QUESTIONÁRIOS DE AVALIAÇÃO DE PERCEÇÃO DE ESFORÇO

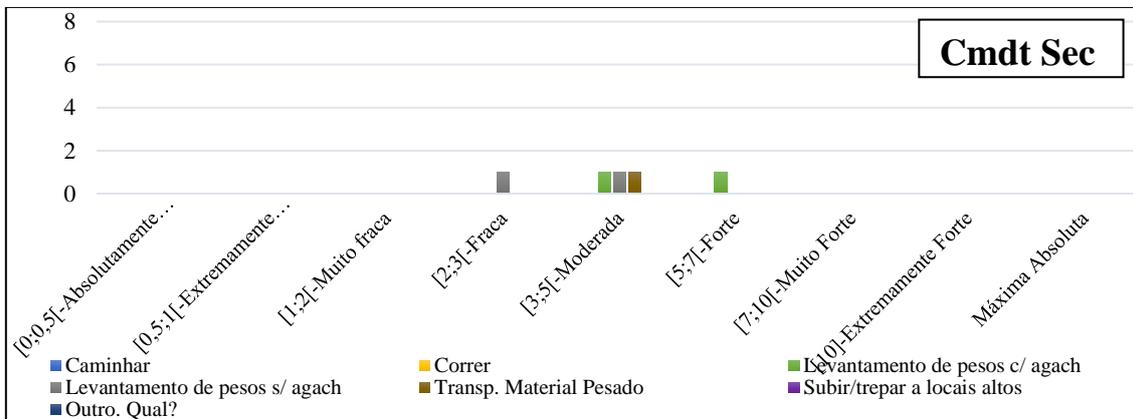


Figura n.º26 – QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao Ccmdt Sec

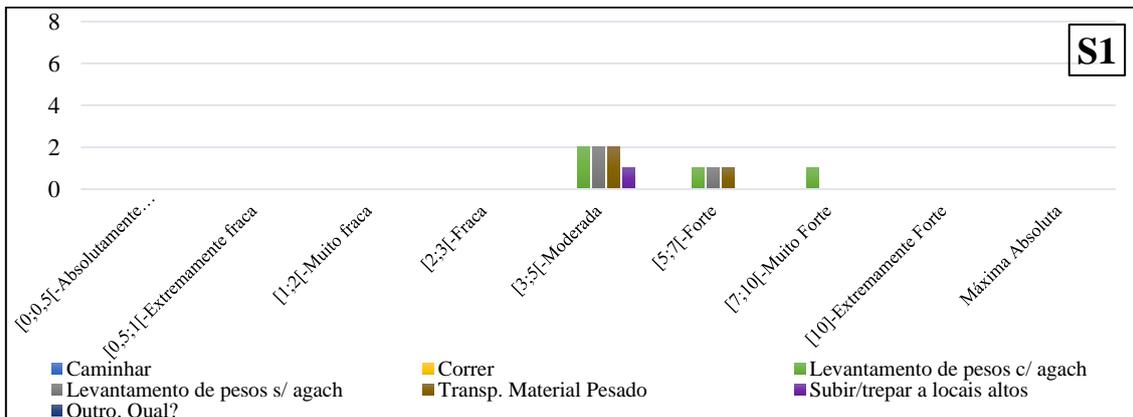


Figura n.º27 – QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao S1

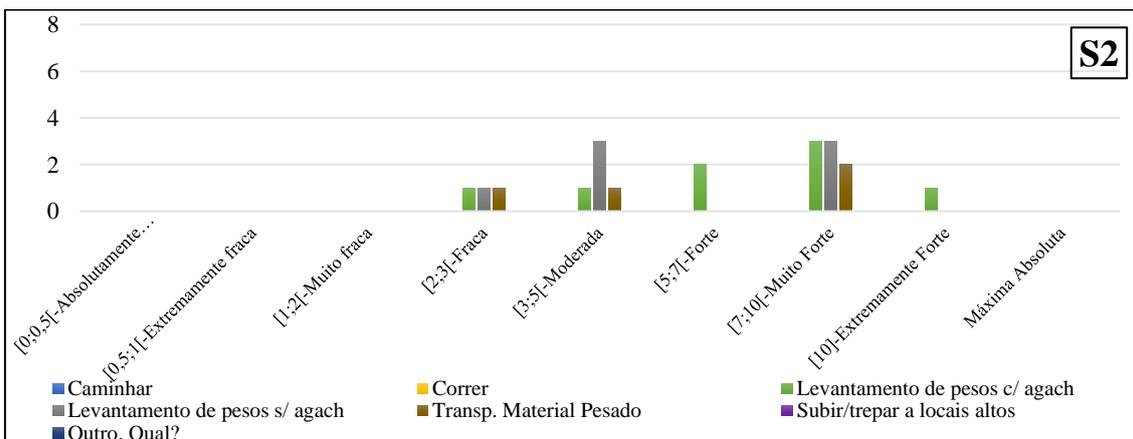


Figura n.º28 – QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao S2

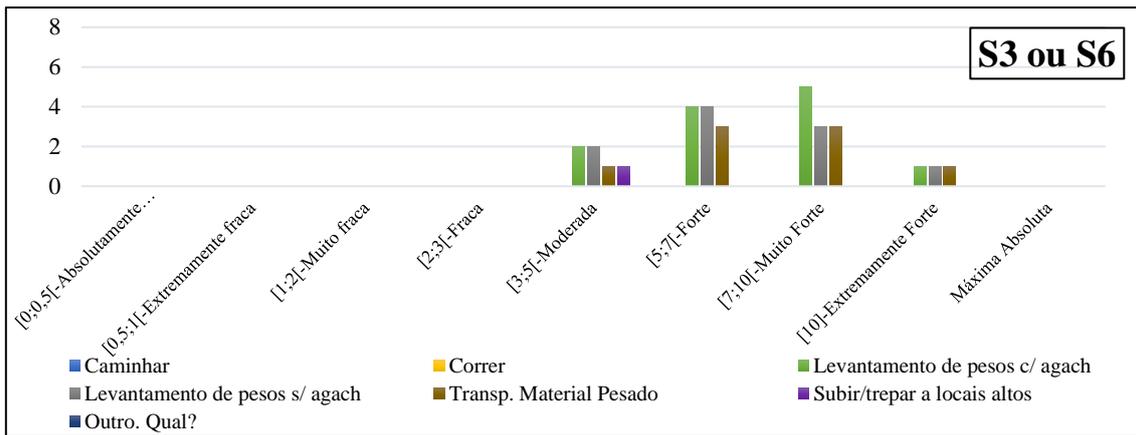


Figura n.º29 – QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao S3 ou S6

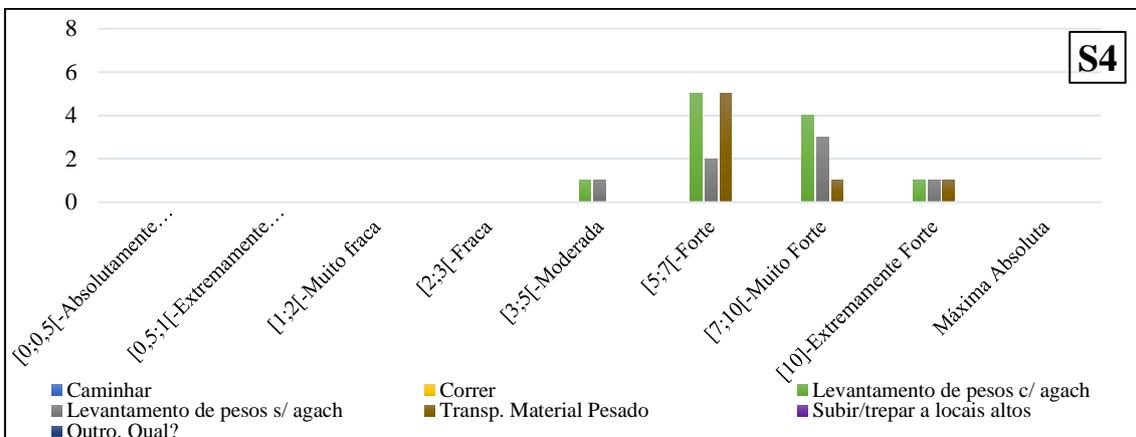


Figura n.º30 – QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao S4

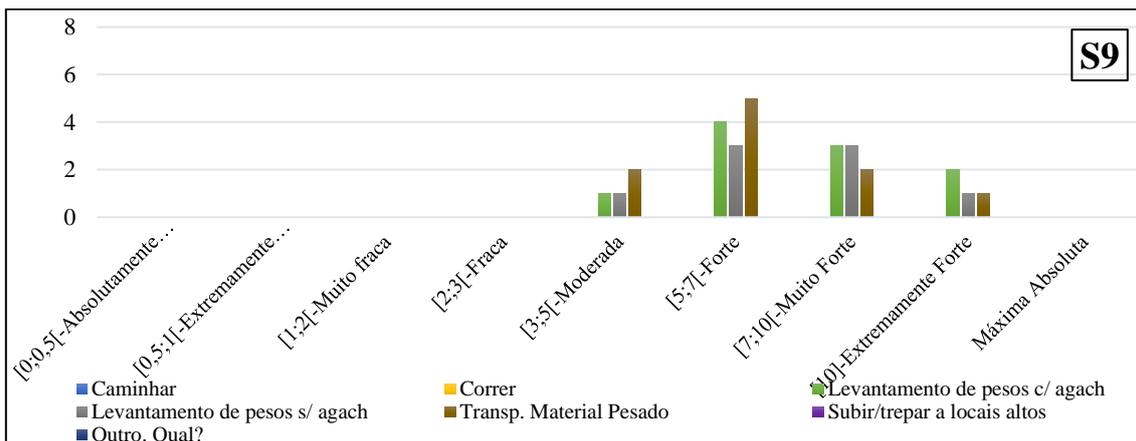


Figura n.º31 – QAPE: Exigência muscular das tarefas que causaram dor ao S9

APÊNDICE G – CORRELAÇÕES DE PEARSON OBTIDAS NO MODELO EM IBM SPSS STATISTICS 26

Tabela n.º17 – Correlação entre as variáveis explicativas e a variável de interesse utilizando o Coeficiente Pearson

		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Melhor Resultado – MET (1)	Pearson Correlati on	1	0,130	,320	,093	,128	,131	,198	,326	-,131	-,354	,227	-,257	-,006	,089
	Sig. (2-tailed)		,644	,244	,741	,650	,641	,479	,236	,642	,196	,416	,356	,984	,763
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
Peso – Kg (2)	Pearson Correlati on	,130	1	,340	,301	,090	,750**	,390	,559*	,461	,368	,463	,117	-,739**	-,496
	Sig. (2-tailed)	,644		,215	,276	,750	,001	,150	,030	,084	,177	,082	,677	,003	,071
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
Altura – cm (3)	Pearson Correlati on	,320	,340	1	,702**	,253	,018	,449	,693**	-,100	-,072	,241	,183	-,349	-,381
	Sig. (2-tailed)	,244	,215		,004	,362	,949	,093	,004	,723	,800	,388	,513	,222	,179
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
Comprimento da Tíbia – mm (4)	Pearson Correlati on	,093	,301	,702**	1	,104	-,021	,122	,442	,049	-,158	,146	,199	-,459	-,343
	Sig. (2-tailed)	,741	,276	,004		,711	,941	,664	,099	,862	,573	,604	,478	,099	,230
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
Comprimento da Coxa – mm (5)	Pearson Correlati on	,128	,090	,253	,104	1	,033	,130	,112	-,128	-,139	-,209	-,107	,104	,059
	Sig. (2-tailed)	,650	,750	,362	,711		,906	,643	,692	,650	,620	,454	,704	,724	,841
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
P Gemelar – mm (6)	Pearson Correlati on	,131	,750*	,018	-,021	,033	1	,457	,262	,742**	,725**	,642**	,048	-,632*	-,358

	Sig. (2-tailed)	,641	,001	,949	,941	,906		,087	,345	,002	,002	,010	,866	,015	,208
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
Distância do tornozelo ao solo (lado anterior) – mm (7)	Pearson Correlation	,198	,390	,449	,122	,130	,457	1	,347	,197	,404	,658**	-,238	-,446	-,345
	Sig. (2-tailed)	,479	,150	,093	,664	,643	,087		,205	,481	,135	,008	,394	,110	,228
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
Distância do tornozelo ao solo (lado posterior) – mm (8)	Pearson Correlation	,326	,559*	,693**	,442	,112	,262	,347	1	,177	-,075	,198	,403	-,546*	-,655*
	Sig. (2-tailed)	,236	,030	,004	,099	,692	,345	,205		,528	,792	,479	,137	,043	,011
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
Distância do tornozelo ao chão – mm (9)	Pearson Correlation	-,131	,461	-,100	,049	-,128	,742**	,197	,177	1	,640*	,563*	,264	-,618*	-,479
	Sig. (2-tailed)	,642	,084	,723	,862	,650	,002	,481	,528		,010	,029	,342	,019	,083
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
Distância entre maléolos – mm (10)	Pearson Correlation	-,354	,368	-,072	-,158	-,139	,725**	,404	-,075	,640*	1	,598*	,139	-,328	-,174
	Sig. (2-tailed)	,196	,177	,800	,573	,620	,002	,135	,792	,010		,018	,621	,253	,551
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
Comprimento pé – mm (11)	Pearson Correlation	,227	,463	,241	,146	-,209	,642**	,658**	,198	,563*	,598*	1	-,229	-,501	-,376
	Sig. (2-tailed)	,416	,082	,388	,604	,454	,010	,008	,479	,029	,018		,412	,068	,185
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
Distância do Cooper – m (12)	Pearson Correlation	-,257	,117	,183	,199	-,107	,048	-,238	,403	,264	,139	-,229	1	-,106	-,401
	Sig. (2-tailed)	,356	,677	,513	,478	,704	,866	,394	,137	,342	,621	,412		,718	,156

	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
Tempo aos 100 metros de marcha – minutos (13)	Pearson Correlati on	-,006	-,739**	-,349	-,459	,104	-,632*	-,446	-,546*	-,618*	-,328	-,501	-,106	1	,757**
	Sig. (2-tailed)	,984	,003	,222	,099	,724	,015	,110	,043	,019	,253	,068	,718		,002
	N	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Nº passos aos 100 metros de marcha – passos (14)	Pearson Correlati on	,089	-,496	-,381	-,343	,059	-,358	-,345	-,655*	-,479	-,174	-,376	-,401	,757*	1
	Sig. (2-tailed)	,763	,071	,179	,230	,841	,208	,228	,011	,083	,551	,185	,156	,002	
	N	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

Fonte: Elaboração própria com recurso ao *IBM SPSS Statistics 26*

APÊNDICE H – CORRELAÇÕES DE *SPEARMAN* OBTIDAS NO MODELO EM *IBM SPSS STATISTICS 26*

Tabela n.º18 – Correlação entre as variáveis explicativas e a variável de interesse utilizando o Coeficiente *Spearman*

			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	
Spearman's rho	Melhor Resultado – MET (1)	Correlação	1,000	,110	,279	,036	,187	,166	,256	,247	-,268	-,355	,085	-,183	,062	,135	
		Coefficient															
		Sig. (2-tailed)	.	,696	,315	,899	,504	,555	,358	,375	,334	,194	,764	,514	,834	,645	
		N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
	Peso – Kg (2)	Correlação	,110	1,000	,233	,264	-,015	,652**	,244	,314	,294	,359	,545*	,174	-,452	-,252	
		Coefficient															
		Sig. (2-tailed)	,696	.	,404	,342	,957	,008	,381	,255	,288	,189	,036	,534	,104	,384	
		N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
	Altura – cm (3)	Correlação	,279	,233	1,000	,789**	,363	-,117	,340	,579*	,076	,160	,264	,146	-,237	-,310	
		Coefficient															
		Sig. (2-tailed)	,315	,404	.	,000	,184	,679	,215	,024	,789	,569	,342	,605	,415	,280	
		N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
Comprimento da Tíbia – mm (4)	Correlação	,036	,264	,789**	1,000	,058	-,056	,181	,579*	,310	,087	,300	,145	-,619*	-,493		
	Coefficient																
	Sig. (2-tailed)	,899	,342	,000	.	,837	,844	,519	,024	,261	,758	,277	,605	,018	,073		
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14	
Comprimento da Coxa – mm (5)	Correlação	,187	-,015	,363	,058	1,000	-,110	,170	-,020	-,299	-,151	-,152	-,189	,246	,132		
	Coefficient																
	Sig. (2-tailed)	,504	,957	,184	,837	.	,696	,544	,944	,279	,591	,589	,501	,397	,653		

	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
P Gemelar – mm (6)	Correla tion	,16 6	,65 2**	-,1 17	-,0 56	-,1 10	1,0 00	,52 2*	,150	,51 7*	,58 1*	,53 4*	-,1 29	-,4 31	-,09 7	
	Coeffic ient															
	Sig. (2- tailed)	,55 5	,00 8	,67 9	,84 4	,69 6	.	,04 6	,593	,04 9	,02 3	,04 0	,64 6	,12 4	,740	
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14	
Distância do tornozelo ao solo (lado anterior) – mm (7)	Correla tion	,25 6	,24 4	,34 0	,18 1	,17 0	,52 2*	1,0 00	,377	,30 0	,48 0	,63 8*	-,2 90	-,3 51	-,28 1	
	Coeffic ient															
	Sig. (2- tailed)	,35 8	,38 1	,21 5	,51 9	,54 4	,04 6	.	,166	,27 7	,07 0	,01 0	,29 4	,21 9	,331	
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14	
Distância do tornozelo ao solo (lado posterior) – mm (8)	Correla tion	,24 7	,31 4	,57 9*	,57 9*	-,0 20	,15 0	,37 7	1,00	,32 7	,08 2	,17 5	,51 3	-,3 58	-,68 7**	
	Coeffic ient															
	Sig. (2- tailed)	,37 5	,25 5	,02 4	,02 4	,94 4	,59 3	,16 6	.	,23 4	,77 1	,53 3	,05 1	,20 9	,007	
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14	
Distância do tornozelo ao chão – mm (9)	Correla tion	-,2 68	,29 4	,07 6	,31 0	-,2 99	,51 7*	,30 0	,327	1,0 00	,58 0*	,51 9*	,23 1	-,4 39	-,49 9	
	Coeffic ient															
	Sig. (2- tailed)	,33 4	,28 8	,78 9	,26 1	,27 9	,04 9	,27 7	,234	.	,02 4	,04 7	,40 8	,11 6	,069	
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14	
Distância entre maléolos – mm (10)	Correla tion	-,3 55	,35 9	,16 0	,08 7	-,1 51	,58 1*	,48 0	,082	,58 0*	1,0 00	,58 3*	,05 5	-,3 09	-,19 8	
	Coeffic ient															
	Sig. (2- tailed)	,19 4	,18 9	,56 9	,75 8	,59 1	,02 3	,07 0	,771	,02 4	.	,02 2	,84 6	,28 3	,498	
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14	

Comprimento pé – mm (11)	Correlation Coefficient	,085	,545*	,264	,300	-,152	,534*	,638*	,175	,519*	,583*	1,000	-,219	-,513	-,347
	Sig. (2-tailed)	,764	,036	,342	,277	,589	,040	,010	,533	,047	,022	.	,433	,061	,224
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
Distância Cooper – m (12)	Correlation Coefficient	-,183	,174	,146	,145	-,189	-,129	-,290	,513	,231	,055	-,219	1,000	-,144	-,640*
	Sig. (2-tailed)	,514	,534	,605	,605	,501	,646	,294	,051	,408	,846	,433	.	,623	,014
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
Tempo aos 100 metros de marcha – minutos (13)	Correlation Coefficient	,062	-,452	-,237	-,619*	,246	-,431	-,351	-,358	-,439	-,309	-,513	-,144	1,000	,644*
	Sig. (2-tailed)	,834	,104	,415	,018	,397	,124	,219	,209	,116	,283	,061	,623	.	,013
	N	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Nº passos aos 100 metros de marcha – passos (14)	Correlation Coefficient	,135	-,252	-,310	-,493	,132	-,097	-,281	-,687**	-,499	-,198	-,347	-,640*	,644*	1,000
	Sig. (2-tailed)	,645	,384	,280	,073	,653	,740	,331	,007	,069	,498	,224	,014	,013	.
	N	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

Fonte: Elaboração própria com recurso ao IBM SPSS Statistics 26

ANEXOS

ANEXO A – INSTRUÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DA ESCALA DE BORG MODIFICADA

General Instructions for Using the Borg CR10 Scale

You will use this scale to tell how strong your perception of a certain attribute is. As you can see, the scale stretches from "nothing at all" to "absolute maximum." "Extremely strong—max P" (10) is such an extremely strong perception of a certain attribute that it is the strongest one you have ever experienced: "max P." It may, however, be possible to experience or to imagine a magnitude that is even stronger than what you yourself have previously experienced. Therefore, "absolute maximum", the "highest possible" level, is placed somewhat farther down the scale without a fixed number and marked with a "•". If you should perceive an intensity to be stronger than 10, "extremely strong—max P," you may use numbers on the scale above 10, such as 11, 12, or even higher. "Extremely weak," corresponding to 0.5 on the scale, is something just noticeable, i.e., something that is on the boundary of what is possible to perceive.

You use the scale in the following way: Always start by *looking at the verbal expressions*. Then choose a *number*. If your perception corresponds to "very weak," you say 1. If it is "moderate," you say 3, and so on. You may use whatever numbers you want, also half values, such as 1.5 or 2.5, or decimals, e.g., 0.3, 0.8, 1.7, 2.3, 5.6, or 11.5. It is very important that you answer what *you* perceive and not what you believe you ought to answer. Be as *honest* as possible and try not to overestimate or underestimate the intensities. Remember to start by looking at the verbal expressions before every rating, then give a number.

0	Nothing at all	"No P"
0.3		
0.5	Extrememly weak	Just noticeable
1	Very weak	
1.5		
2	Weak	Light
2.5		
3	Moderate	
4		
5	Strong	Heavy
6		
7	Very strong	
8		
9		
10	Extremely strong	"Max P"
11		
←		
●	Absolute maximum	Highest possible

Borg CR10 scale
© Gunnar Borg, 1981, 1982, 1998

Any questions?

Some examples of items to rate. The test leader may want to use some simple items for training and testing the subject's rating behavior, and ask the following questions:

To see that you have understood the instruction and how to use the scale, please answer the following questions:

1. How black do you perceive a piece of pure black charcoal to be? (9) How white? (0.5)
2. How loud do you perceive an ordinary conversation between two people to be? (2.5)
3. How white do you perceive a piece of pure white sugar to be? (9) How black? (0.5)
4. How sour do you perceive a lemon to be? (7)
5. How sweet is a ripe banana? (3.5)

The answers to these questions are given in approximate numbers.

Any further questions?

Fonte: Artigo de G. Borg (1998)

ANEXO B – PROTOCOLO DE RECOLHA DE DADOS ANTROPOMÉTRICOS

Recolha Dados Antropométricos

1. Qual é o seu peso?

2. Qual é a sua altura?

3. Numa primeira fase pretende-se saber qual é o comprimento da sua tibia. Primeiramente, deverá sentar-se numa cadeira com a perna direita apoiada sobre o joelho esquerdo, de modo a que investigador possa marcar uma curvatura como referência em torno do ponto mais superior da borda medial da cabeça da tibia, assinalado na Fig. 1. Este ponto é facilmente reconhecível com um polegar ou unha, uma vez que se encontra delimitado pelo côndilo femoral medial e o côndilo tibial medial. Por outras palavras, será então a extremidade do osso. Na segunda fase, mantém-se na mesma posição, e através da palpação com a unha do polegar, o investigador assinala uma linha como referência (perpendicular ao eixo longo da perna e de acordo com Fig. 2) na ponta distal do maléolo medial da tibia. Por último, e de acordo com a Fig. 3, o investigador efetua a medição do comprimento da tibia com recurso a um paquímetro.

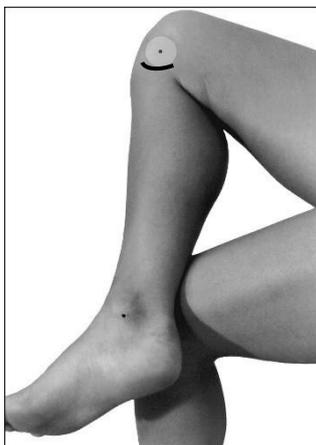


Fig. 1 – Ponto mais superior da borda medial da cabeça da tibia.

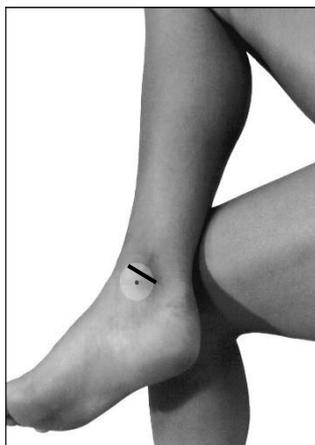


Fig. 2 – Ponto na face articular inferior na extremidade distal da tibia.

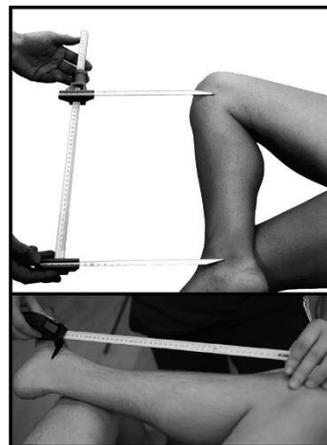


Fig. 3 – Medição do comprimento da tibia.

Comprimento da perna (segmento medial tibial):

4. Esta fase visa determinar o comprimento da sua coxa. Para isso, terá de se colocar de pé numa posição relaxada com os braços naturalmente pendentes ao longo do corpo. O investigador marcará com um lápis o ponto mais superior do fémur (não confundir com o ponto mais lateral), que facilmente é palpável com os dedos ao sentir uma proeminência grosseira (Fig. 4). Em seguida, através do polegar ou com uma unha, o investigador localiza o espaço de articulação delimitado pelo côndilo lateral do fémur e a porção ântero-lateral da cabeça da tibia, assinalando o ponto mais superior na borda lateral da cabeça da tibia (Fig. 5). Uma vez que existem espessos ligamentos nesta zona, deverá flexionar várias vezes o joelho para facilitar a tarefa em questão. De seguida, com o paquímetro efetuar a medição de acordo com a Fig. 6.



Fig. 4 – Ponto mais superior na proeminência grosseira do fémur.

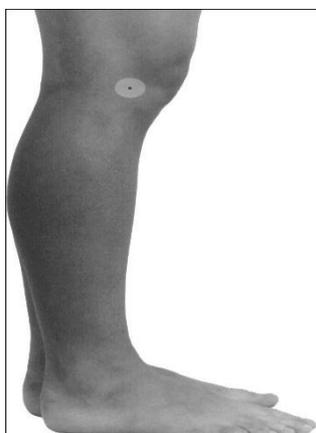


Fig. 5 – Ponto mais superior na borda lateral da tibia.

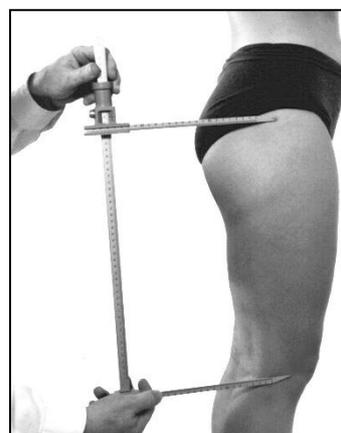


Fig. 6 – Medição do comprimento da coxa

Comprimento da coxa (segmento lateral da tibia):

5. Agora pretende-se determinar o perímetro do seu gêmeo. Para isso, e em primeiro lugar, colocará um pé em cima de uma caixa (e a formar um ângulo de 90° com a coxa), equanto que o outro pé permanecerá no solo. Isto permitirá que o investigador assinale com uma cruz o ponto em que a barriga da sua perna tem maior perímetro (Fig. 7). Depois, o outro pé subirá para a caixa, e deverá assumir uma postura relaxada, em que o seu peso estará distribuído de forma equalitária pelos dois pés e os braços naturalmente pendentes ao longo do corpo. O investigador presente no local, com o auxílio de uma fita métrica, efetuará a respetiva medição em torno do ponto que anteriormente foi assinalado (Fig. 8).



Fig. 7 – Ponto onde a barriga da perna tem maior perímetro.



Fig. 8 – Realização da medição com recurso a fita métrica.

Perímetro do gêmeo (gemelar):

6. A intensão desta fase é obter o valor da distância do tornozelo ao calcanhar. Primeiramente sente-se numa cadeira com a perna direita apoiada sobre o joelho esquerdo, de modo a que através da palpação com a unha do polegar, o investigador assinale um ponto na ponta distal do maléolo medial da tibia (Fig. 9). Em seguida, levante-se e coloque o pé direito em cima de uma caixa equilibrada (formando um ângulo de 90° com a coxa – Fig. 10), enquanto o outro pé permanece no solo. Por fim, o investigador com o auxílio de paquímetro, executará a medição (Fig. 11). NOTA: O processo será repetido na face posterior do pé, isto é, na extremidade distal da tibia no lado oposto.

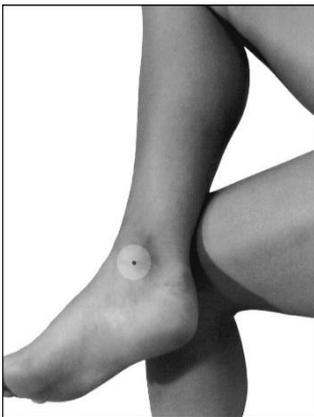


Fig. 9 – Face articular inferior na extremidade distal da tibia.



Fig. 10 – Posição do pé em cima da caixa.



Fig. 11 – Distância da face articular inferior na extremidade distal da tibia ao calcanhar.

Distância do tornozelo ao solo (segmento da face articular inferior na extremidade distal da tíbia ao solo):

7. Seguidamente, quer-se aferir qual é a distância do seu tornozelo ao calcanhar. Em primeiro lugar, sente-se numa cadeira com a perna direita apoiada sobre o joelho esquerdo, de modo a que através da palpação com a unha do polegar, o investigador assinale um ponto na ponta distal do maléolo medial da tíbia (Fig. 12). Após isto, levante-se e suba com o pé direito para uma caixa de madeira, mantendo-se o outro pé no solo. O investigador traçará um segmento de reta até ao calcanhar, marcando esse ponto com uma cruz (Fig. 13.) Por fim, deverá encostar-se a uma parede (o seu pé a formar um ângulo de 90° graus com a parede), e com auxílio de um esquadro o investigador efetuará a medição (Fig. 14).

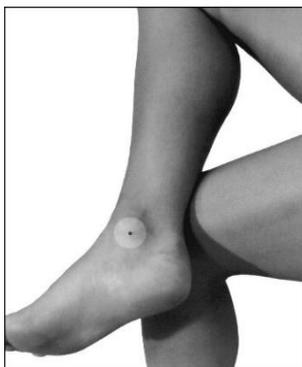


Fig. 12 - Face articular inferior na extremidade distal da tíbia.

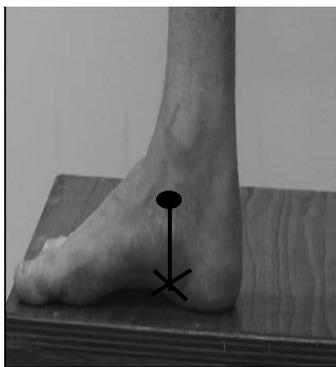


Fig. 13 - Face articular inferior na extremidade distal da tíbia.

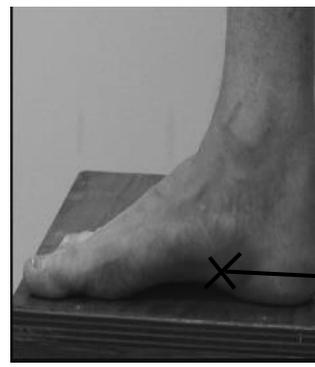


Fig. 14 - Distância da face articular inferior na extremidade distal da tíbia à extremidade do calcanhar.

Distância do tornozelo à extremidade do calcanhar:

8. De forma a que se determine o comprimento do seu pé, terá de se colocar em cima de uma caixa, com o peso igualmente distribuído nos pés e com os braços naturalmente pendentes ao longo do corpo. De seguida, com o auxílio do paquímetro, o investigador presente no local medirá o comprimento do seu pé.



Fig. 15 – Realização da medição com paquímetro.

Comprimento do pé:

9. Pretende-se verificar qual é a distância entre maléolos. Primeiramente deverá colocar o pé em cima de uma cadeira (ângulo de 90° com a coxa). De forma a que se meça a distância entre maléolos o investigador colocará uma prega cutânea na face articular inferior na extremidade distal da tibia (lado anterior e posterior)”

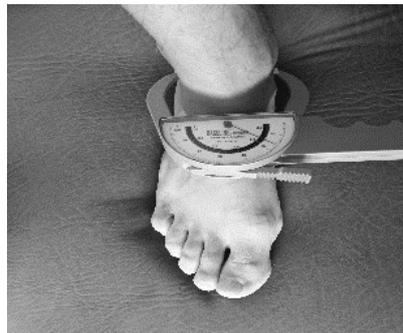


Fig. 16 – Medição da distância entre maléolos.

Distância entre maléolos:

10. Qual a distância que percorreu na última prova de *Cooper* que realizou?

11. Encontra-se na última fase deste processo de recolha de dados. É necessário que agora caminhe naturalmente durante 110 metros. Esta etapa visa analisar a cadência a velocidade da sua marcha, sendo que para isso será filmado pelo investigador. É importante que se abstenha de qualquer tipo de distração e que caminhe o mais naturalmente possível.

Fonte: Adaptado de Norton (2019)