



ACADEMIA MILITAR

Desenvolvimento de um kit de combate a incêndios para os veículos ligeiros da GNR

Autor: Alferes de GNR Material João Dinis Veiga Gomes

Orientador: Tenente-Coronel de Material Luís Filipe Pratas Quinto

Coorientador: Professor-Doutor António Manuel Relógio Ribeiro

Mestrado Integrado de Engenharia Mecânica Militar

Lisboa, outubro de 2024



ACADEMIA MILITAR

Desenvolvimento de um kit de combate a incêndios para veículos ligeiros da GNR

Autor: Alferes de GNR Material João Dinis Veiga Gomes

Orientador: Tenente-Coronel de Material Luís Filipe Pratas Quinto

Coorientador: Professor-Doutor António Manuel Relógio Ribeiro

Mestrado Integrado de Engenharia Mecânica Militar

Lisboa, outubro de 2024

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não teria sido possível sem o apoio e colaboração de várias pessoas e instituições, a quem gostaria de expressar o meu profundo agradecimento.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Tenente-Coronel Luís Quinto, e ao meu coorientador, Professor-Doutor Relógio Ribeiro, pela sua constante disponibilidade e pela exigência, que foram fundamentais para impulsionar a melhoria contínua e o progresso deste projeto.

Quero também deixar um agradecimento ao Capitão da GNR André Ribeiro, pelo apoio ao longo deste trabalho, fornecendo informações valiosas e contactos essenciais, assim como a clarificação de todas as dúvidas que surgiram.

Agradeço a todos os militares da UEPS pela sua disponibilidade em partilhar os seus conhecimentos, tanto nas respostas aos questionários como nas entrevistas, contribuindo de forma significativa para o desenvolvimento deste trabalho.

Um especial reconhecimento às empresas TRKW - Automotive Technology, Extincêndios - Equipamentos de Proteção e Segurança, e Fourheka, pela forma aberta como me receberam e pela partilha das últimas inovações tecnológicas do mercado.

Um agradecimento aos Bombeiros Voluntários de Torres Vedras pela forma como me receberam e pela partilha da sua valiosa experiência no combate a incêndios.

Por último, gostaria de expressar a minha sincera gratidão a todos que me acompanharam durante o percurso na Academia Militar: família, amigos e camaradas de curso.

Obrigado, o vosso apoio foi fundamental para que este trabalho fosse possível.

RESUMO

Esta dissertação consiste no desenvolvimento de um kit de combate a incêndios para os Veículos Ligeiros de Combate a Incêndios da Guarda Nacional Republicana, com o objetivo de melhorar a eficiência das operações da Unidade de Emergência de Proteção e Socorro no combate a incêndios florestais. Dada a crescente frequência e gravidade dos incêndios em Portugal, especialmente em áreas florestais, é fundamental dotar as equipas de intervenção rápida com soluções mais eficazes, capazes de responder de forma rápida às emergências. Através da análise dos kits atualmente em utilização, identificaram-se várias limitações, tais como a capacidade limitada dos depósitos de água e a falta de ergonomia na disposição dos equipamentos.

A metodologia seguida baseou-se no processo de desenvolvimento de produto e no modelo V, tendo sido estruturada em quatro fases: planeamento, desenvolvimento do conceito, dimensionamento ao nível do sistema e dimensionamento ao pormenor. Este processo envolveu visitas exploratórias a diversas entidades, entrevistas e questionários a militares da Unidade de Emergência de Proteção e Socorro, com o objetivo de recolher dados operacionais e necessidades reais dos utilizadores. Realizou-se também uma análise comparativa das soluções existentes na Guarda Nacional Republicana e no mercado e foram efetuadas simulações com o software *SolidWorksTM* (*Dassault Systèmes®*, França) para garantir a robustez e durabilidade dos componentes propostos.

Os resultados demonstram que o novo kit proposto oferece melhorias significativas em termos de acessibilidade, arrumação dos equipamentos e desempenho geral do sistema. Esta dissertação apresenta, assim, uma solução inovadora que poderá beneficiar a Guarda Nacional Republicana, mais concretamente a UEPS, no combate aos incêndios florestais, permitindo uma resposta mais rápida e eficaz às emergências.

Palavras-chave: Incêndios Florestais; Veículo Ligeiro Combate a Incêndios; kit de combate a incêndios; Desenvolvimento de produto; Ergonomia;

ABSTRACT

This work focuses on the development of a firefighting skid unit for the Light Firefighting Vehicles of the National Republican Guard with the aim of improving the efficiency of the Emergency Protection and Rescue Unit in combating forest fires. Given the increasing frequency and severity of fires in Portugal, particularly in forest areas, it is essential to equip rapid response teams with more effective solutions capable of providing a fast response to emergencies. Through the analysis of the skid units currently in use, several limitations were identified, such as the limited capacity of water tanks and the lack of ergonomics in the arrangement of equipment.

The methodology followed was based on the product development process and the V-model, structured into four phases: planning, concept development, system-level design, and detailed design. This process involved exploratory visits to various entities, interviews, and surveys with Emergency Protection and Rescue Unit personnel to collect operational data and the real needs of users. A comparative analysis of the solutions in use by the National Republican Guard and the market was also conducted, along with simulations using SolidWorks™ (Dassault Systèmes®, France) to ensure the robustness and durability of the proposed components.

The results show that the new proposed skid unit offers significant improvements in accessibility, equipment organization, and overall system performance. This dissertation, therefore, presents an innovative solution that could benefit the National Republican Guard in combating forest fires, enabling a faster and more effective response to emergencies.

Keywords: Forest fires; Light Firefighting vehicles; Skid Unit; Product development; Ergonomics;

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO.....	III
ABSTRACT.....	V
ÍNDICE GERAL	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABELAS.....	XI
LISTA DE APÊNDICES.....	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS	XV
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1 – ESTADO DA ARTE.....	5
1.1. Conceito de VLCI e suas valências.....	5
1.2. Conceito de kit de combate a incêndios	6
1.2.1. Tipos de sistemas de combate a incêndios.....	6
1.2.1.1. Tipo de depósito de água	7
1.2.1.2. Tipo de motobomba	8
1.2.1.3. Tipo de carretel, mangueiras e agulhetas.....	9
1.2.2. Kits de combate a incêndio artesanais	10
1.3. Os VLCI e respetivos kits de combate a incêndios utilizados pela GNR.....	11
1.3.1. Kit 1ª Geração Honda GX 200.....	11
1.3.2. Kit 2ª Geração Honda GX 270.....	11
1.3.3. Kit 3ª Geração Rato R 420.....	12
1.3.4. Kit 4ª Geração Honda GX 200.....	13
1.3.5. Kit 5ª Geração Honda GX 390.....	13
1.3.6. Kit 6ª Geração B&S XR 2100.....	14
1.4. Conceito de ergonomia.....	15
1.4.1. Tipos de ergonomia	15
1.4.2. Ergonomia no combate a incêndios.....	16
1.4.3. Ergonomia nos VLCI e nos kits de combate a incêndios	17

1.5. Processo de desenvolvimento de produto	19
1.6. Modelo V	20
CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA	23
2.1 Metodologia utilizada no Planeamento.....	23
2.2 Metodologia utilizada no Desenvolvimento do Conceito.....	24
2.3. Metodologia utilizada no Dimensionamento ao Nível do Sistema	25
2.4. Metodologia utilizada no Dimensionamento ao Pormenor	25
CAPÍTULO 3 – RESULTADOS.....	27
3.1. Planeamento	27
3.1.1. Identificação das restrições do mercado	27
3.2. Desenvolvimento do Conceito	28
3.2.1. Respostas aos questionários por inquérito	28
3.2.2. Especificações iniciais do projeto	32
3.3. Dimensionamento ao nível do sistema	37
3.3.1. Decomposição do kit de combate a incêndios em sistemas, subsistemas e componentes.....	38
3.3.2. Arquitetura do kit de combate a incêndios	39
3.4. Dimensionamento de pormenor	40
3.4.1. Cálculo do fator de segurança do projeto	41
3.4.2. Dimensionamento do depósito de água	42
3.4.2.1. Dimensionamento das anteparas internas	42
3.4.2.2. Dimensionamento do corpo do depósito	43
3.4.2.3. Dimensionamento dos pontos de elevação do depósito.....	44
3.4.2.4. Dimensionamento da tampa superior do depósito.....	45
3.4.3. Dimensionamento do grupo motobomba.....	46
3.4.3.1. Dimensionamento dos sinoblocos do grupo motobomba	46
3.4.4. Dimensionamento do enrolador de mangueiras	47
3.4.5. Dimensionamento dos suportes para arrumação.....	48
3.4.6. Dimensionamento dos focos de luz de trabalho.....	50
3.5 Kit de combate a incêndios final	51
3.5.1. Carga a ser suportada pelo veículo.....	55
CAPÍTULO 4 – DISCUSSÃO DE RESULTADOS	59
CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	63
BIBLIOGRAFIA.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Número de incêndios nos países do sul da Europa entre 2004 e 2022	1
Figura 2 - Área ardida, em hectares, nos países do sul da Europa entre 2004 e 2022	2
Figura 3 - Exemplo de VLCI utilizado pela GNR (Mitsubishi L200)	6
Figura 4 - Kit de combate a incêndio com depósito de 200 litros em polietileno	7
Figura 5 - Kit de combate a incêndios com depósito flexível em tela de poliéster	8
Figura 6 - Kit de extinção com bomba centrífuga	9
Figura 7 - Kit de extinção com bomba de membranas.....	9
Figura 8 - Kit de extinção com bomba de pistões.....	9
Figura 9 - Carretel de ataque rápido equipado com uma mangueira de 70 metros de borracha.....	10
Figura 10 - Agulheta de extinção de incêndios.....	10
Figura 11 - Kit de combate a incêndios desenvolvido artesanalmente	10
Figura 12 - VLCI equipado com o kit 1ª Geração Honda GX 200.....	11
Figura 13 - VLCI equipado com o kit de 2ª Geração Honda GX 270	12
Figura 14 - VLCI equipado com o kit de 3ª Geração Rato R 420	12
Figura 15 - VLCI equipado com o kit de 4ª Geração Honda GX 200	13
Figura 16 - VLCI equipado com o kit de 5ª Geração Honda GX 390	14
Figura 17 - VLCI equipado com o kit de 6ª Geração.....	15
Figura 18 - Processo genérico do desenvolvimento de produto	19
Figura 19 – Representação gráfica do modelo em V	21
Figura 20 - VLCI expostos durante a visita à UEPS em Coimbra.....	24
Figura 21 – Respostas do questionário à pergunta “Que aspetos teria em consideração se fosse responsável pela aquisição dos próximos VLCI e kits de combate a incêndio”.	31
Figura 22 - Respostas do questionário à pergunta "Existe alguma funcionalidade ou equipamento adicional que gostaria que fosse incluído no VLCI ou no kit de combate a incêndio com que habitualmente opera?"	32
Figura 23 - Divisão do kit de combate a incêndios nos seus sistemas principais	38
Figura 24 – Divisão dos sistemas principais do kit de combate a incêndios em subsistemas e em componentes	39
Figura 25 - Divisão dos sistemas principais do kit de combate a incêndios em subsistemas e em componentes	39
Figura 26 - Esquema inicial do kit de combate a incêndios	40

Figura 27 - Diferentes conceitos para o formato do depósito.....	42
Figura 28 - Análise do fator de segurança das anteparas interiores de 1,5 mm à força solicitada	43
Figura 29 - Análise do fator de segurança do corpo do depósito feito em chapa quinada com 2 mm à força solicitada.....	44
Figura 30 - Análise da tensão da resposta do ponto de elevação à força solicitada, segundo o critério de Von Mises.....	45
Figura 31 - Alteração da localização da tampa superior do depósito.....	46
Figura 32 - Análise de vibração do conjunto motobomba + sinoblocos com borracha amortecedora de 10 mm de espessura	47
Figura 33 - Conceito de plataforma deslizante para o enrolador de mangueiras.....	47
Figura 34 - Conceito de plataforma rotativa para o enrolador de mangueiras	48
Figura 35 - Funcionamento da plataforma deslizante para o enrolador de mangueiras.....	48
Figura 36 - Suportes de arrumação para o material sapador	49
Figura 37 – Suporte de arrumação para a chave universal de bocas de incêndio.....	50
Figura 38 - Suporte de arrumação para a redução Storz 52x25.....	50
Figura 39 - Foco de luz de trabalho dentro da caixa de carga do VLCI	51
Figura 40 - Vista isométrica do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido.	51
Figura 41 - Vista frontal do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido.....	52
Figura 42 - Vista lateral direita do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido.....	52
Figura 43 - Vista traseira do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido.....	53
Figura 44 - Vista lateral direita do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido.....	53
Figura 45 - Vista superior do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido.....	54
Figura 46 - Vista inferior do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido.....	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões da caixa de carga de 5 veículos com carroçaria <i>pick up</i> comercializados em Portugal.....	27
Tabela 2 - Capacidade de carga útil de 5 veículos com carroçaria <i>pick up</i> comercializados em Portugal.....	28
Tabela 3 - Requisitos do projeto relativos aos VLCI e respetivo kit de combate a incêndios	33
Tabela 4 – Especificações iniciais do projeto relativas aos VLCI e respetivo kit de combate a incêndios.....	34
Tabela 5 - Ferramentas a serem acopladas nos suportes de arrumação do kit de combate a incêndios.	49
Tabela 6 - Componentes principais do kit de combate a incêndios	55
Tabela 7 - Carga total a ser transportada no VLCI	56
Tabela 8 – Carga total transportada pelo VLCI que está equipado com o kit de combate a incêndios de 5ª Geração.....	56
Tabela 9 - Carga total transportada pelo VLCI que está equipado com o kit de combate a incêndios de 6ª Geração.	57
Tabela 10 - Alteração das especificações do projeto relativas à capacidade de carga útil.....	58
Tabela 11 - Comparação entre o kit desenvolvido neste projeto e os kits das gerações anteriores da GNR	59

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 – GUIÃO DO QUESTIONÁRIO POR INQUÉRITO REALIZADO AOS MILITARES DA UEPS.....	I
APÊNDICE 2 – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO POR INQUÉRITO REALIZADO AOS MILITARES DA UEPS.....	III
APÊNDICE 3 – CÁLCULO DO FATOR DE SEGURANÇA DO PROJETO ATRAVÉS DO MÉTODO DE PUGSLEY.	X
APÊNDICE 4 – ANÁLISE DA TENSÃO, DO DESLOCAMENTO, DA DEFORMAÇÃO E DO FATOR DE SEGURANÇA PARA AS DIFERENTES ESPESSURAS DAS ANTEPARAS.	XI
APÊNDICE 5 – ANÁLISE DA TENSÃO, DO DESLOCAMENTO, DA DEFORMAÇÃO E DO FATOR DE SEGURANÇA PARA AS DIFERENTES ESPESSURAS DO CORPO DO DEPÓSITO.	XV
APÊNDICE 6 – ANÁLISE DO DESLOCAMENTO, DA DEFORMAÇÃO E DO FATOR DE SEGURANÇA DO PONTO DE ELEVAÇÃO.....	XVIII
ANÁLISE DA DEFORMAÇÃO DO PONTO DE ELEVAÇÃO À FORÇA SOLICITADA	XVIII
APÊNDICE 7 – ANÁLISE DE VIBRAÇÃO DOS DIFERENTES CONJUNTOS MOTOBOMBA + SINOBLOCOS.	XIX

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

G

GNR - Guarda Nacional Republicana

U

UEPS – Unidade Especial de Proteção e Socorro

V

VLCI – Veículo Ligeiro de Combate a Incêndio

INTRODUÇÃO

A prevenção e combate a incêndios é um tema bastante importante, especialmente em países como Portugal, onde as condições climáticas e a extensa cobertura florestal aumentam consideravelmente o risco de incêndios. Neste sentido, o desenvolvimento de soluções práticas e eficazes para as forças que combatem os incêndios, onde se enquadra a Guarda Nacional Republicana (GNR), torna-se essencial. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um kit de combate a incêndios adaptado a veículos ligeiros da GNR, permitindo uma primeira resposta rápida e eficiente em situações de emergência.

Os incêndios em áreas florestais são uma componente inerente dos ecossistemas mediterrânicos e constituem uma das principais causas da sua degradação [1]. Nos últimos anos, Portugal tem enfrentado uma crescente incidência de incêndios florestais, que se têm tornado cada vez mais frequentes e devastadores. Estes incêndios, muitas vezes exacerbados por condições climáticas adversas e práticas de gestão inadequadas, destroem vastas áreas de floresta e vegetação, colocando em risco vidas humanas, habitações e a biodiversidade [2].

A Figura 1 e a Figura 2 ilustram o número de incêndios e a área ardida em hectares, respetivamente, em Portugal e noutros países do sul da Europa nos últimos anos.

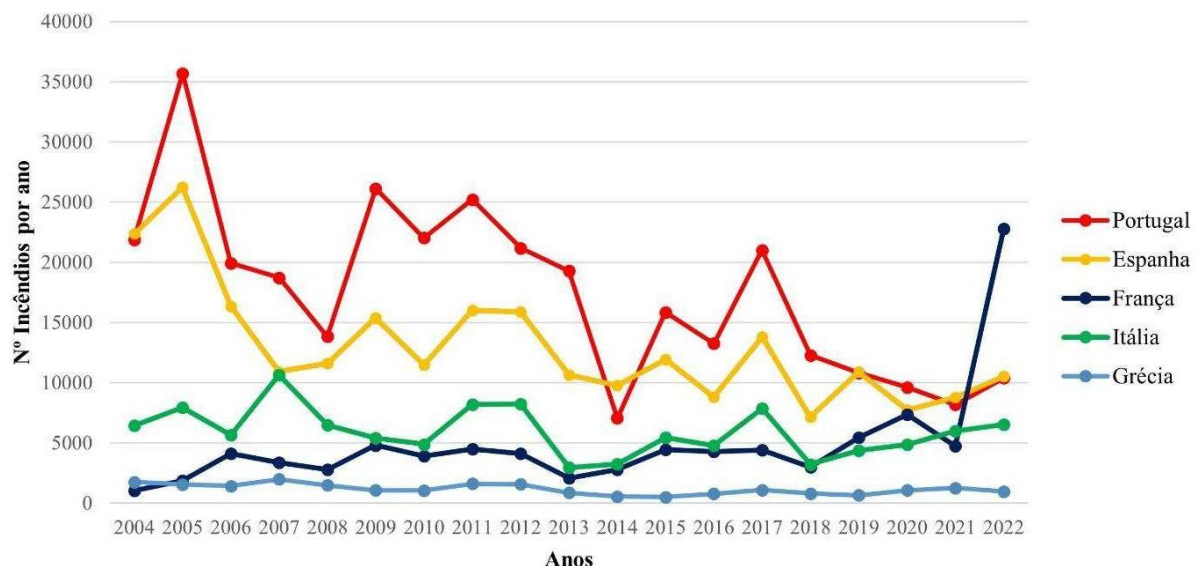


Figura 1 - Número de incêndios nos países do sul da Europa entre 2004 e 2022 [3].

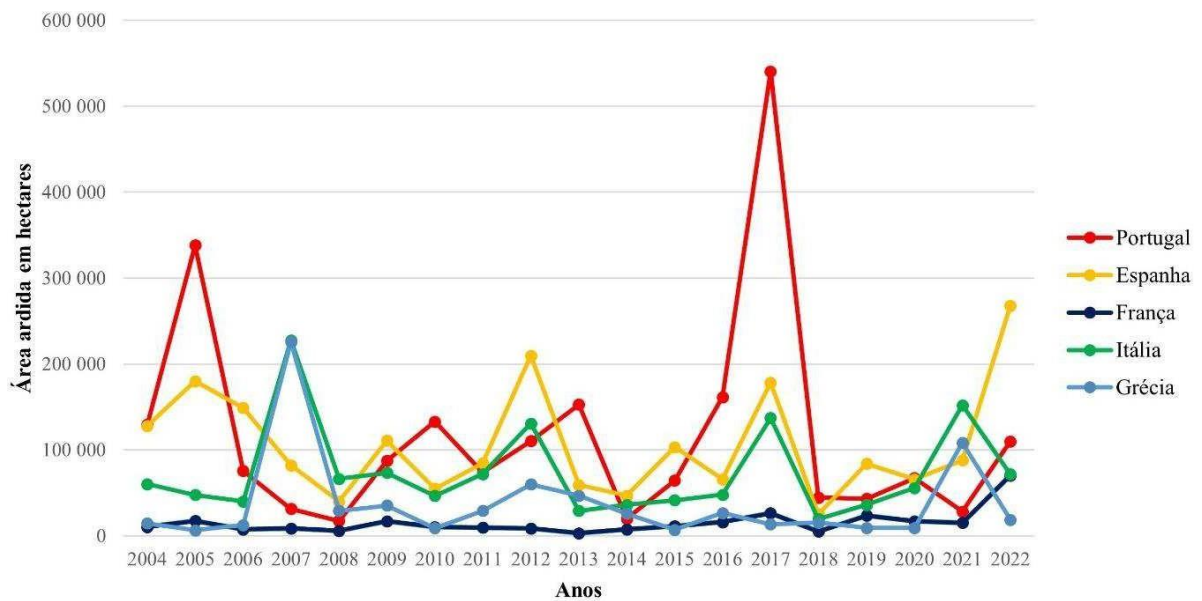


Figura 2 - Área ardida, em hectares, nos países do sul da Europa entre 2004 e 2022 [3].

Os gráficos da Figura 1 e da Figura 2 evidenciam que, apesar de Portugal ser um país com uma área geográfica consideravelmente menor em comparação com os restantes países analisados, tem apresentado, nos últimos anos, quase sempre o maior número de incêndios florestais. Em relação à área ardida, Portugal também registou alguns dos valores mais elevados, destacando-se, mesmo com a sua dimensão reduzida. É importante sublinhar o trágico ano de 2017, durante o qual arderam 540630 hectares no território nacional, um valor impulsionado pelos grandes incêndios que devastaram a zona centro do país [3].

No que diz respeito ao papel específico da GNR no combate a incêndios, esta responsabilidade está atribuída à Unidade de Emergência de Proteção e Socorro (UEPS). A UEPS foi criada em 18 de dezembro de 2018, com a missão de “executar ações de prevenção e intervenção, em todo o território nacional, em situações de acidente grave e catástrofe, designadamente na ocorrência de incêndios” [4].

A UEPS está presente nos 18 distritos de Portugal continental e compreende as seguintes subunidades [5]:

- a. Comando de Grupo de Emergência de Proteção e Socorro;
- b. Companhias de Ataque Estendido;
- c. Companhias de Intervenção de Proteção e Socorro;
- d. Companhia de Intervenção e Proteção em Emergência.

Em 2023, a GNR participou em 3187 missões de combate a incêndios florestais através de equipas helitransportadas. Em 484 dessas missões, a UEPS complementou a atuação das equipas helitransportadas com a utilização de meios terrestres [6].

O combate a incêndios florestais é, essencialmente, um desafio logístico. As forças no terreno, munidas dos meios adequados, precisam de ser rapidamente deslocadas para os locais corretos [7]. Nesse sentido, os militares da GNR devem utilizar os recursos que possuem da melhor forma possível, a fim de combater as chamas eficientemente.

A UEPS combate incêndios florestais de várias formas utilizando meios terrestres. Uma das abordagens envolve equipas de intervenção de proteção e socorro, compostas por quatro militares, que se deslocam em Veículos Ligeiros de Combate a Incêndios (VLCI). O combate a incêndios florestais é dividido em três etapas distintas: 1) a primeira intervenção, conhecida como ataque inicial; 2) seguida pelo ataque ampliado; 3) e por último o período de rescaldo. As equipas que operam com os VLCI desempenham um papel crucial na primeira intervenção, sendo frequentemente os primeiros a chegar ao local do incêndio e a realizar a primeira resposta às chamas [8]. Embora a principal função destas equipas e veículos seja a ação de primeira intervenção em incêndios nascentes, também podem ser mobilizadas para o ataque ampliado em incêndios de maiores dimensões quando necessário [9].

Este trabalho visa avaliar se as soluções atualmente em utilização são as mais adequadas para cumprir a missão da UEPS e verificar se existem lacunas nos meios e equipamentos utilizados pela GNR, particularmente nos VLCI e nos respetivos kits de combate a incêndios, que são fundamentais para a intervenção inicial. Estas eventuais lacunas podem resultar em limitações operacionais, comprometendo a eficiência das operações no terreno.

O principal problema abordado nesta dissertação parte da identificação de eventuais problemas e limitações que existam nos VLCI e respetivos kits de combate a incêndios que os equipam, as quais afetam a capacidade de resposta rápida e eficiente em situações de emergência. A investigação revelou uma lacuna de conhecimento relacionada com a falta de estudos detalhados e soluções desenvolvidas especificamente para otimizar esses veículos e kits, ajustando-os às necessidades reais dos militares que os operam diariamente em cenários adversos e imprevisíveis.

Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho é desenvolver um kit de combate a incêndios para equipar os VLCI da GNR, com o intuito de melhorar a eficiência das operações da UEPS no combate a incêndios florestais. Para alcançar este objetivo, será necessário identificar as necessidades operacionais específicas dos militares que utilizam esses veículos e implementar soluções que garantam a conformidade com a legislação e as

normas de segurança aplicáveis [10].

Os objetivos específicos deste trabalho incluem:

1. Identificar as lacunas de conhecimento nesta área e colmatá-las.
2. Avaliar os kits de combate a incêndios atualmente utilizados pela GNR, identificando as suas principais limitações e áreas de melhoria.
3. Desenvolver soluções técnicas que melhorem a acessibilidade, a ergonomia e a eficiência dos VLCI e dos kits de combate a incêndios.
4. Garantir que as soluções propostas estejam em conformidade com a legislação vigente e as especificações dos veículos.

Por fim, a estrutura desta dissertação está organizada da seguinte forma: inicialmente, é apresentado o enquadramento teórico, onde se faz uma análise detalhada dos incêndios florestais em Portugal e do papel da GNR no combate a estes eventos. Posteriormente, apresenta-se, o estado da arte onde são descritos os VLCI e respetivos kits de combate a incêndio em utilização na GNR e as últimas tecnologias existentes no mercado. Seguidamente, é abordada a metodologia utilizada, com foco na recolha de dados através de entrevistas, inquéritos e visitas de campo, bem como na aplicação da metodologia de desenvolvimento de produto. Posteriormente, são descritos os resultados obtidos, nomeadamente uma proposta de kit a ser instalado nos VLCI, seguido da discussão desses resultados e das suas implicações operacionais. O trabalho termina com a conclusão, onde se refletem os principais contributos da investigação e se apresentam propostas para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DA ARTE

Neste Capítulo efetuou-se uma revisão da literatura e uma avaliação dos equipamentos atuais com o propósito de estabelecer uma base dos conceitos fundamentais utilizados neste trabalho de investigação.

Primeiramente, são apresentados os conceitos de VLCI, bem como os cenários em que são empenhados e quais as suas principais valências. De seguida, abordou-se o conceito de kit de combate a incêndios, assim como todos os seus componentes e subsistemas e mostram-se alguns exemplos de equipamentos que existem no mercado. Posteriormente, analisou-se a legislação vigente que regula os VLCI e os kits de combate a incêndio. A seguir, foi exposta a evolução cronológica dos VLCI utilizados pela GNR, destacando os diferentes kits que os equipam ao longo do tempo. Adicionalmente, introduziu-se o conceito de ergonomia, com especial ênfase na ergonomia participativa. De seguida, é abordada a relevância da ergonomia nos equipamentos de combate a incêndio, destacando como este tema contribui para a segurança e eficiência das operações no terreno. Por fim, são detalhados o processo de desenvolvimento de produto e o modelo V, ambos utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

1.1. Conceito de VLCI e suas valências

De acordo com o regulamento de especificações técnicas de veículos e equipamentos operacionais dos corpos de bombeiros, também aplicável aos VLCI da GNR, este é um “veículo de classe L de categoria 2 ou 3 dotado de bomba de serviço de incêndios e tanque de agente extintor de acordo com a norma Europeia 1846” [10].

Segundo alguns autores, o futuro do combate a incêndios florestais não reside na utilização de veículos pesados, mas sim em veículos ligeiros, ágeis e bem equipados, capazes de se mover rapidamente [11]. De acordo com estes autores, o combate às chamas, no futuro, será realizado em grande escala, com o objetivo de cobrir todos os pontos necessários de forma eficiente, tendo em conta a necessidade de uma resposta rápida a eventuais mudanças nas condições do terreno ou do clima.

Na Figura 3 é possível observar um exemplo de um VLCI que a GNR utiliza.



Figura 3 - Exemplo de VLCI utilizado pela GNR (Mitsubishi L200) [6].

Os VLCI destacam-se pela sua elevada velocidade em comparação com os outros veículos de combate a incêndios, bem como pela sua excelente mobilidade, que lhes permite alcançar zonas de difícil acesso no terreno. No entanto, o principal ponto fraco dos VLCI é a sua capacidade de carga limitada, o que restringe a sua capacidade de resposta em incêndios de maiores dimensões, especialmente quando operam sozinhos, já que não conseguem transportar agente extintor suficiente para extinguir o incêndio de forma autónoma. Um outro fator a considerar é que o custo de aquisição e operação de um VLCI são significativamente inferiores ao de veículos de combate a incêndios de maiores dimensões [7], [12].

1.2. Conceito de kit de combate a incêndios

Um kit de combate a incêndios florestais é um sistema completo e autónomo concebido para combater as chamas, instalado em plataformas de veículos ou atrelados disponíveis no mercado [13]. A função primordial dos veículos equipados com estes kits (VLCI) é realizar o ataque inicial aos focos de incêndio.

Os principais componentes dos kits são o depósito, o grupo motobomba, o carretel com as respetivas mangueiras e as agulhetas. Os kits podem conter ainda outros componentes como material sapador, extintor portátil, jerrican de combustível, entre outros [14].

1.2.1. Tipos de sistemas de combate a incêndios

No mercado, várias empresas especializaram-se no desenvolvimento de kits de combate a incêndios que podem ser operados a partir de veículos ligeiros. Alguns destes kits são específicos para certos modelos, consoante o seu tamanho e capacidade de carga.

No entanto, também estão disponíveis kits universais, que podem ser acoplados a vários modelos ou plataformas, desde que estas possuam a capacidade de carga e a volumetria necessários.

Os kits podem ser classificados de diferentes formas, dependendo dos componentes que os integram.

1.2.1.1. Tipo de depósito de água

Os depósitos de água dos kits variam conforme a sua capacidade e o material de que são feitos. Em termos de capacidade, esta depende do tamanho do veículo, podendo ir de 120 a 1000 litros. Existem no mercado depósitos rígidos e flexíveis. Quanto ao material do depósito, a escolha é influenciada pelas prioridades em termos de resistência, peso ou custo. Os materiais mais comuns são o aço inoxidável, o polietileno e o poliéster reforçado com fibras [15]. Na Figura 4 é possível observar um exemplo de um kit de combate a incêndios com um depósito de 200 litros em polietileno.



Figura 4 - Kit de combate a incêndio com depósito de 200 litros em polietileno [15].

Além dos depósitos rígidos anteriormente mencionados, existem também reservatórios flexíveis. Estes depósitos destacam-se por serem maleáveis e leves quando vazios, facilitando o seu manuseio e transporte [16].

Na Figura 5 é possível observar um kit de combate a incêndios com depósito flexível.



Figura 5 - Kit de combate a incêndios com depósito flexível em tela de poliéster [16].

1.2.1.2. Tipo de motobomba

Um dos componentes principais dos kits de combate a incêndios é a motobomba. Trata-se de um equipamento que consiste numa bomba de fluídos acoplada a um motor. A bomba movimenta o fluído ao converter a energia fornecida pelo motor em energia hidráulica [17].

Existem diversos tipos de motobombas, cada uma com aplicações específicas. No contexto dos kits de combate a incêndios, as bombas podem ser de três tipos distintos: centrífuga, de membranas e de pistões [18]. A principal diferença entre estes tipos de bombas reside no princípio de funcionamento. Na bomba centrífuga, o fluído é movimentado por um disco com pás ou por uma hélice; na bomba de membranas, o movimento do fluído ocorre devido à oscilação de uma membrana; e na de pistões, o fluído é movimentado pelo movimento de vaivém de um ou mais pistões [17].

O motor que equipa a motobomba pode ser elétrico ou de combustão interna, a gasolina ou diesel.

Em termos de desempenho, os kits de combate a incêndio estão equipados com motores de diferentes potências, variando entre 2 e 14 cavalos. O caudal máximo das bombas também varia, entre 20 e 400 litros por minuto, com uma pressão máxima que oscila entre 40 e 200 bar. Na Figura 6, Figura 7, e Figura 8, são apresentados diversos exemplos de kits de combate a incêndio equipados com diferentes tipos de motobombas.



Figura 6 - Kit de extinção com bomba centrífuga [18].



Figura 7 - Kit de extinção com bomba de membranas [18].



Figura 8 - Kit de extinção com bomba de pistões [18].

1.2.1.3. Tipo de carretel, mangueiras e agulhetas.

Os kits de combate a incêndio estão equipados com um carretel onde estão enroladas uma ou mais mangueiras, que, serão ligadas ao grupo motobomba. As mangueiras podem variar em tamanho e em propriedades físicas. Ligadas às mangueiras encontram-se as agulhetas, responsáveis pela dispersão da água. Existem diversos tipos e configurações de agulhetas disponíveis no mercado. Na Figura 9 e Figura 10, são apresentados exemplos dos

equipamentos mencionados.



Figura 9 - Carretel de ataque rápido equipado com uma mangueira de 70 metros de borracha [18].



Figura 10 - Agulheta de extinção de incêndios [18].

1.2.2. Kits de combate a incêndio artesanais

Com a crescente utilização e popularização dos kits de combate a incêndio, começaram a surgir indivíduos e grupo locais (pequenos aglomerados populacionais) que desenvolvem os seus próprios kits de extinção de incêndios para uso próprio. Dessa forma, conseguem proteger os seus terrenos e habitações utilizando um equipamento que pode ter um custo significativamente inferior [19]. Além disso, uma vantagem dos kits artesanais em comparação com os comerciais é a liberdade de design que o utilizador possui, permitindo-lhe desenvolver o kit de acordo com as suas necessidades específicas. Na Figura 11, é apresentado um exemplo de um kit de combate a incêndios desenvolvido nestas condições.



Figura 11 - Kit de combate a incêndios desenvolvido artesanalmente [19].

1.3. Os VLCI e respectivos kits de combate a incêndios utilizados pela GNR

Neste Subcapítulo, serão apresentados os VLCI e os respectivos kits de combate a incêndio que a GNR utilizou ao longo do tempo. Esta análise cronológica permitirá compreender a evolução dos equipamentos utilizados pela GNR, destacando as melhorias tecnológicas e operacionais implementadas ao longo dos anos, bem como a adaptação dos veículos e kits às necessidades específicas das missões de combate a incêndios florestais.

1.3.1. Kit 1ª Geração Honda GX 200

Na Figura 12, é possível observar o veículo equipado com o kit 1ª Geração Honda GX200.



Figura 12 - VLCI equipado com o kit 1ª Geração Honda GX 200 [20].

O veículo distingue-se pela ausência de *hard top*, o que lhe confere maior flexibilidade operacional, mas uma menor proteção do kit. Além disso está equipado com holofotes de iluminação tanto na parte frontal como na retaguarda, proporcionando uma melhoria de visibilidade em condições de baixa luminosidade. Como é possível observar na Figura 12, o material sapador encontra-se instalado na estrutura de proteção, privilegiando a acessibilidade em detrimento da proteção contra o desgaste. A capacidade do seu depósito é de 500 litros, a sua motobomba tem uma potência de 5,8 cavalos e está equipado com um carretel que conta com 5 lanços de mangueiras, cada um com 25 metros [20].

1.3.2. Kit 2ª Geração Honda GX 270

Na Figura 13, é possível observar o veículo equipado com o kit de 2ª Geração Honda GX 270.



Figura 13 - VLCI equipado com o kit de 2ª Geração Honda GX 270 [21].

A principal diferença deste veículo para o anterior é a presença de *hard top*, o que altera a configuração de arrumação do material sapador por cima do depósito, priorizando assim a proteção do próprio kit de combate a incêndios. Em contraste com o kit de 1ª geração, este está equipado com um carretel contendo uma mangueira contínua de 100 metros. Além disso, possui uma caixa redutora de pressão, que permite a escolha entre duas pressões diferentes durante a operação conforme pretendido. A capacidade do depósito manteve-se em 500 litros, enquanto a motobomba oferece uma potência de 8,4 cavalos [21].

1.3.3. Kit 3ª Geração Rato R 420

Na Figura 14, é possível observar o veículo equipado com o kit de 3ª Geração Rato R 420.



Figura 14 - VLCI equipado com o kit de 3ª Geração Rato R 420 [22].

Este veículo é visualmente bastante semelhante ao VLCI equipado com o kit de 2ª geração e aos subsequentes, uma vez que todos possuem *hard top*. No entanto, o kit apresenta

algumas diferenças notáveis, como a arrumação do material sapador, agora posicionada lateralmente ao depósito, e a configuração do carretel, que foi elevado para facilitar o seu manuseamento. A capacidade do depósito foi aumentada para 530 litros, e a motobomba teve a sua potência ampliada para 11,2 cavalos. É importante destacar que este kit é o que existe em maior número nas unidades da GNR [22].

1.3.4. Kit 4ª Geração Honda GX 200

Na Figura 15, é possível observar o veículo equipado com o kit de 4ª Geração Honda GX 200.



Figura 15 - VLCI equipado com o kit de 4ª Geração Honda GX 200 [23].

Nesta geração, o carretel foi reposicionado para uma posição mais baixa, permitindo a instalação de uma prateleira para arrumação adicional por cima do mesmo. Este kit inclui um pequeno painel equipado com um conta-horas do motor. O depósito e os restantes componentes do kit são separados por uma chapa de metal, que permite uma arrumação mais compacta sobre o depósito, reduzindo a oscilação do material sapador durante o movimento do veículo. A capacidade do depósito foi reduzida novamente para 500 litros, e a motobomba foi revertida para o modelo igual ao da 1ª Geração, com uma potência de 5,8 cavalos [23].

1.3.5. Kit 5ª Geração Honda GX 390

Na Figura 16, é possível observar o veículo equipado com o kit de 5ª Geração Honda GX 390.



Figura 16 - VLCI equipado com o kit de 5ª Geração Honda GX 390 [24].

Este kit apresenta uma configuração do depósito que mudou radicalmente em comparação com as gerações anteriores, pois o depósito ocupa toda a base do kit, cobrindo por completo a superfície da caixa de carga. Todos os componentes do kit são montados por cima do depósito, resultando numa disposição mais elevada. Este kit inclui também um painel de controlo equipado com um botão de ligar/desligar, um conta-horas do motor, um manómetro para medir a pressão em todo o sistema e um botão de emergência que permite interromper todo o funcionamento do sistema. Devido a esta nova configuração, a capacidade do depósito foi reduzida para 450 litros. A motobomba oferece uma potência de 11,7 cavalos [24].

1.3.6. Kit 6ª Geração B&S XR 2100

Na Figura 17, é possível observar o veículo equipado com o kit de 6ª Geração B&S XR 2100.



Figura 17 - VLCI equipado com o kit de 6ª Geração.

Este kit retornou à configuração da 4ª geração e anteriores, com o depósito posicionado no fundo da caixa de carga, permitindo a arrumação por cima do depósito. O carretel ficou numa posição elevada, criando espaço adicional para arrumação por baixo dele. A capacidade do depósito é de 450 litros e a motobomba conta com uma potência de 13,5 cavalos.

1.4. Conceito de ergonomia

A ergonomia é a ciência que se dedica a garantir a máxima eficiência das operações realizadas por seres humanos, minimizando as possibilidades de erro, reduzindo a fadiga e eliminando, tanto quanto possível, qualquer risco para o operador. Para isso, adota uma abordagem científica que considera as capacidades e limitações humanas sob os aspetos anatómicos, fisiológicos e psicológicos [25].

1.4.1. Tipos de ergonomia

A ciência da ergonomia adota uma abordagem holística que abrange o ambiente físico, cognitivo e organizacional, cada um com um conjunto específico de considerações. Essas componentes contribuem para a concepção de tarefas, produtos, ambientes e sistemas, tornando-os compatíveis com as necessidades, capacidades e limitações dos seres humanos [26]. A ergonomia pode ser dividida em diferentes tipos:

- Ergonomia física: A ergonomia física considera as características

anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas do ser humano em relação à atividade física. As áreas mais comuns em foco na ergonomia física incluem as consequências de movimentos repetitivos, vibrações, forças aplicadas, posturas de trabalho e condições ambientais [26].

- **Ergonomia cognitiva:** A ergonomia cognitiva aborda as capacidades e limitações cognitivas do ser humano durante a realização de tarefas. Processos mentais como percepção, atenção, memória, raciocínio, aprendizagem e resposta motora são considerados, na medida em que influenciam as interações entre os seres humanos e os elementos mecânicos de um sistema [26].
- **Ergonomia organizacional:** A ergonomia organizacional foca-se na estrutura, nas políticas e nos processos de uma organização. O objetivo deste tipo de ergonomia é criar um sistema harmonioso, considerando as consequências da tecnologia nas relações humanas, nos processos e na organização como um todo [26].
- **Ergonomia participativa:** A ergonomia participativa baseia-se na experiência e conhecimento do grupo de trabalho, envolvendo diretamente os próprios trabalhadores no processo. Os utilizadores de um sistema são considerados os maiores especialistas nesse sistema e, desde que disponham dos conhecimentos, ferramentas e recursos adequados, estão mais bem posicionados para conceber e implementar soluções que reduzam o risco de lesões e melhorem a sua eficiência. Adotar uma abordagem de ergonomia participativa incentiva os utilizadores a colaborar na identificação de falhas, na análise e no desenvolvimento do sistema, contribuindo assim para o seu sucesso e aprimoramento [26].

1.4.2. Ergonomia no combate a incêndios

O dia-a-dia dos indivíduos responsáveis pelo combate aos incêndios caracteriza-se por longos períodos de trabalho de baixa intensidade, intercalados com períodos ocasionais de esforços de intensidade moderada a elevada [27]. Em alguns casos, os bombeiros podem enfrentar trabalho extenuante com duração imprevisível, sob condições de elevada tensão e em ambientes térmicos bastante adversos [28] [29]. No combate a incêndios, as exigências ergonómicas são extremamente elevadas, pois os profissionais que enfrentam as chamadas

estão expostos a situações de alto stress, o que aumenta a probabilidade de cometerem erros. Além do impacto do stress nos indicadores fisiológicos e bioquímicos, os bombeiros estão ainda equipados com roupas de proteção volumosas e pesadas, o que limita os seus movimentos [30]. O sucesso das tarefas realizadas por estes profissionais depende de elevados níveis de força e resistência muscular [31].

Os principais tipos de lesões que os bombeiros e os militares da UEPS sofrem no combate a incêndios são entorses, distensões, dores musculares, e lesões por exposição ao calor, fumo e agentes tóxicos [32]. Estas lesões são, na maioria dos casos, provocadas por:

- Levantamento e transporte de cargas pesadas: Os bombeiros lesionam-se frequentemente ao transportar cargas pesadas, como escadas, mangueiras, caixas médicas e até mesmo pacientes. Estas exigências físicas podem ocorrer durante uma emergência, exigindo rapidez nos movimentos para responder às necessidades [26].
- Manutenção de posições incómodas durante a resposta a emergências: O combate a incêndios frequentemente requer que os bombeiros permaneçam em posições incómodas. Sempre que o corpo é forçado a trabalhar fora da sua posição natural, as exigências físicas aumentam, elevando o risco de lesões. Além disso, o uso de equipamentos de proteção individual contra as chamas limita a mobilidade e agilidade dos bombeiros, tornando movimentos como rastejar, agachamentos e flexões, que são frequentemente necessários, muito mais difíceis e desconfortáveis [26].
- Vibrações: A exposição repetida e prolongada a ferramentas como serras, berbequins ou motobombas que vibram pode causar lesões [26].
- Condições ambientais extremas: A exposição dos bombeiros ao calor extremo pode causar lesões como queimaduras, além de doenças respiratórias resultantes da inalação de fumo [26].

1.4.3. Ergonomia nos VLCI e nos kits de combate a incêndios

Embora não tenha sido encontrada literatura específica sobre ergonomia nos kits de combate a incêndios, existem conceitos gerais de ergonomia em equipamentos de combate a incêndios que podem ser aplicados aos VLCI e aos kits em particular, são estes:

- Controlos acessíveis: Todos os controlos e interruptores dos equipamentos devem estar ao alcance fácil e intuitivo do utilizador, facilitando a realização

das tarefas e tornando a operação dos dispositivos mais eficaz, rápida e precisa [33].

- **Compartimentação estratégica:** A organização dos equipamentos deve ser lógica e prática. A disposição dos artigos pesados em compartimentos inferiores e dos leves em compartimentos superiores permite maior segurança para os bombeiros durante a operação [33].
- **Mecanismos rebatíveis:** O acesso aos equipamentos pode ser facilitado por mecanismos rebatíveis, o que permitindo melhor organização, simplifica a operação; também garante maior proteção dos equipamentos quando não estão a ser utilizados [33].
- **Barras de apoio:** Pegas robustas e barras de apoio estrategicamente colocadas ao longo dos aparelhos auxiliam os bombeiros a operar, manusear e aceder aos equipamentos com maior segurança e facilidade [34].

Para operar os equipamentos de combate a incêndio de forma eficiente e evitar lesões, os operacionais devem adotar os seguintes métodos de mecânica corporal:

- **Aproximar-se o máximo possível do equipamento:** o operacional deve aproximar-se o mais possível do equipamento de combate a incêndio quando estiver a operar com o mesmo [26].
- **Alinhar corretamente as articulações ao suportar e transportar cargas:** quando os bombeiros estiverem a suportar e transportar cargas, devem manter as ancas, os joelhos e os tornozelos na mesma direção [26].
- **Manter a coluna vertebral neutra ao realizar técnicas de elevação:** ao realizar técnicas de elevação, os bombeiros devem manter a coluna vertebral neutra e flexionar os joelhos quando necessário [26].
- **Mover os pés em vez de torcer o corpo ao mudar de direção:** ao mudar de direção, os bombeiros devem girar ou mover os pés em vez de torcer o corpo [26].
- **Ajustar a postura em caso de desconforto:** Se, ao operar com os equipamentos de extinção de incêndio, os bombeiros sentirem alguma posição incômoda, devem ajustar a sua postura corporal [26].

1.5. Processo de desenvolvimento de produto

Neste trabalho foi utilizado o processo de desenvolvimento de produto para desenvolver o kit de combate a incêndios. Esta abordagem segue as propostas apresentadas por Ulrich e Eppinger em [35].

O processo de desenvolvimento de produto engloba todas as atividades que se iniciam com a identificação de uma oportunidade de mercado e culminam na produção, venda e entrega do produto. Os autores identificam cinco dimensões para avaliar o sucesso do processo de desenvolvimento de produto: a qualidade do produto, o seu custo de produção, o tempo e o custo envolvidos em todo o processo de desenvolvimento, e a capacidade da equipa de desenvolvimento para realizar futuros projetos [35].

O processo de desenvolvimento de produto está dividido em seis fases, como se pode observar na Figura 18.

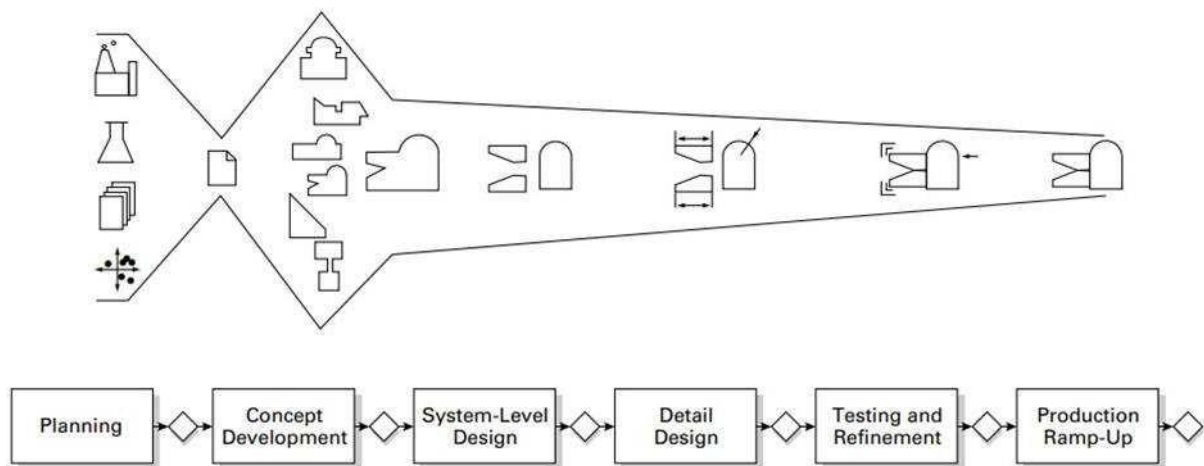


Figura 18 - Processo genérico do desenvolvimento de produto [35].

1. *Planning* ou Planeamento: Esta fase começa com a identificação de oportunidades e a avaliação dos desenvolvimentos tecnológicos existentes no mercado. O resultado da fase de planeamento é a declaração da missão do projeto, que especifica o mercado-alvo do produto, os seus objetivos, os principais pressupostos e restrições.
2. *Concept Development* ou Desenvolvimento do Conceito: Nesta fase, são identificadas as necessidades do mercado-alvo, e são criados e avaliados conceitos de produtos alternativos. Um ou mais conceitos são então selecionados para serem desenvolvidos e testados. Um conceito é uma descrição da forma, da função e das características de um produto,

normalmente acompanhada por um conjunto de especificações, uma análise dos produtos concorrentes e uma justificação do projeto.

3. *System-level Design* ou Dimensionamento ao Nível do Sistema: Esta fase inclui a definição da arquitetura do produto, a decomposição do produto em subsistemas e componentes, e o design inicial de alguns componentes-chave. Também são definidos nesta fase os planos iniciais para o sistema de produção e a montagem final.
4. *Detail Design* ou Dimensionamento ao Pormenor: Nesta fase, são definidas as especificações completas das geometrias, materiais e tolerâncias de todas as peças do produto, bem como a identificação das peças padrão a serem adquiridas a fornecedores.
5. *Testing and Refinement* ou Testes e Aperfeiçoamento: Esta fase envolve a construção e avaliação de várias versões de pré-produção do produto, conhecidas como protótipos.
6. *Production Ramp Up* ou Lançamento da Produção: Nesta fase, o produto começa a ser produzido utilizando o sistema de produção previsto. O objetivo do arranque é resolver quaisquer problemas que possam surgir nos processos de produção [35].

1.6. Modelo V

Em complemento do processo de desenvolvimento de produto, utilizou-se o Modelo V. Este modelo organiza o processo de desenvolvimento de sistemas de forma sequencial, com ênfase na verificação e validação em cada fase do processo, para garantir produtos ou sistemas de alta qualidade [36]. O modelo apresenta uma representação gráfica semelhante à letra “V”, como é possível observar na Figura 19.

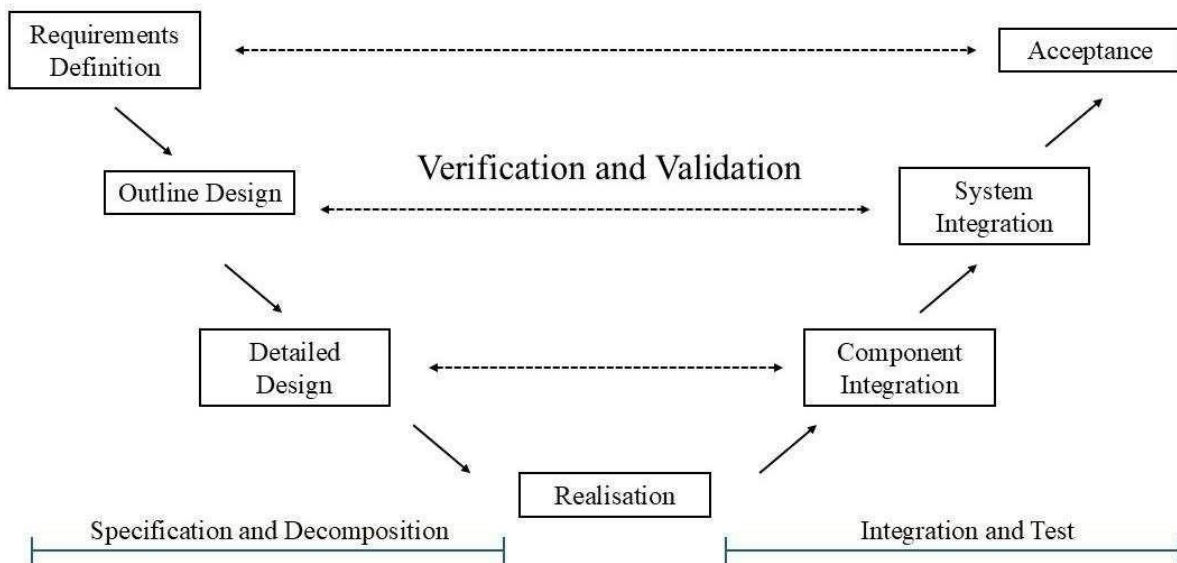


Figura 19 – Representação gráfica do modelo em V [36].

O modelo em V é composto por dois ramos principais. O lado esquerdo do V representa as fases de planeamento, conceção e desenvolvimento, incluindo a recolha de requisitos, a conceção do sistema, o design ao detalhe, o fabrico e a montagem. Cada uma destas fases corresponde a uma atividade de integração no lado direito do V. As atividades de verificação e validação ao longo do modelo incluem revisões, inspeções, testes e análises. Esta abordagem estruturada garante que cada fase do processo está intimamente ligada à sua atividade de verificação correspondente, promovendo a deteção precoce de defeitos e reduzindo o risco de retrabalho dispendioso.

CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA

Neste Capítulo, será apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho que teve por base o processo de desenvolvimento de produto e o modelo V. Esta abordagem segue as propostas apresentadas por Ulrich e Eppinger em [35] e o modelo V que se encontra em [36]. O Capítulo detalha os métodos utilizados para cumprir com o processo de desenvolvimento do produto, de realçar que apenas se cumpriram as quatro primeiras fases do processo de desenvolvimento de produto, desde o planeamento até ao dimensionamento ao pormenor. Não foi possível dar continuidade ao processo de desenvolvimento de produto, uma vez que não houve a oportunidade de desenvolver protótipos e realizar os respetivos testes.

2.1 Metodologia utilizada no Planeamento

Durante a fase de planeamento, foram utilizados diversos métodos, como visitas exploratórias e estudos de mercado, com o objetivo de obter uma compreensão aprofundada da temática em estudo e das necessidades específicas do mercado.

Primeiramente, foi conduzida uma visita exploratória à Unidade de Intervenção da GNR, em Lisboa, permitindo um primeiro contacto direto e em que se ficou a conhecer o que é um VLCI e os kits de combate a incêndio que os equipam.

Posteriormente, foi realizada uma pesquisa detalhada para identificar a legislação aplicável aos VLCI e aos respetivos kits de combate a incêndios, garantindo que o desenvolvimento do projeto cumpra todas as normas e requisitos legais exigidos. No que diz respeito a legislação aplicável, o Despacho Normativo nº 7316/2016, emitido em 2016 pelo Ministério da Administração Interna – Autoridade Nacional de Proteção Civil, estabelece o regulamento das especificações técnicas para veículos e equipamentos operacionais dos corpos de bombeiros [10]. Este regulamento define os requisitos técnicos que um Veículo Ligeiro de Combate a Incêndios (VLCI) e o respetivo kit de combate a incêndios dos corpos de bombeiros devem cumprir, sendo também aplicável aos VLCI da GNR.

De seguida, foram realizadas visitas e entrevistas exploratórias aos Bombeiros Voluntários de Torres Vedras, com o objetivo de conhecer os VLCI e os kits de combate a incêndio que utilizavam, bem como compreender uma realidade operacional diferente da GNR.

Além disso, foram realizadas visitas e entrevistas exploratórias a três empresas

carroçadoras: TRKW – Automotive Technology, Extincêndios – Equipamentos de Proteção e Segurança e Fourheka. Estas empresas são responsáveis pela transformação dos veículos comerciais em VLCI e pela montagem dos kits de combate a incêndio. O objetivo dessas visitas foi compreender o processo de desenvolvimento destes produtos, o tipo de interação que mantêm com as instituições para as quais desenvolvem os kits e os cuidados adotados no desenvolvimento dos veículos. Essas visitas também forneceram conhecimentos valiosos sobre as inovações mais recentes no mercado.

Por último, realizou-se um estudo de mercado abrangente, que analisou os diferentes tipos de veículos disponíveis, bem como os diversos kits de combate a incêndio comercializados. É possível observar parte deste estudo mercado no Capítulo 1 deste trabalho.

2.2 Metodologia utilizada no Desenvolvimento do Conceito

Durante a fase de desenvolvimento do conceito realizaram-se questionários por inquérito e entrevistas mais exaustivas a militares da UEPS que operam ou já operaram com os VLCI e respetivos kits de combate a incêndio, de modo a identificar as necessidades dos operacionais, que constituem o mercado-alvo.

Neste sentido, foi realizada uma visita à UEPS em Coimbra, onde foram recolhidos detalhes de todos os VLCI e das respetivas gerações de kits que os equipam, conforme descrito no Capítulo 1. A visita e apresentação foi conduzida por operacionais com experiência diária no uso desses equipamentos, o que permitiu a recolha de informações valiosas para o desenvolvimento do projeto. Na Figura 20, é possível visualizar os VLCI expostos durante a visita.



Figura 20 - VLCI expostos durante a visita à UEPS em Coimbra.

Tendo por base uma abordagem de ergonomia participativa, realizou-se um

questionário por inquérito a 354 militares que operam ou já operaram com um VLCI e o respetivo kit de combate a incêndios. No Apêndice 1 encontra-se o guião do questionário por inquérito. Este inquérito teve como objetivo recolher informações diretamente dos operacionais que utilizam os equipamentos, identificando as suas necessidades, experiências e sugestões de melhoria, de modo a garantir que as soluções propostas atendam às necessidades reais e práticas do terreno.

Em seguida, com base nas respostas aos questionários, foi elaborada uma lista de requisitos que refletia as necessidades dos operacionais. A partir desses requisitos, foi construída a primeira lista de especificações do projeto, que orientou o desenvolvimento do kit de combate a incêndios.

2.3. Metodologia utilizada no Dimensionamento ao Nível do Sistema

Na fase de Dimensionamento ao Nível do Sistema, começou por se realizar a decomposição do kit de combate a incêndios em sistemas, subsistemas e componentes. Esta decomposição teve como objetivo analisar de forma mais detalhada e organizada cada componente e as suas interações.

De seguida, definiu-se a arquitetura do kit através da elaboração de um esquema, que possibilitou a visualização da primeira configuração do sistema.

2.4. Metodologia utilizada no Dimensionamento ao Pormenor

Primeiramente, na fase de Dimensionamento ao Pormenor, foi definido o fator de segurança do projeto, recorrendo ao método de Pugsley, assegurando que o design e os materiais selecionados oferecessem a robustez necessária para as condições operacionais previstas.

De seguida, a fase de Dimensionamento ao Pormenor, cada componente foi dimensionado em detalhe para atender à lista de especificações do projeto. Para isso, foram utilizados métodos como desenhos, com o objetivo de ilustrar uma primeira representação daquilo que seriam as versões finais dos componentes desenvolvidos. Com base nestes desenhos desenvolveu-se um modelo em *SolidWorks* que permitiu organizar a configuração de todos os componentes do kit. Também foram utilizadas simulações de elementos finitos, no software *SolidWorks*, para garantir que os componentes dimensionados conseguiram responder às cargas solicitadas, cumprindo sempre o fator de segurança do projeto. Também no *SolidWorks*, foram realizadas análises de vibração no dimensionamento dos sinoblocos

da motobomba de modo a verificar que esta não entrava em ressonância, garantindo que a sua primeira frequência natural se encontrava acima da máxima frequência de trabalho da motobomba. Todos os métodos acima descritos permitiram validar o desempenho dos componentes e garantir sua conformidade com as especificações definidas.

Posteriormente, realizou-se uma comparação entre as soluções disponíveis no mercado e a primeira lista de especificações do projeto. O objetivo dessa comparação foi ajustar e modificar algumas das especificações inicialmente definidas, tornando-as mais realistas, viáveis e adequadas ao mercado, bem como alinhadas com as soluções já existentes no que respeita aos componentes adquiridos (por exemplo: grupo motobomba, mangueiras e agulhetas).

CAPÍTULO 3 – RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos com a aplicação da metodologia descrita no capítulo anterior.

3.1. Planeamento

No que diz respeito à fase do Planeamento, os resultados obtidos são relativos ao estudo de mercado e tecnologias existentes. Foram identificadas as duas maiores restrições dos veículos para o desenvolvimento deste projeto: o tamanho da caixa de carga e a capacidade de carga útil do veículo.

3.1.1. Identificação das restrições do mercado

De acordo com o regulamento das especificações técnicas para veículos e equipamentos operacionais dos corpos de bombeiros, um VLCI corresponde a um veículo ligeiro, com carroçaria do tipo *pick up*, e com uma massa total máxima de até 3500 kg. Esta tipologia de veículos impõe como principais restrições ao projeto as dimensões da caixa de carga e a capacidade de carga útil. Assim, foi realizado um estudo para identificar as diferentes características técnicas dos veículos comercializados por cada marca e modelo, a fim de obter valores de referência adequados para o desenvolvimento do projeto.

As dimensões da caixa de carga correspondem ao espaço disponível onde o kit será instalado, definindo, assim, as medidas máximas que o kit pode ter. Na Tabela 1 é possível observar as dimensões da caixa de carga de 5 veículos com carroçaria *pick up* comercializados em Portugal.

Tabela 1 - Dimensões da caixa de carga de 5 veículos com carroçaria *pick up* comercializados em Portugal.

Marca	Modelo	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Largura entre as rodas (mm)	Altura (mm)
Toyota	Hilux	1525	1540	-	480
Ford	Ranger	1544	1584	1204	529
Mitsubishi	L200	1500	1520	-	-
Volkswagen	Amarok	1624	1584	1224	-
Isuzu	D-Max	1495	1530	-	490

Pode-se observar que o comprimento da caixa de carga dos veículos ligeiros mencionados na Tabela 1 varia entre 1495 mm e 1624 mm, enquanto a largura oscila entre

1520 mm e 1584 mm. No que se refere à largura entre as rodas, foi possível obter apenas dois valores, 1204 mm e 1224 mm. Quanto à altura, esta varia entre 480 mm e 529 mm.

A capacidade de carga útil do veículo refere-se à massa máxima que o veículo pode transportar, excluindo o peso do condutor. Na Tabela 2 é possível observar o peso bruto do veículo e a capacidade de carga útil de 5 veículos com carroçaria *pick up* comercializados em Portugal.

Tabela 2 - Capacidade de carga útil de 5 veículos com carroçaria *pick up* comercializados em Portugal.

Marca	Modelo	Peso Bruto (kg)	Capacidade de Carga Útil (kg)
Toyota	Hilux	3210	895
Ford	Ranger	3350	975
Mitsubishi	L200	2910	960
Volkswagen	Amarok	3350	968
Isuzu	D-Max	3100	1025

É possível observar que o peso bruto dos veículos ligeiros listados na Tabela 2 varia entre 2910 kg e 3350 kg, com os maiores valores atribuídos ao Ford Ranger e ao Volkswagen Amarok. No que se refere à capacidade de carga útil, esta varia entre 895 kg e 1025 kg, sendo o Isuzu D-Max o veículo com a maior capacidade de carga entre os modelos analisados.

3.2. Desenvolvimento do Conceito

Na fase de Desenvolvimento do Conceito, os resultados obtidos incluem as respostas aos questionários realizados aos militares da UEPS e a primeira lista de especificações do projeto.

3.2.1. Respostas aos questionários por inquérito

No Apêndice 2, encontra-se a caracterização da amostra dos militares inquiridos, bem como os gráficos que ilustram os resultados obtidos a partir das respostas aos questionários por inquérito.

Na secção “Caracterização do VLCI”, os dados revelam que a grande maioria dos militares (92,4%) utiliza o modelo Mitsubishi L200 como VLCI, seguido pela Toyota Hilux (5,9%). Quanto aos cenários de utilização, o ataque inicial a incêndios florestais é a principal operação mencionada, representando 21,9% das respostas, seguido do combate a incêndios rurais (19,1%) e do ataque ampliado a incêndios florestais e patrulhamento florestal, ambos com 14,5%. Utilizações como operações de salvamento e socorro e patrulhamento policial

têm menor incidência, enquanto tarefas como buscas a desaparecidos e fiscalização/vigilância foram mencionadas por apenas 1,7% dos inquiridos.

A secção seguinte, intitulada “Caraterização dos kits de combate a incêndio”, focou-se na análise de cada geração dos kits, com o objetivo de identificar os seus pontos fortes e fracos. Esta análise permitiu avaliar as diversas gerações, destacando os aspetos que mais contribuem para a eficiência das operações no terreno, assim como as áreas que necessitam de melhorias.

Na análise dos pontos fortes do kit de combate a incêndios da 1ª Geração Honda GX 200, os militares destacaram sobretudo a facilidade de utilização e a fiabilidade/durabilidade (24,4%), seguidas pela simplicidade de operação (16,7%). A robustez e a potência/pressão da motobomba também foram mencionadas, mas com menor frequência, enquanto a rapidez no início da operação foi apontada por 5,1%. Quanto aos pontos fracos, o maior problema identificado foi a potência/pressão da motobomba (40,8%), seguido da capacidade limitada do depósito de água (25%). Questões de manutenção tardia e desgaste do material também foram apontadas, assim como dificuldades no acesso às ferramentas e outros problemas menores, como a falta de válvulas de segurança e o escape da motobomba.

Relativamente ao kit de combate a incêndios da 2ª Geração Honda GX 270, os militares destacaram como principais pontos fortes a potência/pressão da motobomba (33,3%) e o mecanismo de alta pressão (22,2%). Outros aspetos positivos mencionados foram a simplicidade de operação, a robustez, a fiabilidade, e a capacidade de abastecimento do depósito, todos com 11,1% das respostas. No entanto, entre os pontos fracos, a capacidade do depósito de água, a disposição do abastecimento do kit, e o próprio sistema de alta pressão foram os mais referidos, cada um com 22,2%. Outros problemas incluíram a mangueira de lance contínuo de 100 metros, a falta de espaço para arrumação, e a operabilidade da motobomba, todos mencionados por 11,1% dos inquiridos.

Relativamente ao kit de combate a incêndios da 3ª Geração, os militares identificaram como principais pontos fortes a potência/pressão da motobomba (34,7%) e a facilidade de utilização (29,5%), indicando que o desempenho da motobomba e a facilidade de operação são muito apreciados. Outros aspetos mencionados incluem a simplicidade de operação (9,3%), a fiabilidade (8,8%) e a eficiência do kit (4,1%), com menor destaque, mas ainda importantes. Nos pontos fracos, a potência/pressão da motobomba também foi referida como uma limitação por 27,2% dos militares, seguida pela capacidade do depósito de água (26,4%), o que sugere que, apesar da potência, o desempenho global do kit é comprometido

em certos cenários. Outros problemas mencionados incluem o filtro de água frágil (9,2%), a regulação de pressão ineficiente (5,9%) e a comunicação ineficaz entre militares devido ao ruído (5%), destacando desafios operacionais e de manutenção.

Na 4ª Geração Honda GX 200, os militares apontaram como principais pontos fortes a potência/pressão da motobomba (47,8%) e a facilidade de utilização (17,4%), seguidos pela fiabilidade (8,7%). Outros aspetos, como a configuração do depósito e o regulador de pressão, foram mencionados por 4,3% dos inquiridos. Entre os pontos fracos, a capacidade do depósito de água foi o mais destacado (42,1%), seguida pela falta de espaço para operar o kit e a visibilidade do nível de água, ambos com 15,8%. Outros problemas menores incluíram a manutenção tardia e o enrolador de mangueiras, cada um com 5,3% das respostas.

Para o kit de combate a incêndios da 5ª Geração, o principal ponto forte identificado foi a potência/pressão da motobomba, mencionada por 73,9% dos militares. Outros pontos fortes, embora com menor destaque (4,3% cada), incluem a velocidade de abastecimento, o regulador de pressão, a acessibilidade dos equipamentos, a simplicidade de operação, e a fiabilidade. Entre os pontos fracos, os militares apontaram a capacidade do depósito de água e o facto da bomba desferrar com facilidade, ambos com 31% das respostas. Também foram mencionados problemas relacionados à localização do chupador dentro do depósito (13,8%) e com a arquitetura do depósito (10,3%), além da necessidade de ferrar a bomba manualmente (6,9%).

Para o kit de combate a incêndios da 6ª Geração, os militares destacaram três pontos fortes, cada um com 33,3% das respostas: o espaço de trabalho na envoltória do kit, a potência/pressão da motobomba, e a facilidade de utilização. Nos pontos fracos, o principal problema identificado foi a capacidade do depósito de água (33,3%). Outros pontos fracos mencionados, cada um por 16,7% dos militares, foram a dificuldade de verificar o nível de água do depósito, a falta de inclinações dentro do depósito, a localização da tampa superior do depósito, e a falta de arrumação para material sapador.

Na secção seguinte, procurou-se obter *feedback* dos militares e as sugestões de melhoria para os kits de combate a incêndio, com o objetivo de otimizar o seu desempenho e eficiência no terreno. A principal consideração apontada pelos militares foi a necessidade de um maior depósito de água, mencionada por 26,8% dos participantes. A pressão/potência adequada da motobomba também foi destacada, representando 13,5% das respostas. Outros fatores relevantes incluem a qualidade e durabilidade dos materiais do kit (8,8%), a

necessidade de um sistema de travagem e suspensão adequados para os veículos (8,5%), e a fiabilidade dos equipamentos (6,5%). Além disso, foram destacadas a facilidade de acesso e transporte de ferramentas (5,6%) e a standardização dos kits utilizados pela UEPS (5,6%). Aspetos como iluminação interna e externa da caixa do VLCI (4,7%), e colocação da abertura superior do depósito de água numa lateral do veículo (4,7%) também foram mencionados. Outros militares sugeriram que os operacionais da UEPS acompanhassem a aquisição dos VLCI (3,4%) e que houvesse mais robustez dos equipamentos (3,4%). Sugestões menos frequentes incluíram a melhoria no manuseamento das mangueiras, fácil retirada dos kits, e a localização adequada do chupador dentro do depósito. Na Figura 21 é possível observar as respostas referentes à pergunta “Que aspetos teria em consideração se fosse responsável pela aquisição dos próximos VLCI e kits de combate a incêndio?”.

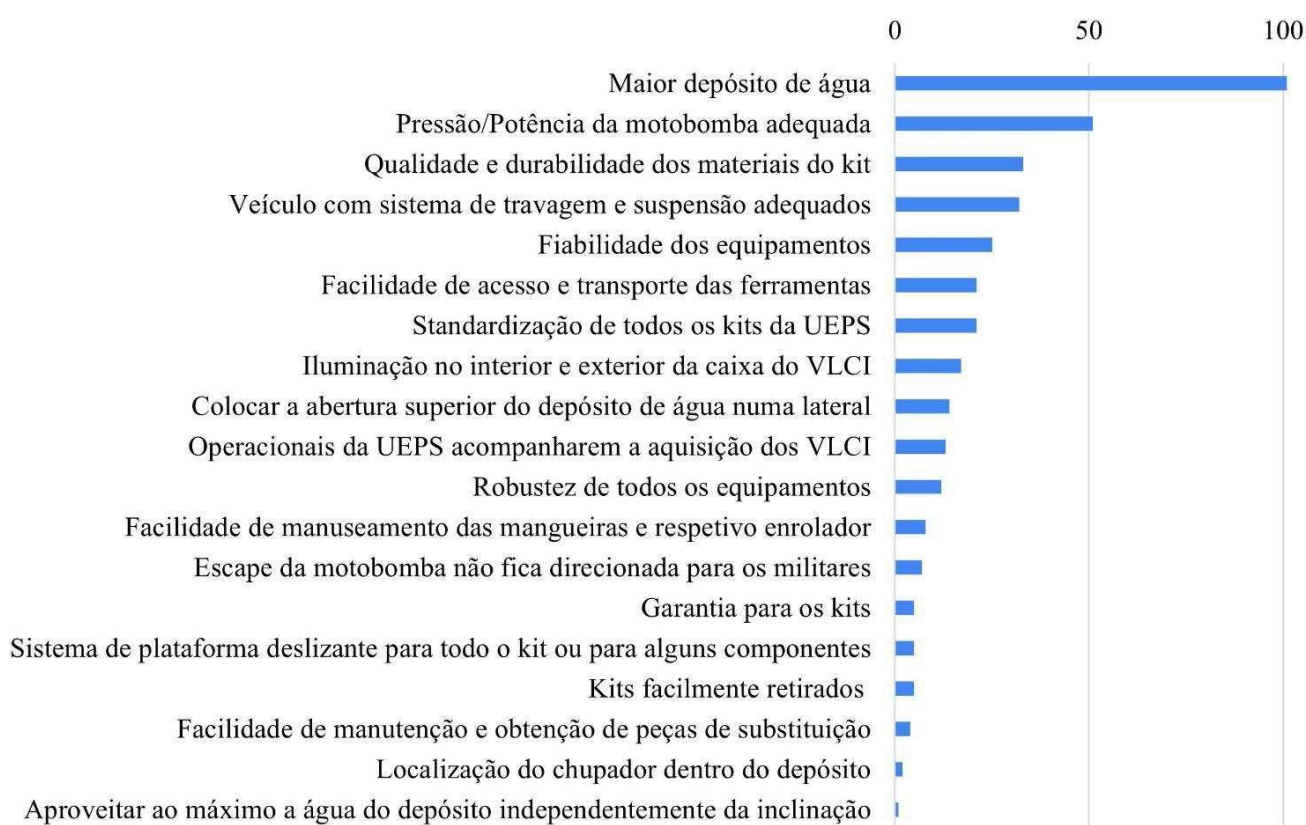


Figura 21 – Respostas do questionário à pergunta “Que aspetos teria em consideração se fosse responsável pela aquisição dos próximos VLCI e kits de combate a incêndio?”.

Na questão referente às funcionalidades ou equipamentos adicionais que os militares gostariam de ver incluídos nos VLCI ou nos kits de combate a incêndio, os enroladores de mangueiras automáticos foram a principal sugestão, apontada por 35,6% dos participantes. Em segundo lugar, foram mencionados focos de luz de trabalho, com 20,2% das respostas.

Outras sugestões incluem a adição de uma plataforma deslizante para facilitar o acesso aos elementos do kit (9,6%), a preferência por um VLCI sem *hard top* (8,7%), e a implementação de uma válvula de retorno automática (5,8%). Também foram referidas melhorias como armazenamento para kits de primeiros socorros (3,8%) e para o corpo chupador (2,9%), assim como a inclusão de espumífero como agente extintor opcional (1,9%) e de um sistema de dispersores para emergências (1,9%). Respostas menos frequentes sugeriram a adição de mangueira rígida, guincho na retaguarda, cordas, tomada de 220V, e espaços para armazenar o equipamento de proteção individual da equipa e alimentação operacional, entre outras funcionalidades. Na Figura 22 é possível observar as respostas referentes à pergunta “Existe alguma funcionalidade ou equipamento adicional que gostaria que fosse incluído no VLCI ou no kit de combate a incêndio com que habitualmente opera?”

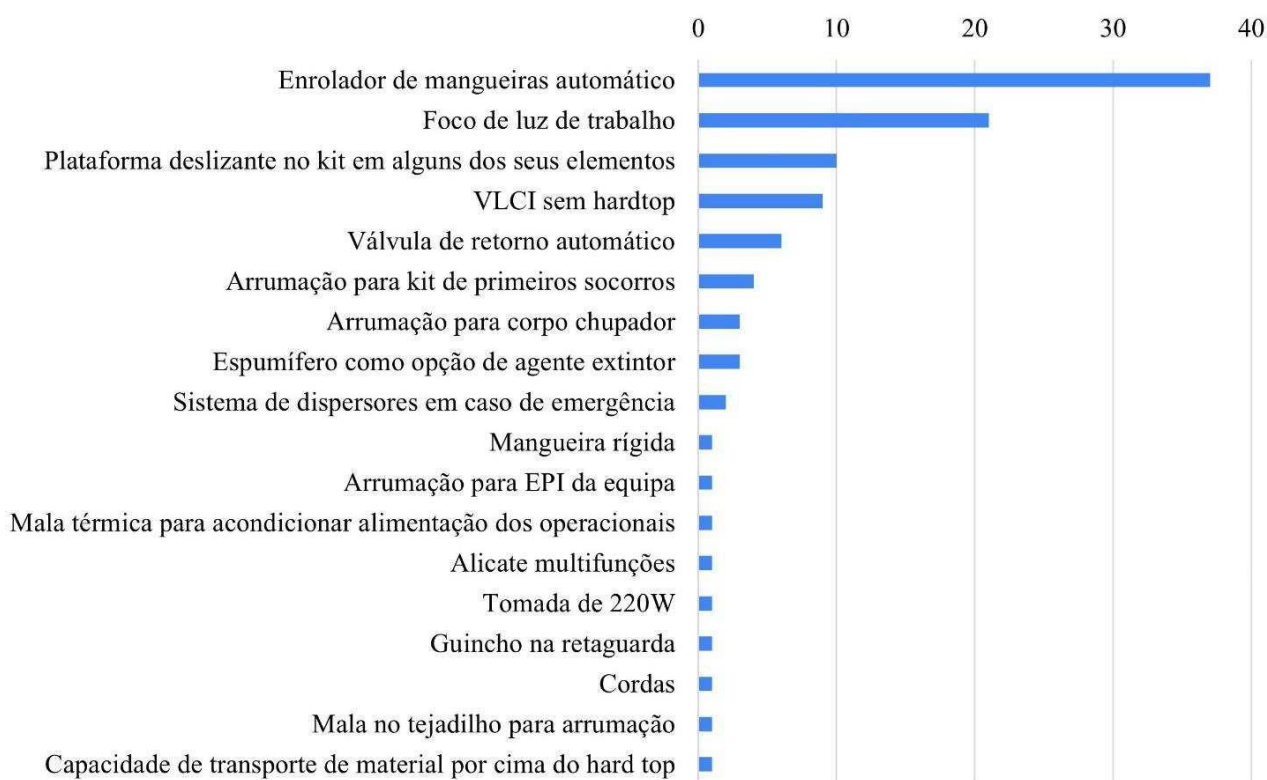


Figura 22 - Respostas do questionário à pergunta "Existe alguma funcionalidade ou equipamento adicional que gostaria que fosse incluído no VLCI ou no kit de combate a incêndio com que habitualmente opera?"

3.2.2. Especificações iniciais do projeto

Com base nos dados obtidos nas visitas e entrevistas exploratórias, bem como nas informações recolhidas através dos questionários, foi elaborada uma tabela que lista os requisitos dos militares em relação aos VLCI e respetivo kit de combate a incêndio. Estes requisitos foram classificados por grau de importância, numa escala de 1 a 3, onde 3

representa o mais significativo e 1 o menos relevante. É possível consultar esta informação na Tabela 3.

Tabela 3 - Requisitos do projeto relativos aos VLCI e respetivo kit de combate a incêndios.

Nº req.	Elemento	Requisito	Importância
1	VLCI	O veículo deve possuir uma motorização fiável e robusta.	3
2	VLCI	O veículo deve possuir uma autonomia elevada.	2
3	VLCI	O veículo deve conseguir circular em estradas todo-o-terreno com inclinações elevadas.	3
4	VLCI	O veículo deve conseguir transportar os militares e o equipamento necessário para realizar o ataque inicial às chamas.	3
5	VLCI	O veículo deve ter o seu kit protegido de modo a aumentar a sua durabilidade, mas a sua acessibilidade não pode ficar impedida.	2
6	Geral Kit	O kit deve possuir um mostrador com as horas de motor.	2
7	Geral Kit	O kit deve possuir um mostrador com a pressão a que o sistema se encontra.	3
8	Geral Kit	O kit deve possuir um sistema de emergência caso seja necessário parar o mesmo.	3
9	Geral Kit	O kit deve operar com diversos tamanhos de mangueiras.	1
10	Geral Kit	O kit deve conter uma chave com capacidade para abrir todas as bocas de incêndio a nível nacional.	2
11	Geral Kit	A disposição de todos os elementos e equipamentos do kit deve ser feita de forma lógica e organizada tendo uma razão de ser para o local onde cada coisa está colocada.	1
12	Geral Kit	O kit deve permitir ser colocado e retirado do VLCI quando necessário.	1
13	Geral Kit	O kit, quando instalado no VLCI, deve estar fixo à caixa de carga.	3
14	Geral Kit	O kit deve ter a possibilidade de abastecer o seu depósito de diversas formas.	1
15	Geral Kit	Em caso de necessidade a pressão no sistema deve baixar automaticamente de modo que o mesmo não se danifique.	2
16	Geral Kit	O kit deve poder ser operado com mais do que uma mangueira em simultâneo.	1
17	Geral Kit	Os militares devem conseguir operar com o kit à noite e em situações de baixa luminosidade.	2
18	Depósito de água	O depósito deve conter quantidade de água suficiente para realizar o ataque inicial ao incêndio.	2
19	Depósito de água	O depósito deve permitir a utilização da água no seu interior mesmo em terrenos inclinados.	2
20	Depósito de água	O depósito deve ser resistente e duradouro.	2
21	Depósito de água	O depósito deve ser de fácil abastecimento.	2
22	Depósito de água	O interior do depósito deve ser acessível para que seja possível realizar a sua limpeza.	1
23	Depósito de água	Quando o VLCI se desloca a água do depósito não deve interferir com a estabilidade do VLCI.	3
24	Depósito de água	O depósito deve permitir o vazamento total do líquido no seu interior.	1
25	Depósito de água	O nível de água do depósito deve ser visível para os operadores do kit.	2
26	Depósito de água	A água que passa do depósito para a bomba não deve conter resíduos.	2

27	Motobomba	O motor deve fornecer potência suficiente à bomba para puxar a água do depósito.	3
28	Motobomba	O grupo motobomba deve ser compacto e ocupar pouco espaço.	1
29	Motobomba	O grupo motobomba deve ser de fácil manutenção.	1
30	Motobomba	O arranque do motor deve ser fácil e independente do funcionamento VLCI.	2
31	Motobomba	A vibração do grupo motobomba deve ser absorvida.	2
32	Motobomba	A bomba deve ser ferrada rapidamente.	2
33	Agulhetas	As agulhetas devem regular a quantidade de água de forma eficiente e realizar a primeira intervenção do incêndio de forma eficaz.	3
34	Agulhetas	As agulhetas devem ser robustas e resistentes.	2
35	Agulhetas	As agulhetas devem ser confortáveis para o utilizador.	1
36	Mangueiras	As mangueiras devem ter comprimento suficiente para realizar o ataque inicial às chamas.	2
37	Mangueiras	As mangueiras devem aguentar a pressão que a motobomba coloca nas mesmas.	3
38	Mangueiras	As mangueiras devem ser resistentes e duradouras.	2
39	Carretel	O carretel deve suportar todas as mangueiras necessárias para realizar o ataque inicial do incêndio.	2
40	Carretel	As mangueiras devem estar acessíveis a operar de forma rápida, intuitiva e prática.	2

Considerando os requisitos operacionais mencionados foram definidas as especificações iniciais do projeto, disponíveis na Tabela 4.

Tabela 4 – Especificações iniciais do projeto relativas aos VLCI e respetivo kit de combate a incêndios.

Nº req.	Nº espec.	Elemento	Especificação	Uni.	Val.
1,2	1	VLCI	O veículo tem de possuir motorização térmica	-	-
3	2	VLCI	Potência do veículo	cv	≥ 135
3	3	VLCI	Torque do veículo	Nm	≥ 400
3	4	VLCI	O veículo tem de possuir tração integral.	-	-
4	5	VLCI	Capacidade de carga útil do veículo	kg	≥ 1100
4	6	VLCI	Número de lugares	-	≥ 4
4	7	VLCI	O veículo tem de possuir carroçaria do tipo <i>pick up</i> com cabine dupla.	-	-
5	8	VLCI	O veículo tem de possuir <i>hard top</i> com aberturas laterais e traseira.	-	-
4	9	Kit Geral	Comprimento do kit	mm	≤ 1520
4	10	Kit Geral	Largura do kit	mm	≤ 1500
4	11	Kit Geral	Largura do kit na zona que fica entre as rodas do veículo.	mm	≤ 1150
4	12	Kit Geral	Altura do kit.	mm	≤ 800
6,7,8	13	Kit Geral	O kit tem de possuir um painel indicativo com contador das horas de motor, manómetro com pressão a que o sistema se encontra e botão de emergência para parar o sistema.	-	-
9	14	Kit Geral	O kit tem de possuir duas saídas: uma com união <i>Storz C-52</i> e outra com união <i>Storz D-25</i> .	-	-
10	15	Kit Geral	O kit tem de possuir chave universal para abertura de bocas de incêndio em aço inoxidável.	-	-
11	16	Kit Geral	O material sapador, a redução <i>Storz</i> , e a chave universal de	-	-

			boca de incêndios devem estar fixas em suportes de arrumação.		
12	17	Kit Geral	O kit tem de possuir 4 pontos de elevação, mediante aros ou ganchos, para permitir ser elevado ou retirado do veículo.	-	-
13	18	Kit Geral	O kit tem de possuir barras de apoio que permitam que o mesmo esteja fixo à caixa de carga do veículo.	-	-
14	19	Kit Geral	O kit tem de possuir uma admissão para abastecimento com torneira <i>Storz C-52</i>	-	-
14	20	Kit Geral	O kit tem de possuir uma admissão para abastecimento com corpo chupador de engate tipo <i>Storz D-25</i> .	-	-
14	21	Kit Geral	O kit tem de possuir uma tampa de admissão de acesso prático e simples pelas aberturas laterais do <i>hard top</i> .	-	-
15	22	Kit Geral	O kit tem de possuir uma válvula de segurança (retorno automático) aos 14 Bar.	-	-
16,9	23	Kit Geral	O kit tem de possuir uma redução <i>Storz</i> de 52x25.	-	-
17	24	VLCI	O veículo tem de possuir iluminação dentro da caixa de carga.	-	-
18	25	Depósito de água	Capacidade do depósito	l	>=450
19	26	Depósito de água	O depósito tem de possuir inclinações de modo que consiga utilizar o máximo de água mesmo em terrenos inclinados.	-	-
20	27	Depósito de água	O material do depósito tem de ser anticorrosivo e resistente mecanicamente.	-	-
21	28	Depósito de água	A abertura superior do depósito tem de ficar junto a uma lateral para ser facilmente acedida.	-	-
22	29	Depósito de água	A parte superior do depósito tem de ser passível de ser retirada (por meio de parafusos), de forma a aceder a todo o seu interior, para que este possa ser limpo.	-	-
23	30	Depósito de água	O depósito tem de possuir anteparas no seu interior que permitam estabilizar o fluido durante a condução do veículo.	-	-
24	31	Depósito de água	A parte inferior do depósito tem de ter um dreno que permita esvaziar completamente a água armazenada no seu interior.	-	-
25	32	Depósito de água	O depósito tem de ter um indicador externo do nível da água, virado para a traseira da viatura e de fácil visibilidade mesmo com o taipal fechado.	-	-
26	33	Depósito de água	A saída de água do depósito tem de ser feita passando por um filtro de chapa perfurada, com um máximo de 3 mm.	-	-
27	34	Motobomba	Potência do grupo motobomba.	cv	>=11,5
28	35	Motobomba	Comprimento do motor.	mm	<=500
28	36	Motobomba	Largura do motor.	mm	<=550
28	37	Motobomba	Altura do motor.	mm	<=480
29	38	Motobomba	A manutenção do grupo motobomba tem de requerer apenas a substituição de um único tipo de óleo.	-	-
30	39	Motobomba	O motor tem de possuir arranque elétrico e arranque manual.	-	-
31	40	Motobomba	O grupo motobomba tem de estar fixo mediante um sistema de sinoblocos.	-	-
32	41	Motobomba	A bomba tem de possuir a capacidade de auto ferragem imediata.	-	-

33	42	Agulhetas	O engate das agulhetas tem de ser do tipo <i>Storz D-25</i>	-	-
33	43	Agulhetas	Caudal mínimo das agulhetas	l/min	20
33	44	Agulhetas	Caudal máximo das agulhetas	l/min	150
33	45	Agulhetas	As agulhetas têm de possuir regulador de caudal e anel de opção para quatro tipo de fluxo diferentes.	-	-
34	46	Agulhetas	As agulhetas têm de ser feitas de um material anticorrosivo e resistente.	-	-
35	47	Agulhetas	As agulhetas têm de possuir um punho.	-	-
36	48	Mangueiras	Diâmetro das mangueiras.	mm	25
36	49	Mangueiras	Comprimento das mangueiras.	m	25
36	50	Mangueiras	As mangueiras têm de possuir engate do tipo <i>Storz D-25</i> .	-	-
37	51	Mangueiras	A pressão de serviço das mangueiras.	Bar	≥ 30
37	52	Mangueiras	A pressão de rutura das mangueiras.	Bar	≥ 90
38	53	Mangueiras	As mangueiras têm de possuir ranhuras exteriores anti abrasão.	-	-
39	54	Carretel	O carretel tem de ter capacidade para 5 lanços de mangueira de 25 metros e 25 mm de diâmetro.	-	-
40	55	Carretel	O carretel tem de possuir um mecanismo que permita operar com o mesmo fora do veículo.	-	-

As especificações do projeto foram divididas em: especificações de conformidade e especificações quantitativas.

As especificações de conformidade indicam o que o sistema deve ou não incluir, ou seja, a presença ou ausência de determinadas características ou funcionalidades. São declarações que podem ser verificadas como verdadeiras ou falsas, sem dependerem de valores numéricos, mas sim do cumprimento ou não de determinadas condições.

As especificações quantitativas atribuem valores numéricos ou métricas que o sistema deve cumprir, estabelecendo parâmetros mensuráveis e verificáveis. Este tipo de especificações inclui limites mínimos, máximos ou tolerâncias que devem ser rigorosamente respeitados.

As especificações presentes na Tabela 4 incluem ambos os tipos de especificações. As especificações de conformidade derivam diretamente dos requisitos estabelecidos, enquanto para as especificações quantitativas foi necessário determinar um valor numérico, que deve ser devidamente justificado.

No que diz respeito ao VLCI, foi estabelecido que a potência mínima seria de 135 cv e o torque de 400 Nm. Esses valores foram definidos com base nas especificações dos VLCI adquiridos mais recentemente, que demonstraram um desempenho adequado e eficiente face aos esforços exigidos durante as operações. O número de lugares no veículo foi estabelecido como sendo no mínimo 4, dado que as equipas que operam os VLCI são compostas por 4 militares. A capacidade de carga útil do veículo mínima foi definida em 1100 kg, considerando que o veículo precisa de transportar o kit de combate a incêndios

(aproximadamente 240 kg), 450 litros de água, e 4 militares equipados (estimando 100 kg por militar, totalizando 400 kg), além do peso do *hard top*.

Relativamente a medidas máximas do kit este tem de ter no máximo 1520 mm de comprimento, 1500 mm de largura, 1150 mm de largura na zona entre as rodas do veículo e 800 mm de altura. Estas medidas foram obtidas tendo em consideração a generalidade das medidas das caixas de carga das *pick up* comercializadas no mercado.

Referente à capacidade do depósito, definiu-se um valor mínimo de 450 litros, pois essa quantidade foi considerada, com base nas entrevistas realizadas com os militares da UEPS, como a necessária para garantir uma intervenção eficaz no ataque inicial às chamas. Este valor proporciona água suficiente para as operações de combate a incêndios nas fases iniciais, assegurando uma resposta eficiente.

Quanto à potência da motobomba, foi estabelecido que a potência mínima seria de 11,5 cv, com base nas respostas obtidas nos questionários por inquérito, onde os militares indicaram satisfação com o desempenho a partir dessa potência. Em relação às dimensões máximas do motor, definiu-se um comprimento máximo de 500 mm, largura máxima de 550 mm e altura máxima de 480 mm, de forma a garantir que o motor não ocupasse um espaço excessivo na caixa de carga do VLCI, preservando espaço para outros componentes essenciais.

Relativamente às agulhetas, definiu-se que estas devem garantir um caudal mínimo de 20 l/min e um caudal máximo de até 150 l/min. Esses valores foram escolhidos porque, segundo os militares da UEPS, representam o intervalo de débito de água necessário para assegurar uma resposta eficaz durante o combate a incêndios, permitindo uma adaptação flexível às diferentes exigências das operações no terreno.

No que diz respeito às mangueiras, estas devem ter um comprimento de 25 metros e um diâmetro de 25 mm. Além disso, precisam garantir uma pressão de serviço igual ou superior a 30 Bar e uma pressão de rutura de pelo menos 90 Bar. Estes valores foram definidos com base nas mangueiras que a UEPS utiliza regularmente em todos os seus veículos e com as quais se demonstrou satisfeita. A escolha também visa uniformizar os equipamentos, permitindo que as mesmas mangueiras possam ser utilizadas em diferentes tipos de veículos, caso necessário.

3.3. Dimensionamento ao nível do sistema

Na fase de Dimensionamento ao nível do sistema, os resultados obtidos foram a

decomposição do kit de combate a incêndios em sistemas, subsistemas e componentes, e a definição inicial da arquitetura do kit.

3.3.1. Decomposição do kit de combate a incêndios em sistemas, subsistemas e componentes

Primeiramente o kit de combate a incêndios foi dividido em sistemas, subsistemas e componentes, permitindo uma análise mais detalhada e organizada das suas interações. É possível observar a divisão do kit nos seus sistemas principais na Figura 23.

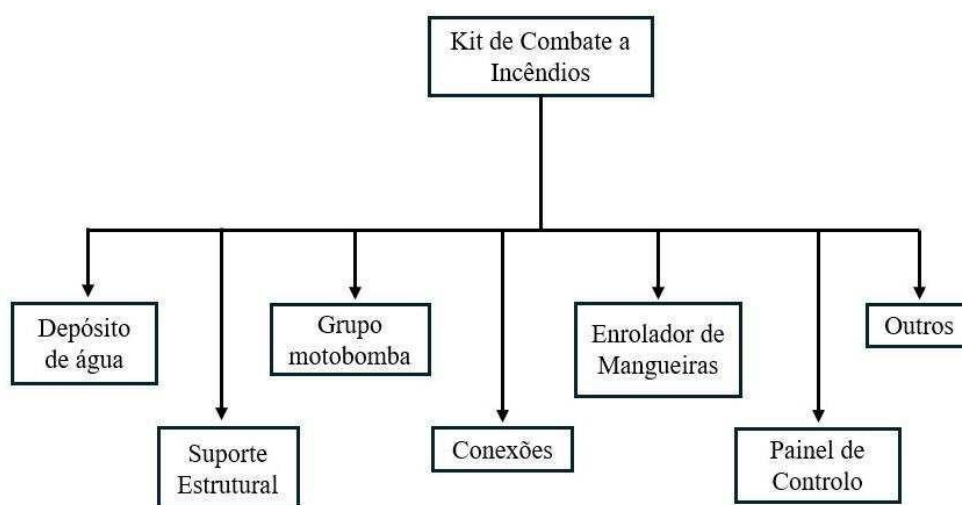


Figura 23 - Divisão do kit de combate a incêndios nos seus sistemas principais

Posteriormente, os sistemas que continham subsistemas e componentes foram devidamente subdivididos, conforme ilustrado nas Figura 24 e Figura 25.

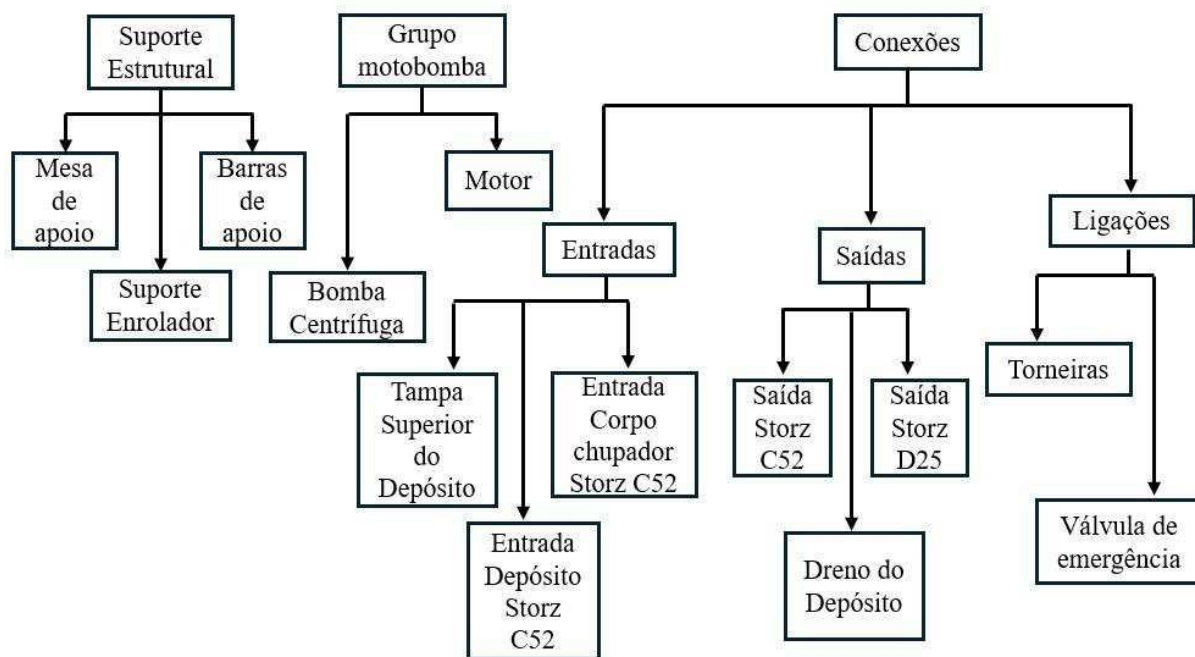


Figura 24 – Divisão dos sistemas principais do kit de combate a incêndios em subsistemas e em componentes.

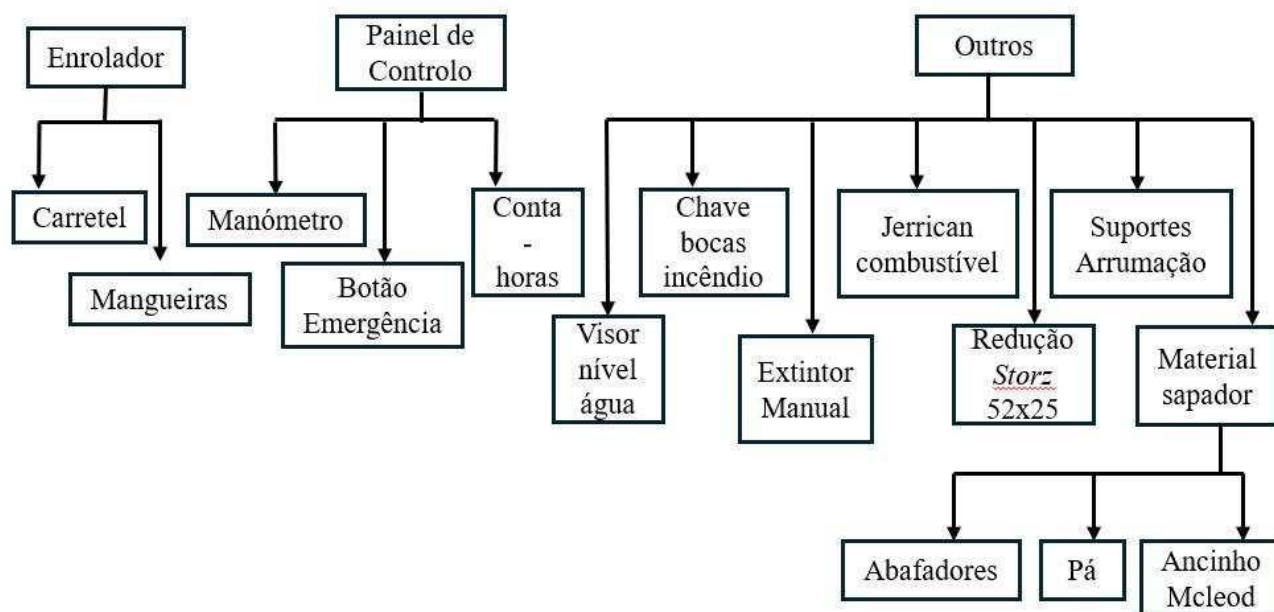


Figura 25 - Divisão dos sistemas principais do kit de combate a incêndios em subsistemas e em componentes.

3.3.2. Arquitetura do kit de combate a incêndios

Em seguida, foi elaborado um esquema que permitiu visualizar uma primeira configuração do kit. A Figura 26 representa o esquema inicial do kit de combate a incêndios, em que é possível observar a relação entre o depósito de água, a motobomba e as diferentes conexões de admissão e saída de água. O esquema foi elaborado para visualizar o fluxo de

água dentro do sistema, incluindo as diferentes opções de entrada e as saídas para mangueiras de vários diâmetros. A representação gráfica da Figura 26 facilitou a compreensão das interações entre os elementos principais do kit e serviu como base para o desenvolvimento do projeto.

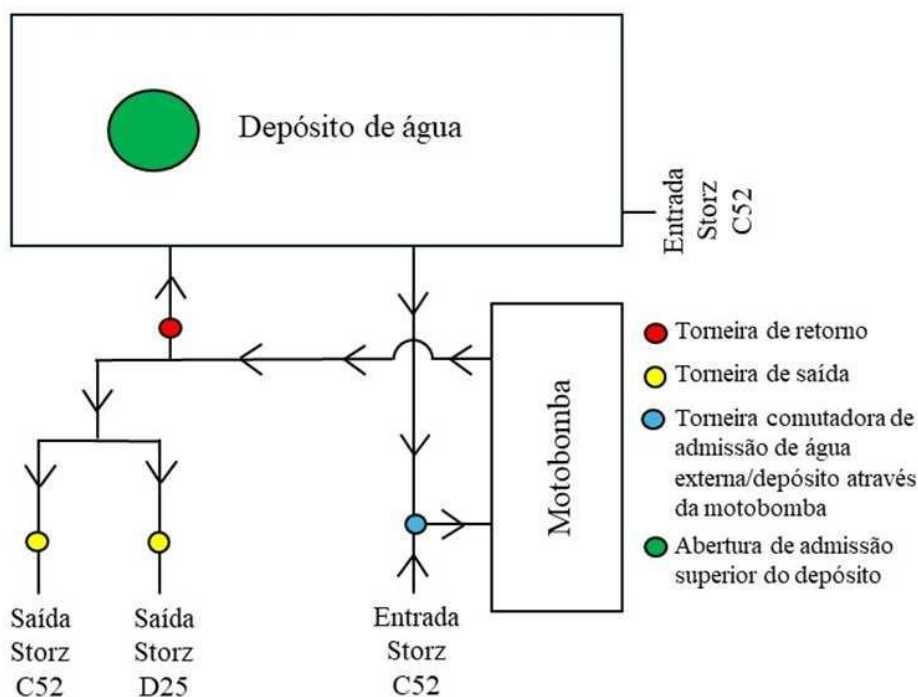


Figura 26 - Esquema inicial do kit de combate a incêndios.

3.4. Dimensionamento de pormenor

O VLCI e o respetivo kit de combate a incêndios foram desenvolvidos de modo a apresentar um *design* compacto e robusto, adaptado às operações em terrenos difíceis de acesso limitado.

O kit integra-se na caixa de carga do VLCI e foi dimensionado de forma a apresentar um *design* ergonómico, que facilite o acesso e operação de todos os equipamentos. Os principais componentes do kit são um depósito de água, posicionado ao fundo da caixa de carga, dimensionado para garantir a estabilidade do veículo e a máxima utilização possível da sua água; uma motobomba capaz de operar sob diferentes pressões para atender a vários cenários; um enrolador de mangueiras acessível e fácil de utilizar e suportes para arrumação colocados para acomodar ferramentas e equipamentos.

É importante diferenciar entre os componentes desenvolvidos especificamente para este projeto e aqueles que foram adquiridos a fornecedores. Componentes como o depósito,

a mesa de apoio e as barras de apoio foram desenvolvidas integralmente para este projeto, de modo a atender às necessidades identificadas nas entrevistas e questionários. Por outro lado, alguns componentes, como os suportes de arrumação, foram adquiridos a fornecedores, sendo a sua disposição no kit o principal critério considerado para otimizar o espaço e a organização. Além disso, componentes como o grupo motobomba, incluindo a disposição das suas entradas, saídas e ligações, foram mantidas sem alterações em relação ao kit de 6ª Geração, uma vez que os militares expressaram opiniões positivas sobre o seu desempenho e funcionalidade.

3.4.1. Cálculo do fator de segurança do projeto

Foi utilizado o método de Pugsley [37] para definir o fator de segurança do projeto, este método tem como base a análise de potenciais falhas e a resistência dos materiais, garantindo um fator de segurança adequado para prevenir falhas em condições operacionais extremas. Este método baseia-se na multiplicação de dois termos n_{sx} e n_{sy} , conforme detalhado no Apêndice 3.

Para o termo n_{sx} , foi considerado que a qualidade dos materiais utilizados no kit, bem como os procedimentos de manutenção e inspeção, são de boa qualidade, uma vez que os militares realizam uma revisão e inspeção do kit após cada utilização. Além disso, nas especificações do projeto, foi explicitado que os materiais selecionados deveriam ser resistentes e anticorrosivos, garantindo a durabilidade e fiabilidade do equipamento em condições adversas. Relativamente ao controlo sobre as cargas aplicadas, este foi avaliado como sendo de muito boa qualidade, uma vez que, durante as simulações, as cargas foram assumidas considerando sempre o pior cenário possível, sendo majoradas para garantir a segurança e a robustez do kit de combate a incêndios em condições extremas. No que diz respeito às análises de tensões e dos dados experimentais, estes foram igualmente classificadas como de muito boa qualidade, uma vez que foram obtidos a partir de simulações de elementos finitos, uma ferramenta amplamente reconhecida e utilizada como referência pela sua precisão e qualidade. Conjugando os 3 parâmetros acima mencionados obteve-se o valor de 1,3 para n_{sx} .

No que se refere ao termo n_{sy} , foi avaliado que o potencial risco para os utilizadores do kit de combate a incêndios seria severo, pois, em caso de falha, os operacionais poderiam sofrer lesões, ainda que a sua vida não estivesse diretamente em perigo. Um eventual dano no kit resultaria em consequências económicas igualmente severas, considerando que estes

kits possuem um custo de aquisição relativamente elevado para a UEPS, o que tornaria a sua substituição ou reparação financeiramente significativa. Conjugando os 2 parâmetros acima referidos obteve-se o valor de 1,3 para n_{sy} .

Combinando os dois valores de n_{sx} e n_{sy} , foi determinado um fator de segurança final para o projeto de 1,69, como é possível observar no Apêndice 3.

3.4.2. Dimensionamento do depósito de água

De acordo com os militares entrevistados, o depósito de água do kit de combate a incêndios deve ter capacidade suficiente para garantir uma primeira intervenção eficaz, com cerca de 450 litros. Além disso, os VLCI operam frequentemente em terrenos de difícil acesso e bastante acidentados, o que provoca inclinações na carroçaria do veículo. O formato do depósito deve, portanto, assegurar que a maior quantidade de água possível seja utilizada, independentemente da inclinação do veículo. Para tal, foram desenvolvidos diferentes formatos de depósito, adequados a esse fim, como mostrado na Figura 27.

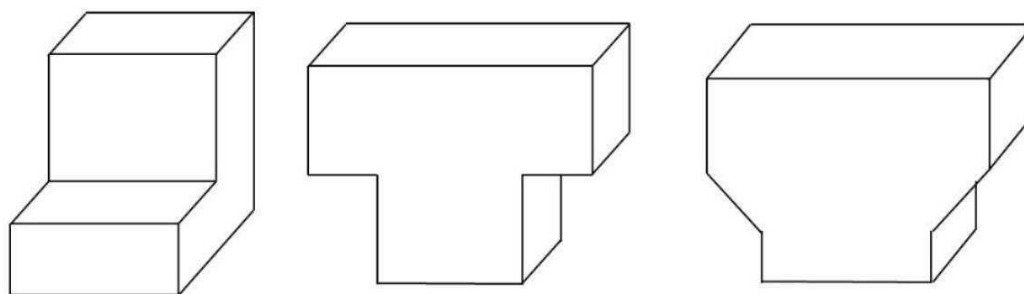


Figura 27 - Diferentes conceitos para o formato do depósito.

O conceito selecionado foi o da direita, pois utiliza melhor o espaço ocupado pelo depósito na caixa de carga do veículo e apresenta inclinações que permitem maximizar o uso da água, mesmo quando o veículo opera em terrenos inclinados.

3.4.2.1. Dimensionamento das anteparas internas

As anteparas internas são responsáveis por estabilizar a água no depósito quando o VLCI está em movimento. Começou por se determinar qual seria a configuração e material das anteparas internas. Dimensionou-se o depósito com uma antepara longitudinal ao centro e duas anteparas horizontais que dividem o depósito em seis compartimentos, ficando assim

cada compartimento com aproximadamente 76,6 litros de água. O pior cenário para as anteparas ocorre durante uma travagem com o depósito cheio, quando o peso aparente (considerando a combinação da aceleração da gravidade com a da travagem) de toda a água de um compartimento é transmitido à superfície de uma antepara transversal. Considerando que a aceleração máxima numa travagem é de aproximadamente -10 m/s^2 , a força que a água exerce sobre a superfície da antepara em cada compartimento é de cerca de 766 N. O material selecionado para as anteparas interiores foi aço inoxidável AISI 304 por possuir boas propriedades mecânicas e elevada resistência à oxidação da água. Na Figura 28, é possível verificar que a antepara com espessura de 1,5 mm cumpriu com o fator de segurança do projeto, sendo por isso a espessura selecionada para as anteparas.

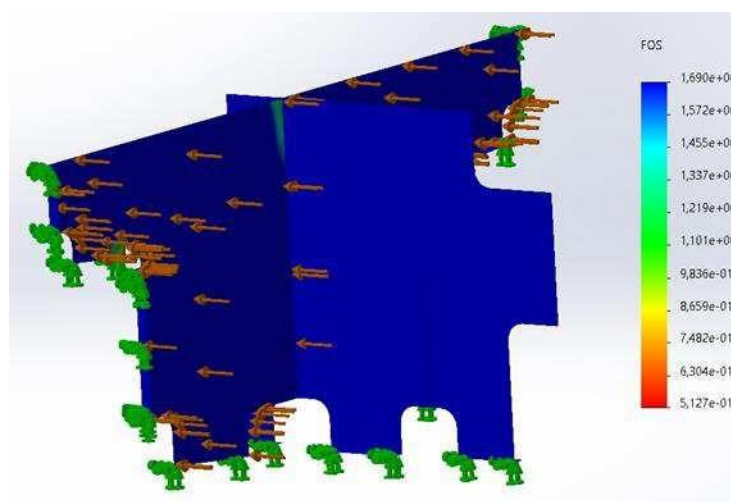


Figura 28 - Análise do fator de segurança das anteparas interiores de 1,5 mm à força solicitada.

No Apêndice 4, é possível observar as diferentes simulações realizadas com várias espessuras das anteparas, até encontrar a menor espessura que cumprisse com o fator de segurança do projeto, que foi a de 1,5 mm. Para além da análise do fator de segurança também foram realizadas análises de tensão, de deslocamento e de deformação nas várias espessuras das anteparas.

3.4.2.2. Dimensionamento do corpo do depósito

De seguida dimensionou-se o corpo do depósito que está sujeito à mesma força de impacto da água durante a travagem que as anteparas internas. No entanto, o corpo do depósito precisa de ser mais resistente, pois, em caso de falha, a água pode verter para fora, o que comprometeria a operação de combate a incêndios. Além disso, as cargas associadas ao corpo do depósito são mais incertas, visto que ele pode ser sujeito a contato com outros

componentes, como ferramentas, ou a forças externas imprevistas. Por esse motivo, foi selecionado um perfil de chapa quinada de 2 mm de espessura, que oferece propriedades mecânicas superiores. O material escolhido foi o aço inoxidável AISI 304 devido à sua elevada resistência mecânica e à sua resistência à oxidação causada pela água. Na Figura 29, é possível verificar que o corpo do depósito com espessura de 2 mm, feito em chapa quinada, cumpriu com o fator de segurança do projeto.

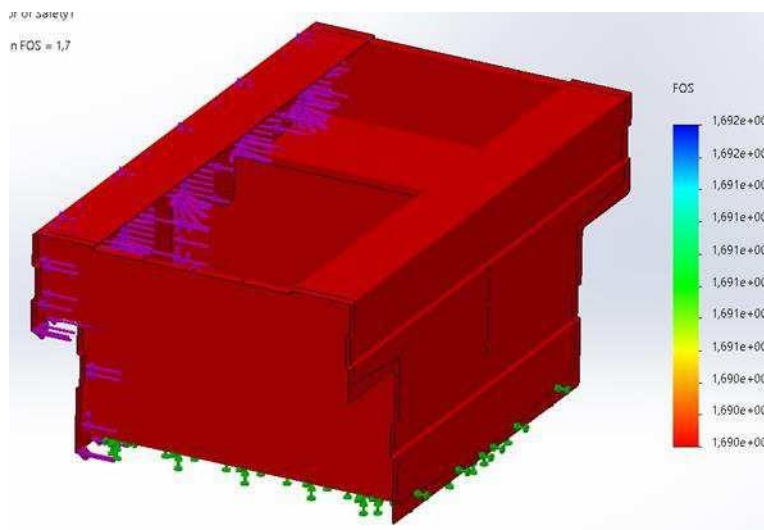


Figura 29 - Análise do fator de segurança do corpo do depósito feito em chapa quinada com 2 mm à força solicitada.

No Apêndice 5, é possível observar as diferentes simulações realizadas com as várias espessuras do corpo do depósito, até encontrar a menor espessura que cumprisse com o fator de segurança do depósito, que neste caso foi os 2 mm. Para além da análise do fator de segurança também foram realizadas análises de tensão, de deslocamento e de deformação nas várias espessuras das anteparas.

3.4.2.3. Dimensionamento dos pontos de elevação do depósito.

Posteriormente, procedeu-se ao dimensionamento dos pontos de elevação do depósito. Para permitir maior estabilidade na operação de elevação do depósito, optou-se por colocar um ponto de elevação em cada vértice do bordo superior. Os pontos de elevação do depósito devem ser capazes de suportar o peso total do depósito quando em elevação. Como o depósito, juntamente com as barras de apoio, possui uma massa aproximada de 90 kg, cada ponto deve ser capaz de suportar uma força de cerca de 300 N. O material selecionado foi aço inoxidável AISI 304 uma vez que tem boas propriedades mecânicas, apresenta resistência à oxidação da água e seria mais fácil de soldar ao restante depósito. Na Figura 30

é possível observar a análise de tensão da resposta do ponto de elevação à força solicitada, segundo o critério de Von Mises.

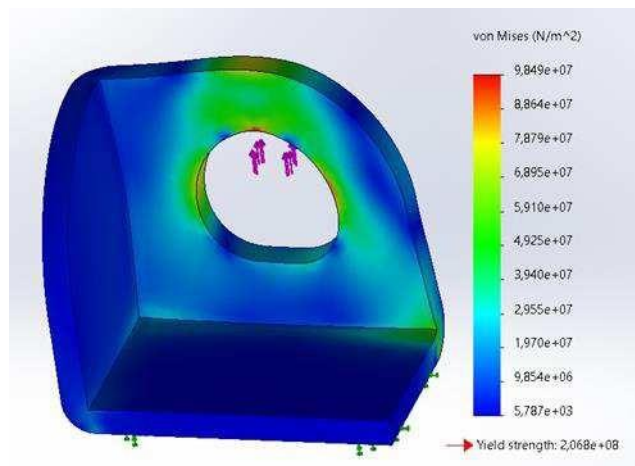


Figura 30 - Análise da tensão da resposta do ponto de elevação à força solicitada, segundo o critério de Von Mises.

No Apêndice 6, é possível observar a análise de deslocamento, a análise de deformação e a análise do cumprimento do fator de segurança do projeto em resposta à carga solicitada nos pontos de elevação do depósito de água.

3.4.2.4. Dimensionamento da tampa superior do depósito

Foi mencionado em 3,7% dos inquéritos por questionário e em várias entrevistas aos militares, que a acessibilidade à tampa superior do depósito precisava de ser melhorada. Para isso, a localização da tampa foi alterada do centro para a lateral esquerda do depósito, facilitando o seu acesso através da janela lateral esquerda do *hard top*. Esta mudança foi feita, para o lado esquerdo, pois é o lado em que o condutor do veículo se encontra, e tem de estar sempre desimpedido para o mesmo conseguir sair do veículo. Na Figura 31 é possível observar a alteração realizada.

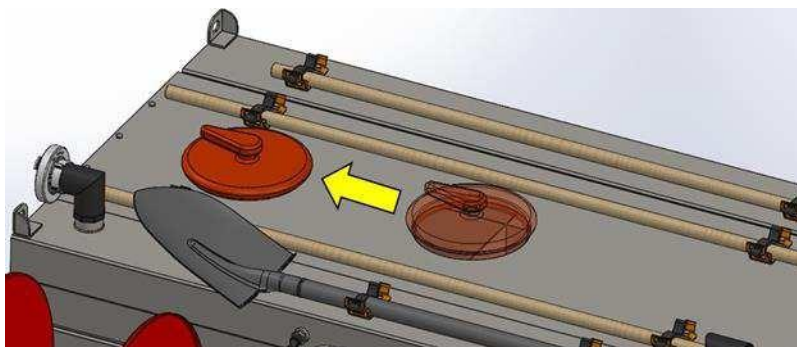


Figura 31 - Alteração da localização da tampa superior do depósito.

3.4.3. Dimensionamento do grupo motobomba

Conforme aferido nas entrevistas e nos questionários, os militares manifestaram satisfação com o desempenho tanto da potência do motor quanto da pressão da bomba centrífuga. Dado este feedback positivo, optou-se por não realizar alterações neste subsistema do kit de combate a incêndios, mantendo inalteradas as características do grupo motobomba que equipa o Kit 6ª Geração, nomeadamente o motor B&S XR2100 ou equivalente, e a bomba centrífuga VFT 4SP ou equivalente.

3.4.3.1. Dimensionamento dos sinoblocos do grupo motobomba

Embora o feedback tenha sido positivo e não tenham sido realizadas alterações o grupo motobomba, alguns operacionais mencionaram o excesso de ruído e vibrações do motor. De modo a assegurar que essas vibrações estão a ser devidamente absorvidas, foram realizadas simulações de vibração no *SolidWorks* com o objetivo de dimensionar os sinoblocos apropriados para essa função. As motobombas que equipam os kits de combate a incêndios operam tipicamente até 3600 rotações por minuto, o que se traduz numa frequência até 60 Hz [38]. Para limitar a vibração transmitida ao restante sistema, optou-se por montar a motobomba em sinoblocos, que absorvam essa vibração. No entanto, também é crucial garantir que o conjunto motobomba + sinoblocos tenha uma frequência natural superior a 60 Hz, já que esta é a frequência imposta pelo funcionamento da motobomba. Por esse motivo, foram testados diferentes sinoblocos com variadas espessuras de amortecedor, e foram determinadas as frequências naturais do conjunto, até se encontrar a espessura ideal que garantisse que a primeira frequência natural ficasse acima dos 60 Hz. O valor obtido foi de 10 mm para a espessura da borracha amortecedora do sinobloco. A borracha possui um formato circular com um diâmetro de 25 mm e o seu módulo de elasticidade é 0,01 MPa. Na Figura 32, é possível observar a análise de vibrações do conjunto motobomba + sinoblocos, onde a primeira frequência natural está acima dos 60 Hz.

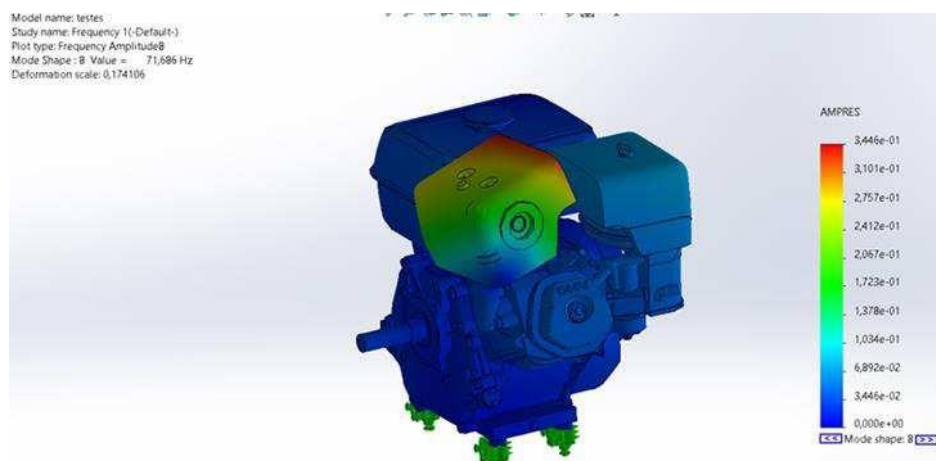


Figura 32 - Análise de vibração do conjunto motobomba + sinoblocos com borracha amortecedora de 10 mm de espessura

No Apêndice 7, podem ser consultadas as análises de vibração realizadas para diferentes espessuras de borracha, até se determinar o valor mais adequado.

3.4.4. Dimensionamento do enrolador de mangueiras

Com base nas entrevistas e questionários, constatou-se que existem dificuldades por parte dos militares em operar o enrolador de mangueiras, devido ao espaço limitado à volta do equipamento. Para resolver esta questão, foram consideradas soluções, como a automatização do processo de enrolar as mangueiras (sugerido em 36 questionários) ou a implementação de mecanismos que tornassem o carretel mais fácil de utilizar (referido em 10 questionários). A hipótese de utilizar enroladores automáticos foi descartada devido ao elevado custo e à falta de uma tomada de corrente elétrica na caixa de carga do veículo, o que inviabiliza a implementação dessa solução. Dessa forma, procurou-se implementar um sistema que tornasse o enrolador de mangueiras móvel, permitindo que fosse operado fora do veículo, proporcionando mais espaço envolvente e facilitando a sua utilização. Os conceitos considerados para essa solução estão apresentados na Figura 33 e na Figura 34.

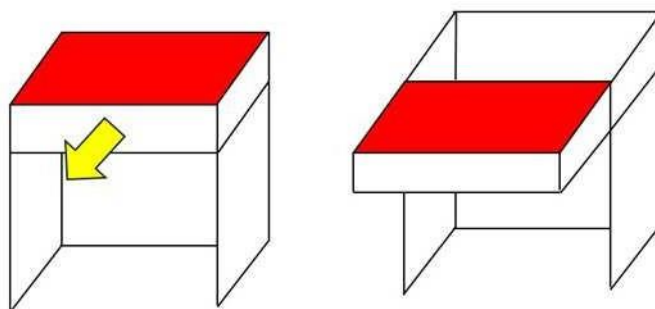


Figura 33 - Conceito de plataforma deslizante para o enrolador de mangueiras.

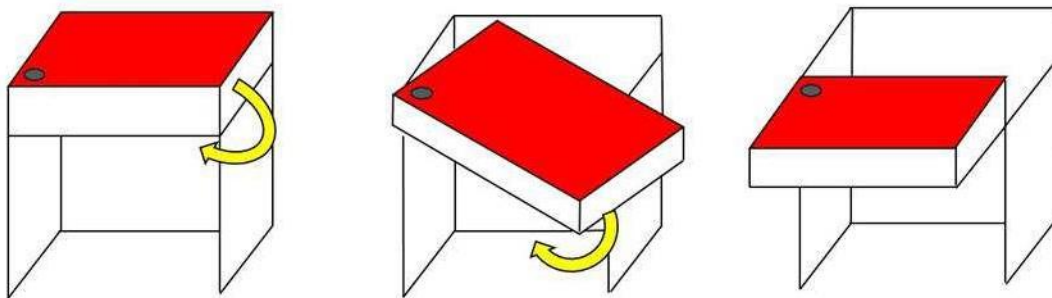


Figura 34 - Conceito de plataforma rotativa para o enrolador de mangueiras.

Foi selecionado o conceito da Figura 33 por ser o mais simples, mais fácil de utilizar e por se tratar de um equipamento mais comum no mercado, garantindo maior viabilidade na sua implementação. Na Figura 35, é ilustrado o funcionamento da plataforma deslizante implementada no kit de combate a incêndios.

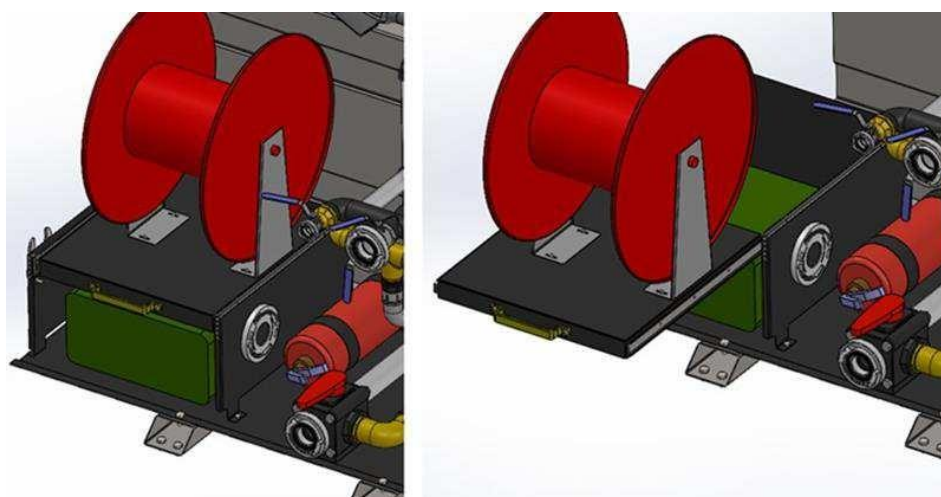


Figura 35 - Funcionamento da plataforma deslizante para o enrolador de mangueiras.

A plataforma deslizante melhora significativamente a acessibilidade e facilita o uso do carretel, permitindo que os militares operem com o mesmo fora da caixa de carga, tornando o processo mais eficiente.

3.4.5. Dimensionamento dos suportes para arrumação

No que diz respeito aos suportes de arrumação, nenhuma das gerações anteriores incluía esta funcionalidade. Foi mencionado em 5,6% dos questionários realizados e em várias entrevistas aos militares, que a facilidade de acesso e transporte das ferramentas e material sapador não era adequada. Pensou-se assim que a inclusão de suportes de arrumação

no kit seria uma melhoria significativa a ser implementada. O primeiro passo foi selecionar a tipologia de ferramentas, bem como as respectivas quantidades, a serem acopladas nos suportes, conforme explicitado na Tabela 5.

Tabela 5 - Ferramentas a serem acopladas nos suportes de arrumação do kit de combate a incêndios.

Tipologia de ferramenta	Quantidade
Pá	1
Abafador	2
Ancinho <i>McLeod</i>	1
Redução <i>Storz</i> 52 x 25	1
Chave universal de bocas de incêndio	1

O passo seguinte foi determinar qual o local mais adequado para a implementação dos suportes e as respectivas ferramentas. Considerou-se que o local mais adequado para o material sapador (pá, abafadores e ancinho) seria por cima do depósito uma vez que são objetos longos, que precisam de muito espaço e ser facilmente acedidos pelas janelas laterais do *hard top*. A redução *Storz* 52 x 25 e a chave de bocas de incêndio não requerem uma localização específica, devendo apenas estar devidamente fixas e facilmente acessíveis para os militares sempre que necessário.

Da Figura 36 à Figura 38 são apresentados os suportes de arrumação para cada tipo de ferramenta, bem como a sua localização no kit de combate a incêndios.

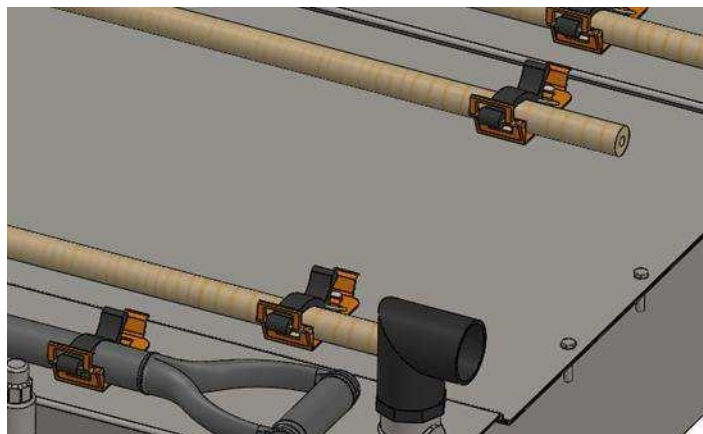


Figura 36 - Suportes de arrumação para o material sapador.

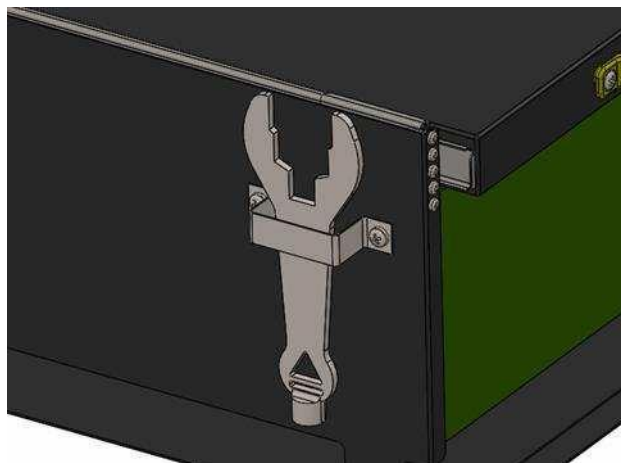


Figura 37 – Suporte de arrumação para a chave universal de bocas de incêndio.

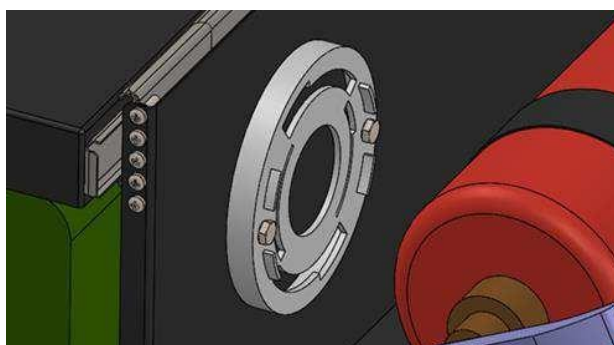


Figura 38 - Suporte de arrumação para a redução Storz 52x25.

Os suportes para arrumação proporcionam um acesso mais intuitivo aos componentes, evitando que fiquem espalhados pela caixa de carga. Além disso, ao manter os componentes devidamente acoplados e seguros, minimiza-se o risco de deslocação durante o movimento do VLCI, evitando danos tanto nos componentes como noutras partes do kit de combate a incêndios.

3.4.6. Dimensionamento dos focos de luz de trabalho.

Em 22 questionários e várias entrevistas, os militares destacaram a necessidade de uma iluminação adequada na caixa de carga do VLCI, especialmente para operações em condições de pouca luz natural ou durante a noite. Para responder a essa necessidade, é proposta a generalização de luzes LED no interior do *hard top* de todos os VLCI da GNR, conforme caso já existente e ilustrado na Figura 39.



Figura 39 - Foco de luz de trabalho dentro da caixa de carga do VLCL.

3.5 Kit de combate a incêndios final

Da Figura 40 à Figura 46, é possível observar o modelo final do kit de combate a incêndios desenvolvido neste projeto.

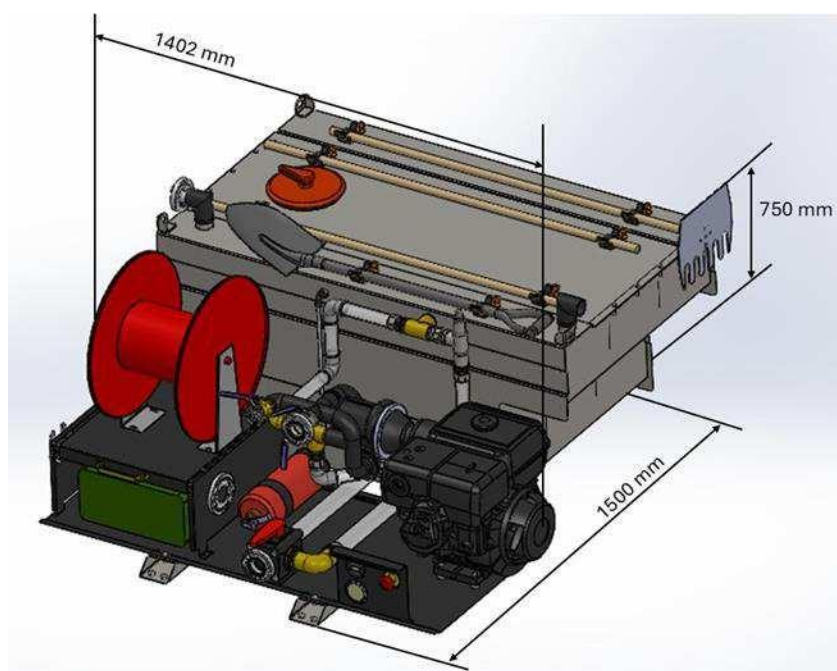


Figura 40 - Vista isométrica do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido.

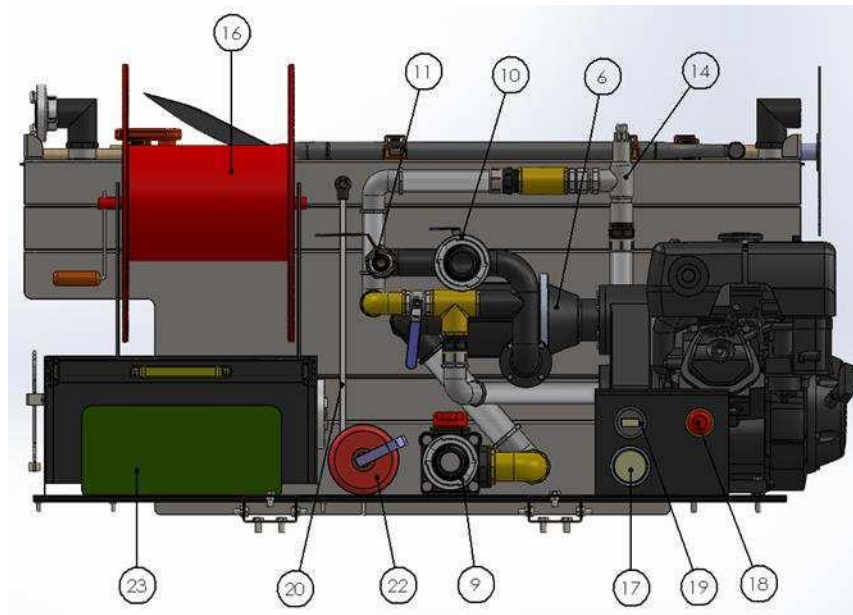


Figura 41 - Vista frontal do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido.

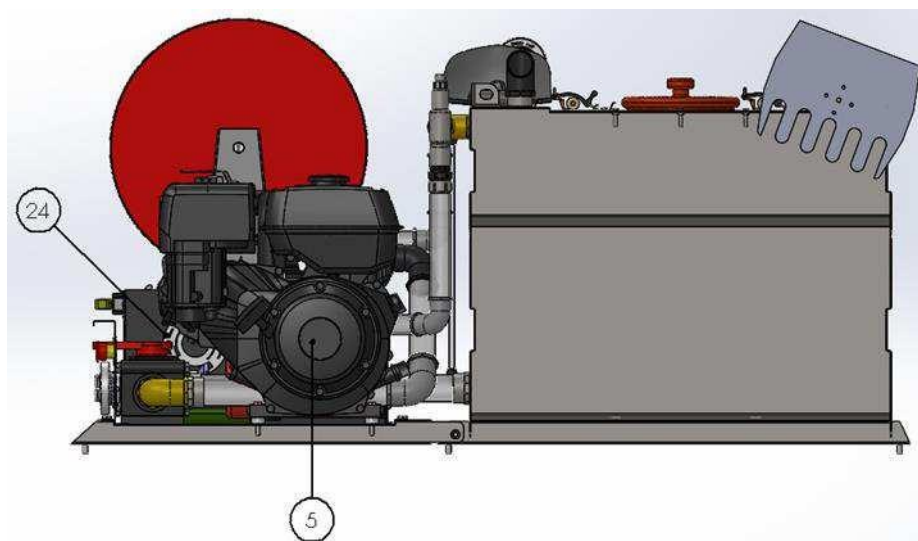


Figura 42 - Vista lateral direita do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido.

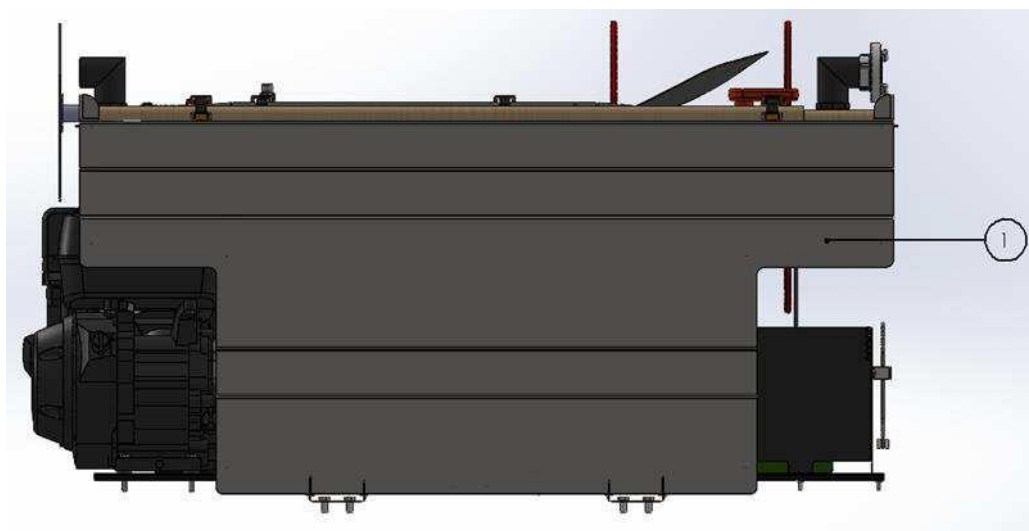


Figura 43 - Vista traseira do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido.

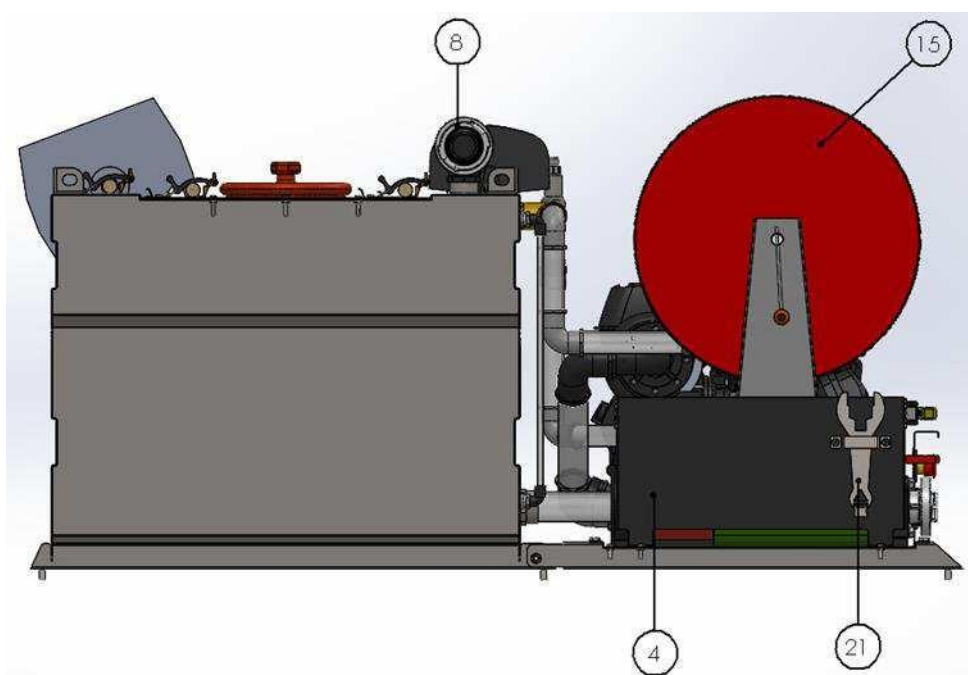


Figura 44 - Vista lateral direita do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido.

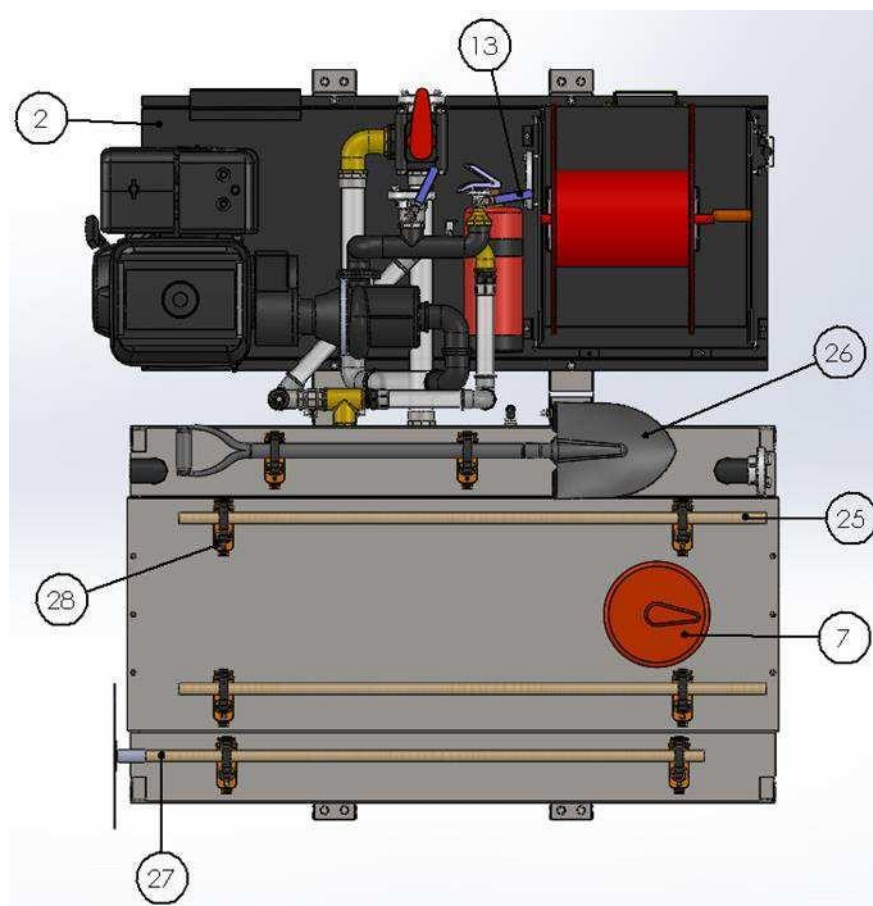


Figura 45 - Vista superior do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido.

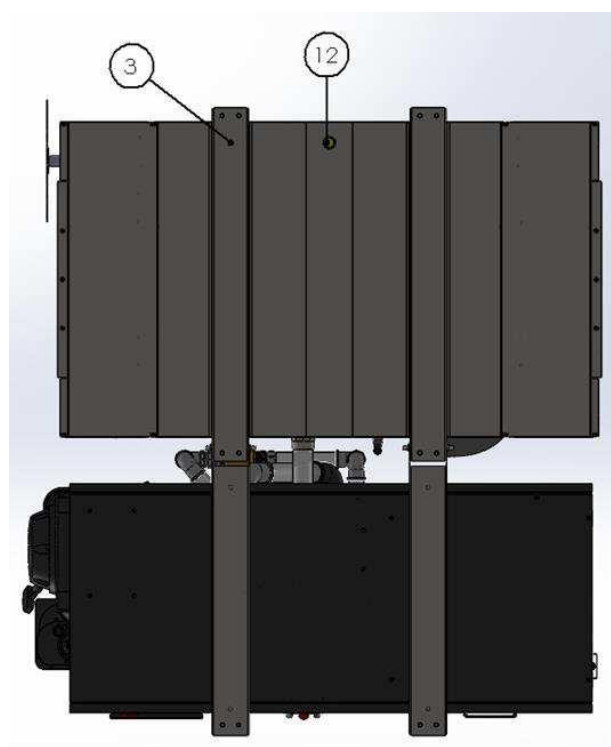


Figura 46 - Vista inferior do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido.

3.5.1. Carga a ser suportada pelo veículo

Na Tabela 6, é possível consultar a correspondência entre os números indicados nos balões da Figura 41 à Figura 46, os nomes dos componentes do kit de combate a incêndios apresentados na Figura 23 à Figura 25, bem como a massa de cada um desses componentes e a massa total do kit.

Tabela 6 - Componentes principais do kit de combate a incêndios.

Nº	Nome	Quantidade	Massa (kg)
1	Depósito de água	1	74,9
2	Mesa de apoio	1	9,6
3	Barra de apoio	2	6,5
4	Suporte do enrolador das mangueiras	1	5,1
5	Motor	1	31,7
6	Bomba centrífuga	1	16,4
7	Tampa superior do depósito	1	1,2
8	Entrada do depósito <i>Storz</i> C52	1	2
9	Entrada do corpo chupador <i>Storz</i> C52	1	4,5
10	Saída <i>Storz</i> C52	1	2
11	Saída <i>Storz</i> D25	1	1
12	Dreno do depósito	1	0,2
13	Torneira	3	0,9
14	Válvula de emergência	1	1,1
15	Carretel	1	5,2
16	Mangueira	5	32,5
17	Manômetro	1	0,02
18	Botão de emergência	1	0,03
19	Conta-horas do motor	1	0,03
20	Visor nível de água do depósito	1	0,3
21	Chave bocas de incêndio	1	0,4
22	Extintor manual	1	3,8
23	Jerrican de combustível	1	6
24	Redução <i>Storz</i> 52 x 25	1	1,8
25	Abafador	2	4
26	Pá	1	2,5
27	Ancinho <i>Mcleod</i>	1	2,5
28	Suporte material sapador	8	1,6
Parafusos e porcas		0,8	
Massa total		218,58 kg	

Para além do peso do kit, o VLCI deve suportar o peso do *hard top*, transportar 450 litros de água, e acomodar o condutor juntamente com três militares equipados com todo o equipamento necessário para a extinção de incêndios. Na Tabela 7, é possível verificar a massa total que o VLCI terá de transportar, considerando todos esses fatores.

Tabela 7 - Carga total a ser transportada no VLCI.

Nome	Massa (kg)
Kit combate a incêndios	218,58
<i>Hard top</i>	100
Água do depósito	450
Militares com equipamento	300
Massa Total	1068,58

Na Tabela 2 é possível observar que, dentro da tipologia de veículos considerados, o Isuzu D-Max é o que apresenta a maior capacidade de carga útil, com 1025 kg. No entanto, mesmo este veículo apresenta um déficit em relação à massa total que necessita de ser transportada.

Uma possível solução para remover o peso a ser transportado seria remover o *hard top*, o que resultaria numa carga total de aproximadamente 968,58 kg. Com esse valor, já seria possível encontrar no mercado pelo menos dois veículos com capacidade de carga suficiente, como é possível observar na Tabela 2. No entanto, esta solução foi descartada, pois os militares da UEPS consideram o *hard top* essencial para proteger o kit contra condições meteorológicas adversas e o desgaste, garantindo maior durabilidade e integridade do equipamento durante as operações.

Outra possível solução para resolver o problema do excesso de carga seria reduzir o número de elementos das equipas de combate a incêndios nos VLCI, de 4 para 3 militares, o que resultaria numa poupança de cerca de 100 kg, semelhante à solução anterior. No entanto, esta opção também não foi considerada viável, pois a UEPS considera essencial que as equipas dos VLCI sejam sempre compostas por 4 militares, garantindo a eficiência operacional e a segurança nas missões de combate a incêndios.

Após a identificação deste problema, foi realizado um estudo detalhado sobre a carga que os VLCI, atualmente em operação na GNR, transportam. Com este estudo verificou-se que os VLCI circulam com excesso de carga como é possível observar na Tabela 8 e Tabela 9.

O VLCI equipado com o kit de 5ª Geração Honda GX 390 transporta a carga detalhada na Tabela 8 [39].

Tabela 8 – Carga total transportada pelo VLCI que está equipado com o kit de combate a incêndios de 5ª Geração.

Nome	Massa (kg)
Kit combate a incêndios 5ª Geração	248,5

<i>Hard top</i>	100
Água do depósito	450
Militares com equipamento	300
Massa Total	1098,5

O VLCI equipado com o kit de 5ª Geração é o Mitsubishi L200 2.5 TD com cabine dupla, que possui uma capacidade de carga útil de 915 kg. Ao analisar a carga transportada por este veículo na Tabela 8, é possível constatar que ele circula com um excesso de carga de 183,5 kg, ou seja, mais 20% em relação ao catálogo.

O VLCI equipado com o kit de 6ª Geração B&S XR 2100 transporta a carga detalhada na Tabela 9 [40].

Tabela 9 - Carga total transportada pelo VLCI que está equipado com o kit de combate a incêndios de 6ª Geração.

Nome	Massa (kg)
Kit combate a incêndios 6ª Geração	220
<i>Hard top</i>	100
Água do depósito	450
Militares com equipamento	300
Massa Total	1070

O Toyota Hilux 2.8 D com cabine dupla, onde está equipado o kit de 6ª Geração, tem uma capacidade de carga útil de 895 kg. Ao avaliar a carga total transportada por este modelo na Tabela 9, concluiu-se que o veículo opera com um excesso de 175 kg, ou seja, mais 19,55% em relação ao catálogo.

A solução implementada para resolver o problema do excesso de carga foi o reforço da suspensão e das molas dianteiras e traseiras nos VLCI da GNR, realizado aquando da sua aquisição [41]. Para quantificar a massa que este reforço é capaz de suportar, foi analisada a carga transportada pelos veículos equipados com as últimas duas gerações do kit, ambos com esse reforço.

Tendo em conta que, durante a utilização tanto do VLCI equipado com o kit de 5ª Geração quanto do veículo com o kit de 6ª Geração, não foram registados acidentes ou danos relacionados com o excesso de carga, conclui-se que o reforço aplicado à suspensão e às molas dianteiras e traseiras demonstrou ser eficaz. Este reforço foi capaz de suportar o peso adicional (183,5 kg, equivalente a 20% acima do valor de catálogo), assegurando a segurança e a integridade operacional dos veículos, mesmo com uma carga superior à indicada. Assim, é possível afirmar que, com o reforço de suspensão, a capacidade de carga útil real do Toyota Hilux e do Mitsubishi L200 aumentou em pelo menos 20% face ao valor de catálogo.

Após o desenvolvimento do projeto, foi necessário ajustar as especificações iniciais detalhadas na Tabela 4. A especificação nº 5, que estabelecia uma capacidade de carga útil mínima de 1100 kg para o VLCI, foi alterada, uma vez que, após comparação com as características dos veículos disponíveis no mercado, se constatou ser inviável cumprir essa exigência. O valor foi ajustado, e uma nova especificação foi inserida, determinando que os veículos devem ser equipados com um reforço de suspensão e das molas traseiras e dianteiras, semelhante ao utilizado nos VLCI que estão equipados com os kits de 5ª e 6ª Geração. Na Tabela 10 é possível verificar as 2 novas especificações.

Tabela 10 - Alteração das especificações do projeto relativas à capacidade de carga útil.

Nº req.	Nº espec.	Elemento	Especificação	Uni.	Val.
4	5	VLCI	Capacidade de carga útil do veículo	kg	>=950
4	5.1	VLCI	O veículo tem de possuir reforço de suspensão e das molas dianteiras e traseiras.	-	-

Relativamente à capacidade de carga útil do veículo, definiu-se o valor de 950 kg, uma vez que essa capacidade, em conjunto com o reforço da suspensão e das molas, é suficiente para suportar o peso total a ser transportado. Além disso, esse valor permite que a maioria dos veículos disponíveis no mercado sejam elegíveis para aquisição, garantindo maior flexibilidade na escolha do veículo.

CAPÍTULO 4 – DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O VLCI e o respectivo kit de combate a incêndios desenvolvidos neste projeto cumprem com todos os requisitos estipulados inicialmente que tiveram como base o regulamento das especificações técnicas para veículos e equipamentos operacionais dos corpos de bombeiros, as restrições do mercado e as necessidades dos militares da UEPS que foram identificadas através de entrevistas e inquéritos por questionário.

A Tabela 11 apresenta uma comparação entre os kits das gerações anteriores utilizados pela GNR e o kit desenvolvido neste projeto.

Tabela 11 - Comparação entre o kit desenvolvido neste projeto e os kits das gerações anteriores da GNR.

	Kit 1ª Geração	Kit 2ª Geração	Kit 3ª Geração	Kit 4ª Geração	Kit 5ª Geração	Kit 6ª Geração	Kit Desenvolvido
Capacidade do depósito (litros)	500	500	530	500	450	450	450
Potência da motobomba (cv)	5,8	8,4	11,2	5,8	11,7	13,5	13,5
Presença de <i>hardtop</i>	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Suportes para arrumação de ferramentas	✓	x	x	x	x	x	✓
Fácil operação do enrolador de mangueiras	✓	x	x	x	x	x	✓
Fácil acessibilidade à tampa superior do depósito	✓	x	x	✓	x	x	✓
Iluminação no kit	✓	x	x	x	x	✓	✓

O kit de combate a incêndios desenvolvido neste projeto, em comparação com os kits existentes no mercado e com as gerações anteriores utilizadas pela GNR, apresenta as seguintes vantagens:

- Acessibilidade e organização das ferramentas e do material sapador: As ferramentas estão agora mais acessíveis, organizadas e fixas ao kit, o que minimiza o risco de oscilação durante o movimento do VLCI e previne danos tanto nos componentes do kit como no material de combate a incêndios.
- Facilidade de utilização do enrolador de mangueiras: O sistema de plataforma deslizante aplicado no enrolador de mangueiras facilita a operação das mangueiras, permitindo que o carretel seja operado fora da caixa de carga, o que melhora a acessibilidade e torna o processo mais eficiente.
- Acessibilidade à tampa superior do depósito: A realocação da tampa superior do depósito para uma das laterais facilitou o acesso por meio das janelas laterais do *hardtop*, tornando o processo de enchimento do depósito mais eficiente e ergonômico.
- Melhoria na iluminação: A adição de luzes LED dentro da caixa de carga aumenta a visibilidade em operações noturnas ou em condições de visibilidade reduzida, melhorando a segurança e eficácia das operações.

Apesar de todas as melhorias e vantagens mencionadas, os militares identificaram uma necessidade que não foi possível suprir:

- Aumento da capacidade do depósito de água: Não foi possível aumentar a capacidade do depósito, uma vez que a capacidade de carga do veículo já está no limite com o depósito de 450 litros. Qualquer aumento adicional ultrapassaria o limite de carga permitido, comprometendo a segurança do veículo.

Os materiais selecionados para o depósito, as anteparas internas, os pontos de elevação do depósito e os sinoblocos da motobomba foram projetados para garantir a robustez e resistência necessárias às condições adversas às quais o VLCI estará sujeito. A durabilidade e o desempenho desses componentes foram validados por meio de simulações, assegurando que cumpriam os requisitos operacionais.

Em suma, considerou-se que o kit desenvolvido atendeu de forma significativa às principais necessidades dos operacionais, oferecendo melhorias substanciais em termos de acessibilidade, organização, resistência e segurança. As inovações implementadas não apenas facilitaram o uso diário do kit, como também proporcionaram uma maior eficiência nas operações de combate a incêndios. Embora algumas limitações não tenham sido resolvidas como a capacidade limitada do depósito, estas questões representam desafios que

poderão ser explorados em trabalhos futuros.

No geral, o kit desenvolvido apresenta-se como uma solução adaptada às exigências operacionais da GNR, demonstrando um avanço em relação às gerações anteriores e aos modelos disponíveis no mercado.

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O trabalho realizado pretende responder aos objetivos estabelecidos na Introdução, nomeadamente, o desenvolvimento de melhorias nos kits de combate a incêndios a instalar nos VLCI. As soluções implementadas visam aumentar a eficiência das missões, tendo como referência as necessidades dos militares que utilizam os VLCI diariamente no terreno. Adicionalmente, todas as soluções propostas estão em conformidade com a legislação aplicável e a preocupação da exequibilidade de instalação em veículos ligeiros com carroçaria do tipo *pick-up* disponíveis no mercado.

Para atingir os objetivos definidos, adotou-se o processo de desenvolvimento de produto e o modelo V descritos no Capítulo 1. A metodologia do projeto envolveu várias etapas e métodos que se encontram explanados no Capítulo 2. No capítulo 3 é possível verificar os resultados desde a identificação das necessidades dos operacionais, por meio de visitas exploratórias, entrevistas e questionários aos militares, até à implementação das melhorias e inovações do kit. Entre estas melhorias, destacam-se a alteração da localização da tampa superior do depósito, a adição de suportes de arrumação, a instalação de uma plataforma deslizante para o enrolador de mangueiras e a colocação de luzes de trabalho. Estas soluções, desenvolvidas com uma abordagem de ergonomia participativa, asseguraram uma operabilidade mais intuitiva e acessível, mantendo a conformidade com a legislação vigente.

No que diz respeito à continuação do projeto desenvolvido, propõe-se a apresentação do modelo do kit de combate a incêndios desenvolvido em *SolidWorksTM* (*Dassault Systèmes®*, França), descrito no Capítulo 3, aos militares da UEPS, com o objetivo de recolher feedback detalhado sobre o mesmo e identificar possíveis aspetos a melhorar. Este processo permitirá ajustar o modelo de acordo com as sugestões dos operacionais, garantindo que o kit atende plenamente às suas necessidades no terreno. Após a implementação das alterações e da validação do novo modelo pelos militares, recomenda-se a criação de um protótipo físico, de acordo com o projeto validado. Este protótipo permitirá testar o desempenho do kit em condições reais de operação de combate a incêndios. Caso o protótipo responda positivamente aos testes reais, poderá avançar-se para a produção em série dos kits, cumprindo assim as fases de Testes e Aperfeiçoamento e Lançamento da Produção do processo de desenvolvimento de produto. Assim se pretende assegurar que o produto final atende aos padrões de qualidade e segurança estabelecidos ao longo do projeto.

Em termos de trabalhos futuros, seria interessante explorar a implementação deste

tipo de kit de combate a incêndios em veículos pesados com carroçaria *pick-up*, mas com maior capacidade de carga. Isso permitiria aumentar a capacidade do depósito de água, o que tornaria a resposta inicial ao combate a incêndios mais eficiente. Outro tema a ser explorado seria a substituição do material do depósito de água por um material mais leve, como compósitos ou termoplásticos, o que poderia reduzir significativamente o peso do depósito e, conseqüentemente, a carga total do veículo.

A abordagem de ergonomia participativa, que envolveu o contacto direto com os operacionais no terreno para identificar as suas necessidades e, com base na sua experiência, desenvolver o kit de combate a incêndios, mostrou-se útil. Os militares sublinharam a importância desta metodologia, realçando o valor de terem as suas perspetivas consideradas no desenvolvimento das soluções que utilizarão no futuro. Dada a sua vasta experiência operacional, os militares possuem uma compreensão profunda das exigências do terreno, o que torna esta abordagem particularmente relevante. Envolvê-los diretamente nessas fases é uma estratégia valiosa para garantir que os produtos correspondem plenamente às exigências reais das operações.

Por tudo o que foi exposto, acredita-se que esta investigação se constituiu de elevada relevância para a GNR, tanto no âmbito específico do combate a incêndios, nomeadamente no desenvolvimento do VLCI e do respetivo kit de combate a incêndios, como também na abordagem a adotar em projetos futuros de desenvolvimento e/ou aquisição de equipamentos. A integração das necessidades dos operacionais e a proximidade com a realidade do terreno mostraram-se fundamentais para o sucesso deste projeto e para a melhoria dos equipamentos utilizados.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Nunes, L. Lourenço, A. Bento-Gonçalves, and A. Vieira, “Três Decadas de Incêndios Florestais em Portugal: incidência regional e principais responsáveis,” *Cad. Geogr.*, vol. n.º 32/201, 2013.
- [2] J. Muacho, “Acidentes e incidentes com veículos de combate a incêndio em contexto de incêndio florestal,” 2023.
- [3] J. San-Miguel-Ayanz *et al.*, “Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa,” *Publ. Off. Eur. Union. Luxemb.*, vol. doi:10.276, 2023.
- [4] Assembleia da República, “Decreto-Lei n.º 113/2018, de 18 de dezembro, cria a Unidade de Emergência de Proteção e Socorro,” *Diário da República*, 1.ª série — N.º 243 — 18, vol. 1.ª Série, pp. 5836–5837, 2018, [Online]. Available: <https://dre.pt/application/conteudo/117428716>.
- [5] GNR, “Comandos e Unidades - Unidades especializadas, de representação e de intervenção e reserva,” 2024. <https://www.gnr.pt/unidades.aspx>.
- [6] P. Cunha, “GNR realizou em 2023 mais de 3.000 missões de combate inicial a incêndios florestais,” *Observador*, 2024. <https://observador.pt/2024/03/01/gnr-realizou-em-2023-mais-de-3-000-missoes-de-combate-inicial-a-incendios-florestais/>.
- [7] Z. Zsitnyánni, “Development of a family of light armored vehicles,” *Hungary Mil. Technol.*, vol. 2020/1, 2020.
- [8] ISA, “Proposta Técnica para o Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios - Anexo 8,” *Glossário - Lisboa*, 2005.
- [9] GNR, “Unidade de Emergência de Proteção e Socorro – Companhia de Intervenção de Proteção e Socorro,” 2024. https://www.gnr.pt/atrib_GIPS.aspx.
- [10] Administração Interna – Autoridade Nacional de Proteção Civil (2016)., “Despacho Normativo nº7316/2016 de 3 de junho: Regulamento de especificações técnicas de veículos e equipamentos operacionais dos corpos de bombeiros,” *Diário da República 2ª série*, vol. nº 107, 2016.
- [11] M. Rekeny and A. Restás, “Increase Efficiency in Extinguishing Wildland Fires with Light Forest Fire Trucks,” *Delta*, vol. 15(1), 2021.
- [12] A. Réstas, “No TitleHungarian- Slovakian Cooperation Making Aerial Firefighting More Effective: Error Analysis,” *Wood Fire Saf.*, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-41235-7_54.
- [13] “Skid Units - What They Do and How They Help Wildland Firefighters,” *Natl. Fire Fight. Wildl. Corp.*, 2023.
- [14] N. Garza and C. Taylor, “How to Build Cost-Effective Skid Sprayers for Prescribed Burning. Society for Range Management,” *Society for Range Management.*, 2007. <https://www.nationalfirefighter.com/blog/Skid-Units>.

- [15] “Kits de extinção com estrutura,” *Vallfirest*, 2024. <https://www.vallfirest.com/pt/kits-de-extincao/kit-de-extincao-com-estrutura>.
- [16] “Kits de extinção com tanque flexível,” *Vallfirest*, 2024, [Online]. Available: <https://www.vallfirest.com/pt/kits-de-extincao/kits-de-extincao-com-tanque-flexivel>.
- [17] “Choosing the Right Pump.,” *Direct Industry*, 2024. <https://guide.directindustry.com/choosing-the-right-pump/>.
- [18] “Kit de extinção de alta pressão para PickUp,” *Vallfirest*, 2024. <https://www.vallfirest.com/pt/kits-de-extincao/kit-de-extincao-de-alta-pressao-para-pickup>.
- [19] N. Garza and C. Taylor, “How to Build Cost-Effective Skid Sprayers for Prescribed Burning,” *Society for Range Management*, 2007. <https://www.nationalfirefighter.com/blog/Skid-Units>.
- [20] Guarda Nacional Republicana, “Proposta de alteração ao manual de combate a IR da GNR - Kit 1^a Geração Honda GX 200,” 2024.
- [21] Guarda Nacional Republicana, “Proposta de alteração do manual de combate a IR da GNR - Kit 2^a Geração Honda GX 270,” 2024.
- [22] Guarda Nacional Republicana, “Proposta de alteração ao manual de combate a IR da GNR - Kit 3^a Geração Rato R 420,” 2024.
- [23] Guarda Nacional Republicana, “Proposta de alteração ao manual de combate a IR da GNR - Kit 4^a Geração Honda GX 200,” 2024.
- [24] “Proposta de alteração ao manual de combate a IR da GNR - Kit 5^a Geração Honda GX 390.”
- [25] W. Singleton, *Introduction to ergonomics*. Genova: World Health Organization, 1972.
- [26] U. S. F. A. (USFA), *Emergency Services Ergonomics and Wellness*. Oklahoma, 2020.
- [27] J. Bos, E. Mol, B. Visser, and M. Frings-Dresen, “The physical demands upon (Dutch) firefighters in relation to the maximum acceptable energetic workload,” *Ergonomics*, vol. 47(4), 2004, doi: 10.1080/00140130310001643283.
- [28] T. T. Romet and J. Frim, “Physiological responses to firefighting activities,” *Eur. J. Appl. Physiol. Occ. Physiol.*, vol. 56(6), 1987, doi: 10.1007/BF00424802.
- [29] R. Rossi, “Firefighting and its influence on the body.,” *Ergonomics*, vol. 46(10), 2003, doi: 10.1080/0014013031000121968.
- [30] T. Guidotti, “Human factors in firefighting: ergonomic, cardiopulmonary, and psychogenic stress-related issues,” *Int Arch Occup Env. Heal.*, vol. 64(1), 1992, doi: 10.1007/BF00625945.
- [31] D. Barr, W. Gregson, and T. Reilly, “The thermal ergonomics of firefighting reviewed,” *Appl. Ergon.*, vol. 41(2010), 2009, doi: 10.1016/j.apergo.2009.07.001.
- [32] R. Campbell, “Firefighter Injuries on the Fireground.,” *National Fire Protection Association*, 2023.

<https://www.nfpa.org/education-and-research/research/nfpa-research/fire-statistical-reports/patterns-of-firefighter-fireground-injuries>.

- [33] Pierce, “Fire Truck Ergonomics: 11 Features to Enhance Firefighter Safety.,” 2024.
<https://www.piercemfg.com/pierce/blog/fire-truck-ergonomics>.
- [34] C. Dennis, “Truck Tech,” *Firefighting in Canada*, 2016.
<https://www.firefightingincanada.com/maintaining-fire-truck-ergonomics-22502/>.
- [35] K. Ulrich and S. Eppinger, *Product Design and Development*. New York: McGraw-Hill, 2012.
- [36] C. Johansson and C. Bucanac, “The V-Model Prepared for Prepared by,” *Management*, 1999.
- [37] S. R. Schmidt, B. J. Hamrock, and B. O. Jacobson, *Fundamentals of machine elements*. McGraw-Hill, 2013.
- [38] “Kits de extinção com bomba centrífuga,” *Vallfirest*, 2024. <https://www.vallfirest.com/pt/kits-de-extincao/kit-de-extincao-com-bomba-centrifuga>.
- [39] José Manuel Fragata Dias, “Ficha Técnica - Kit de combate a incêndios,” 2022.
- [40] Alexandre José Rodrigues da Cruz Costa, “Ficha Técnica - Kit de extinção com bomba centrífuga,” 2023.
- [41] “Caderno de encargos - AQUISIÇÃO DE VEÍCULOS DE COMBATE A INCÊNDIOS NO ÂMBITO DO PLANO DE RECUPERAÇÃO E RESILIÊNCIA,” 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – GUIÃO DO QUESTIONÁRIO POR INQUÉRITO REALIZADO AOS MILITARES DA UEPS

Desenvolvimento do Kit de combate a incêndios que equipa os VLCI da GNR.

Secção 1: Dados Sociodemográficos.

Idade:

- ☐ 18 – 25 anos
- ☐ 26 – 35 anos
- ☐ 36 – 45 anos
- ☐ 46 – 55 anos

Sexo:

- ☐ Masculino
- ☐ Feminino

Há quantos anos é que se encontra colocado na UEPS (ou no antigo GIPS)?

- ☐ 0 – 2 anos
- ☐ 2 – 5 anos
- ☐ > 5 anos

Em que distrito se encontra colocado? _____

Secção 2: Caraterização do VLCI

Qual é a marca e modelo do VLCI que normalmente utiliza? _____

Em que tipo de cenários ou situações o VLCI é utilizado? _____

Secção 3: Pontos fortes e fracos de cada geração dos kits de combate a incêndio

Qual é o kit de combate a incêndio com que habitualmente opera?

- ☐ Kit 1ª Geração Honda GX200
- ☐ Kit 2ª Geração Honda GX270
- ☐ Kit 3ª Geração Rato R 420
- ☐ Kit 4ª Geração Honda GX200
- ☐ Kit 5ª Geração Honda GX390
- ☐ Kit 6ª Geração B&S XR 2100

Quais são, na sua opinião, os principais pontos fortes que o kit de combate a incêndios com que habitualmente trabalha possui? _____

Quais são os principais pontos fracos ou desafios que enfrenta a operar com o kit de combate a incêndios? _____

Secção 4: Feedback e sugestões de melhoria dos kits de combate a incêndio

Que aspetos teria em consideração se fosse responsável pela aquisição dos próximos VLCI e kits de combate a incêndio? _____

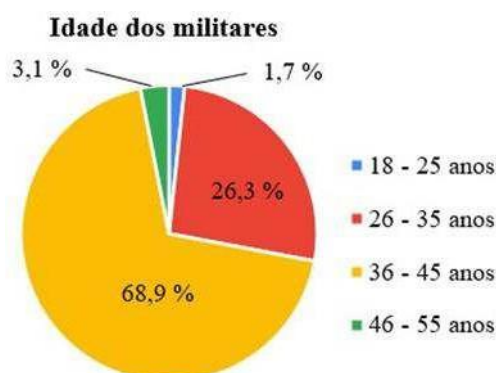
Existe alguma funcionalidade ou equipamento adicional que gostaria que fosse incluído no VLCI ou no kit de combate a incêndio com que habitualmente opera?

APÊNDICE 2 – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO POR INQUÉRITO REALIZADO AOS MILITARES DA UEPS

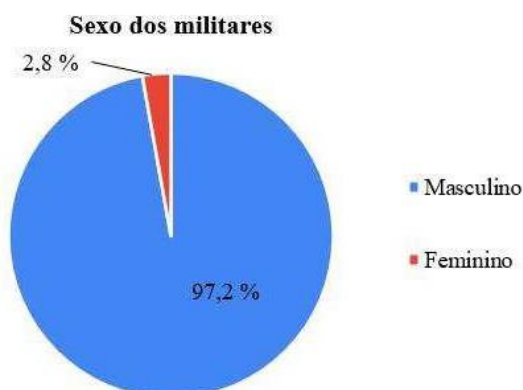
A primeira secção do questionário teve como título “Dados Sociodemográficos” e foi possível obter uma visão geral sobre o perfil dos militares inquiridos. A maioria dos participantes (68,9%) encontra-se na faixa etária dos 36 aos 45 anos, seguida por (26,3%) na faixa dos 26 a 35 anos, refletindo uma predominância de militares em fases intermédias da carreira. Em termos de sexo, 97,2% dos inquiridos são do sexo masculino, enquanto apenas 2,8% são do sexo feminino.

Relativamente ao tempo de colocação na UEPS, a maior parte dos militares (84,2 %) indicou estar na unidade há mais de 5 anos, o que demonstra uma experiência significativa no terreno. Apenas 8,2% estão na unidade há menos de 2 anos.

Quanto ao distrito de colocação, a maior concentração de militares encontra-se em Viseu (20,8%) seguido por Santarém (14,6%) e Guarda (12,7%), com os outros distritos a apresentar uma distribuição menos representativa.

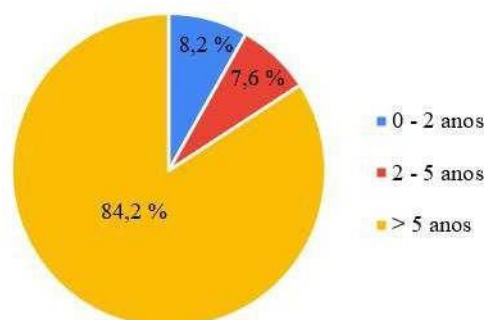


Distribuição etária dos militares que responderam ao questionário.



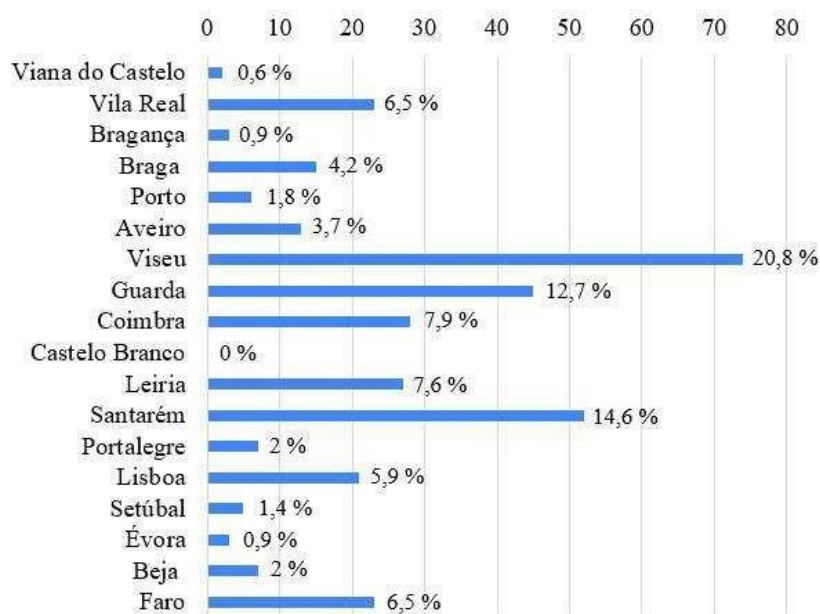
Distribuição por sexo dos militares que responderam ao questionário.

Nº de anos que os militares se encontram na UEPS



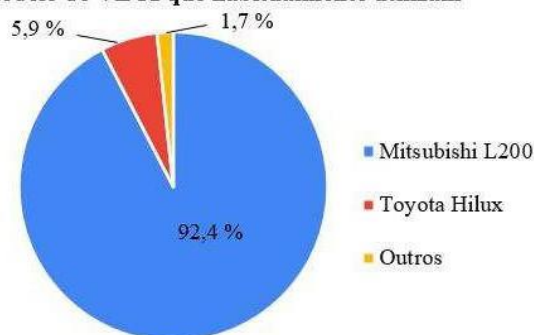
Distribuição relativa aos anos de colocação na UEPS dos militares que responderam ao questionário.

Distrito em que os militares se encontram colocados



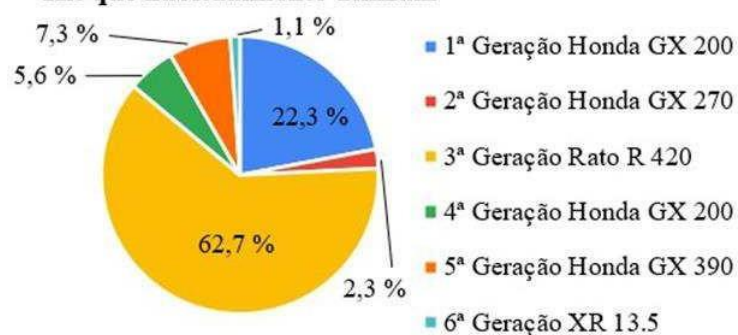
Distribuição geográfica relativa ao distrito onde se encontram colocados os militares que responderam ao questionário.

Marca e modelo do VLCI que habitualmente utilizam



Marca e modelo do VLCI que os militares que responderam ao questionário habitualmente utilizam.

Kit que habitualmente utilizam



Geração do kit de combate a incêndios que os militares que responderam ao questionário habitualmente utilizam.

Pontos Fortes do Kit 1ª Geração



Pontos fortes do kit 1ª Geração segundo os militares que habitualmente o utilizam.



Pontos fracos do kit 1ª Geração segundo os militares que habitualmente o utilizam.



Pontos fortes do kit 2ª Geração segundo os militares que habitualmente o utilizam.



Pontos fracos do kit 2ª Geração segundo os militares que habitualmente o utilizam.



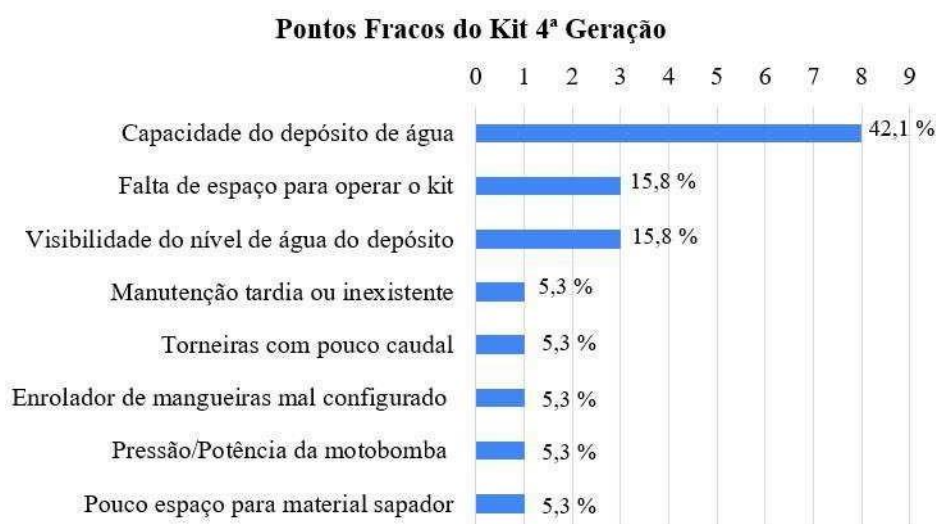
Pontos fortes do kit 3ª Geração segundo os militares que habitualmente o utilizam.



Pontos fracos do kit 3ª Geração segundo os militares que habitualmente o utilizam.



Pontos fortes do kit 4ª Geração segundo os militares que habitualmente o utilizam.



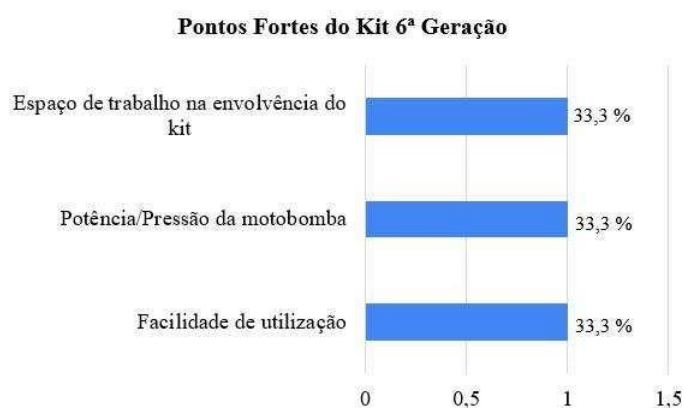
Pontos fracos do kit 4ª Geração segundo os militares que habitualmente o utilizam.



Pontos fortes do kit 5ª Geração segundo os militares que habitualmente o utilizam.



Pontos fracos do kit 5ª Geração segundo os militares que habitualmente o utilizam.



Pontos fortes do kit 6ª Geração segundo os militares que habitualmente o utilizam.



Pontos fracos do kit 6ª Geração segundo os militares que habitualmente o utilizam.

APÊNDICE 3 – CÁLCULO DO FATOR DE SEGURANÇA DO PROJETO ATRAVÉS DO MÉTODO DE PUGSLEY.

$$n_{proj} = n_{sx} * n_{sy}$$

Tabela 1 - Características relativas aos materiais, carregamentos e análise de tensões para determinação de n_{sx} [37].

A	C	B			
		vg	g	f	p
vg	vg	1,1	1,3	1,5	1,7
	g	1,2	1,45	1,7	1,95
	f	1,3	1,6	1,9	2,2
	p	1,4	1,75	2,1	2,45
g	vg	1,3	1,55	1,8	2,05
	g	1,45	1,75	2,05	2,35
	f	1,6	1,95	2,3	2,65
	p	1,75	2,15	2,55	2,95
f	vg	1,5	1,8	2,1	2,4
	g	1,7	2,05	2,4	2,75
	f	1,9	2,3	2,7	3,1
	p	2,1	2,55	3	3,45
p	vg	1,7	2,15	2,4	2,75
	g	1,95	2,35	2,75	3,15
	f	2,2	2,65	3,1	3,55
	p	2,45	2,95	3,45	3,95

vg – muito bom g – bom f – razoável p – pobre

A – Qualidade dos materiais, manufatura, manutenção e inspeção.

B – Controlo sobre o carregamento aplicado.

C – Precisão da análise de tensões, dados experimentais ou experiência com componentes semelhantes.

Tabela 2 - Características relativas ao impacto de ocorrência de uma falha para determinação de n_{sy} [37].

	D			
		ns	s	vs
E	ns	1	1,2	1,4
	s	1	1,3	1,5
	vs	1,2	1,4	1,6

vs – muito severo s – severo ns – não severo

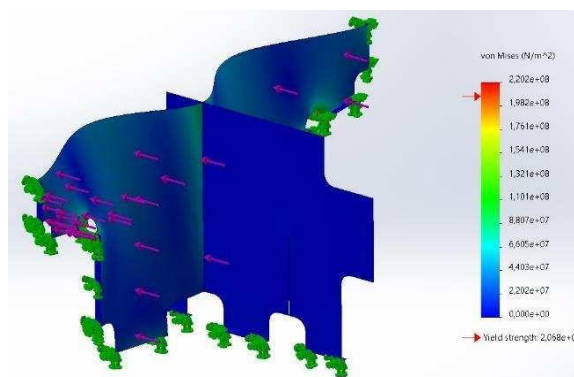
D – Nível de perigo para as pessoas.

E – Impacte económico.

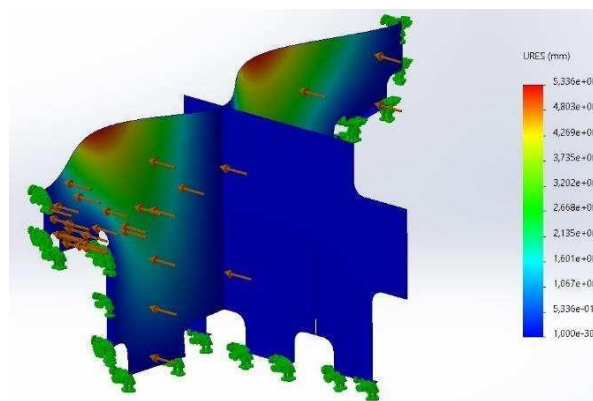
$$n_{proj} = n_{sx} * n_{sy} = 1,3 * 1,3 = 1,69$$

APÊNDICE 4 – ANÁLISE DA TENSÃO, DO DESLOCAMENTO, DA DEFORMAÇÃO E DO FATOR DE SEGURANÇA PARA AS DIFERENTES ESPESSURAS DAS ANTEPARAS.

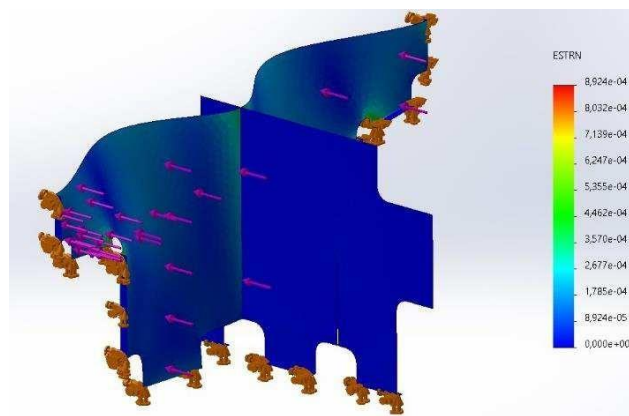
- Espessura 2 mm:



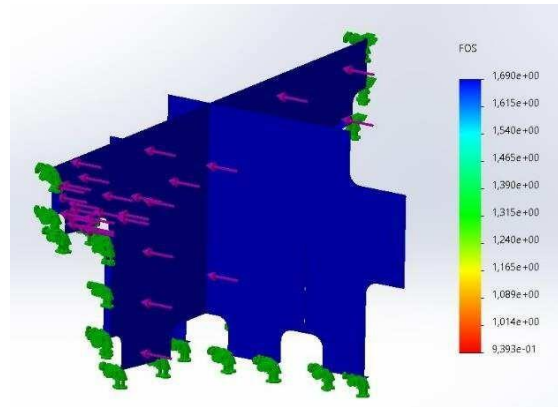
Análise da tensão da antepara de 2 mm à força solicitada.



Análise do deslocamento da antepara de 2 mm à força solicitada.

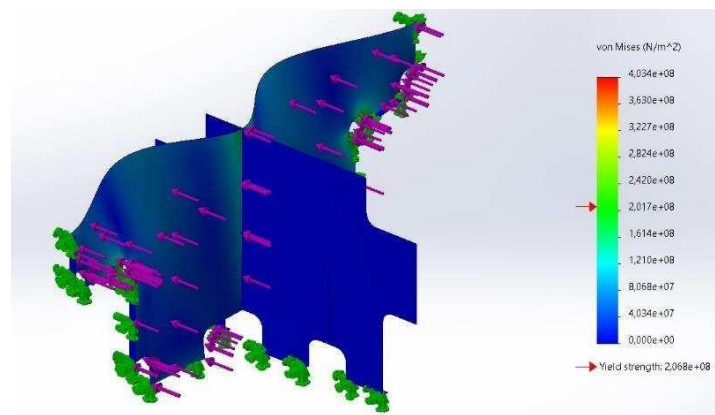


Análise da deformação da antepara de 2 mm à força solicitada.

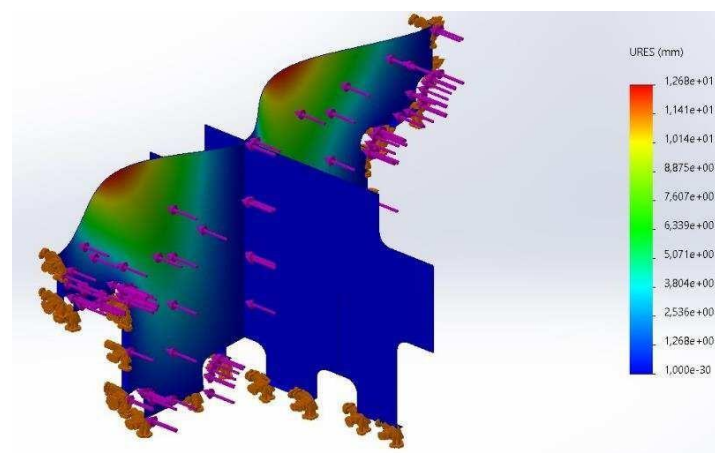


Análise do fator de segurança da antepara de 2 mm à força solicitada.

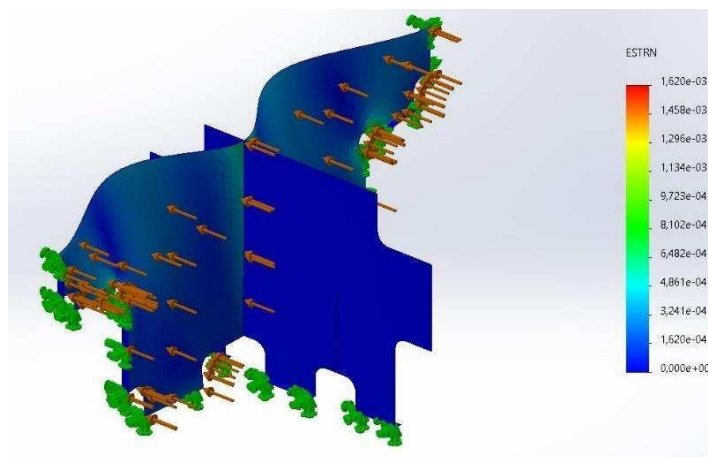
- Espessura 1,5 mm:



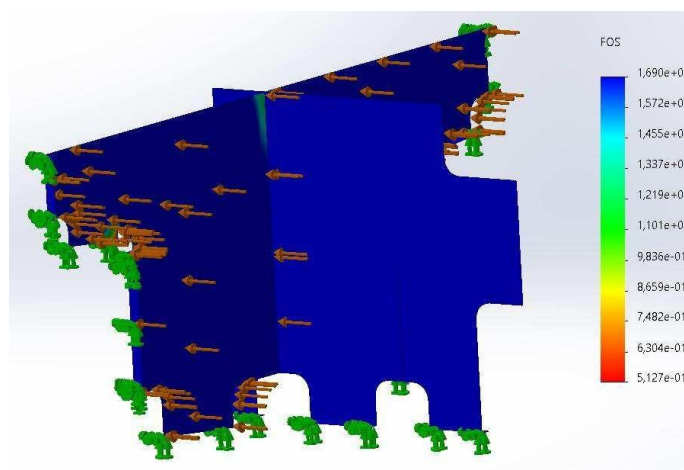
Análise da tensão da antepara de 1,5 mm à força solicitada.



Análise do deslocamento da antepara de 1,5 mm à força solicitada.

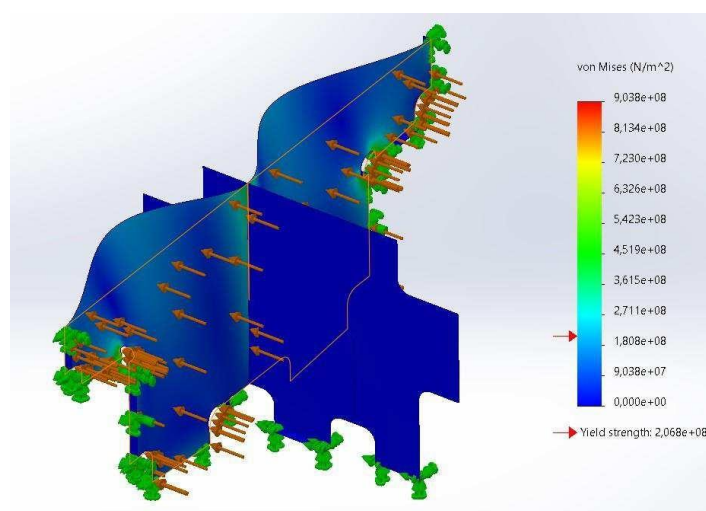


Análise da deformação da antepara de 1,5 mm à força solicitada.

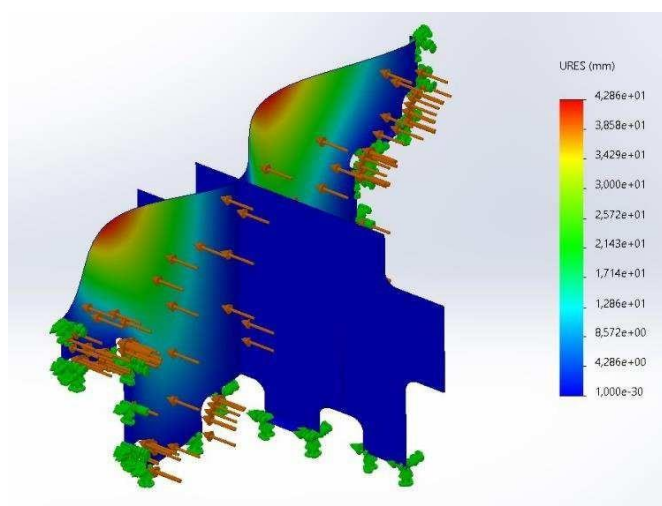


Análise do fator de segurança da antepara de 1,5 mm à força solicitada.

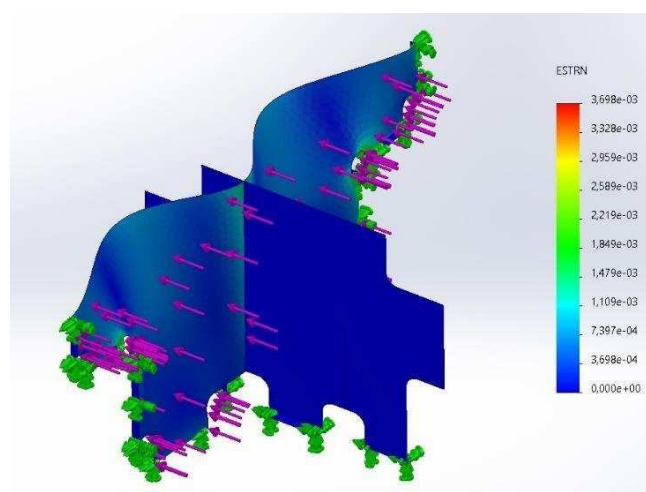
- Espessura 1 mm:



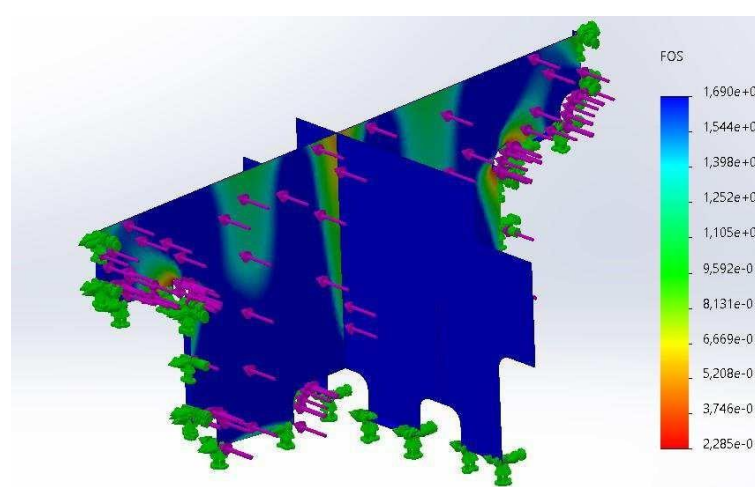
Análise da tensão da antepara de 1 mm à força solicitada.



Análise do deslocamento da antepara de 1 mm à força solicitada.



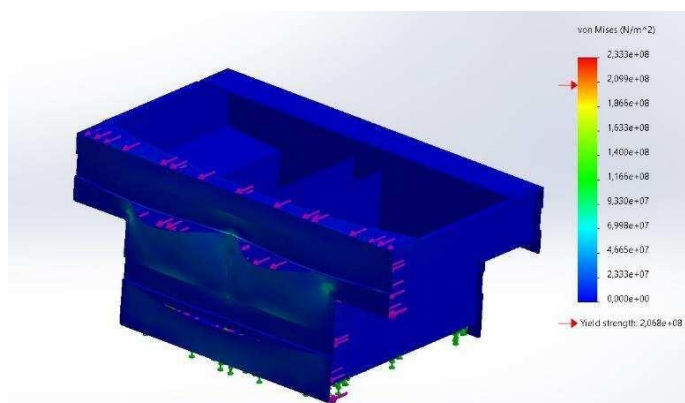
Análise da deformação da antepara de 1 mm à força solicitada.



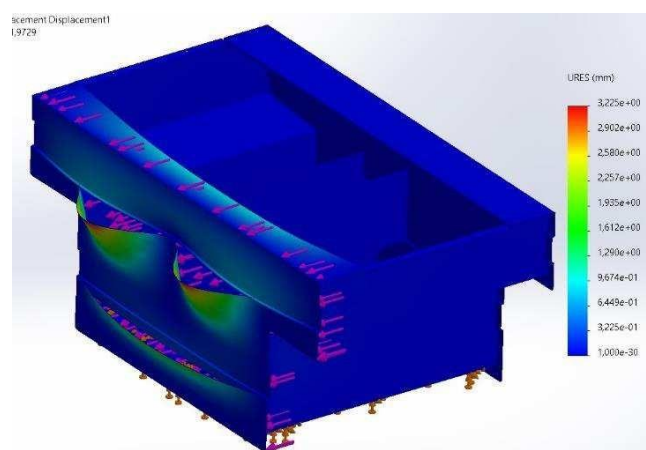
Análise do fator de segurança da antepara de 1 mm à força solicitada.

APÊNDICE 5 – ANÁLISE DA TENSÃO, DO DESLOCAMENTO, DA DEFORMAÇÃO E DO FATOR DE SEGURANÇA PARA AS DIFERENTES ESPESSURAS DO CORPO DO DEPÓSITO.

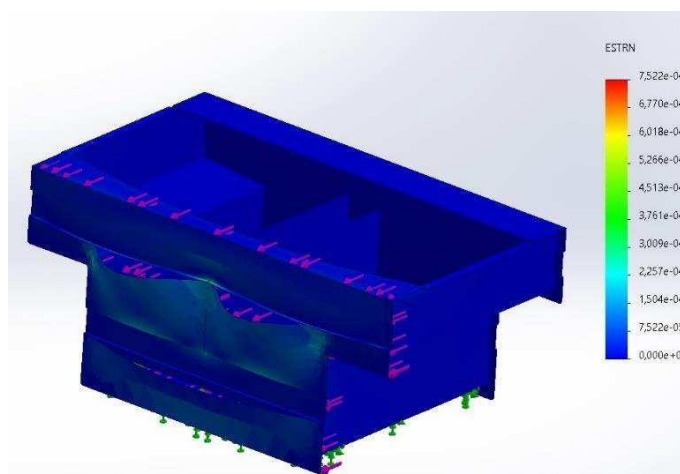
Espessura 1,5 mm:



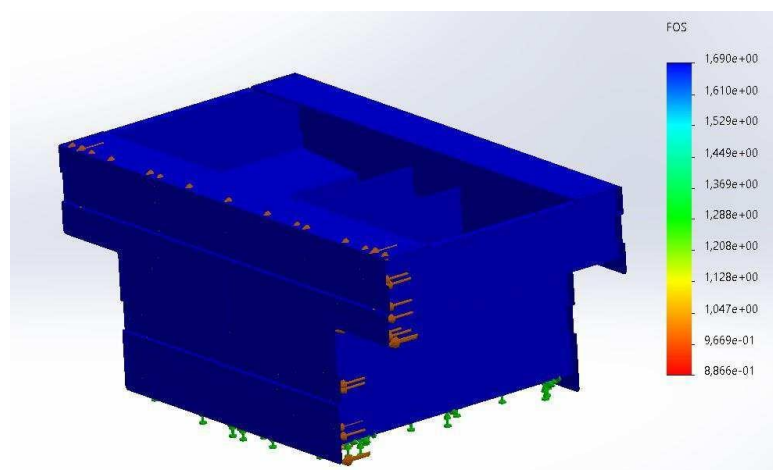
Análise da tensão do corpo do depósito de 1,5 mm à força solicitada.



Análise do deslocamento do corpo do depósito de 1,5 mm à força solicitada.

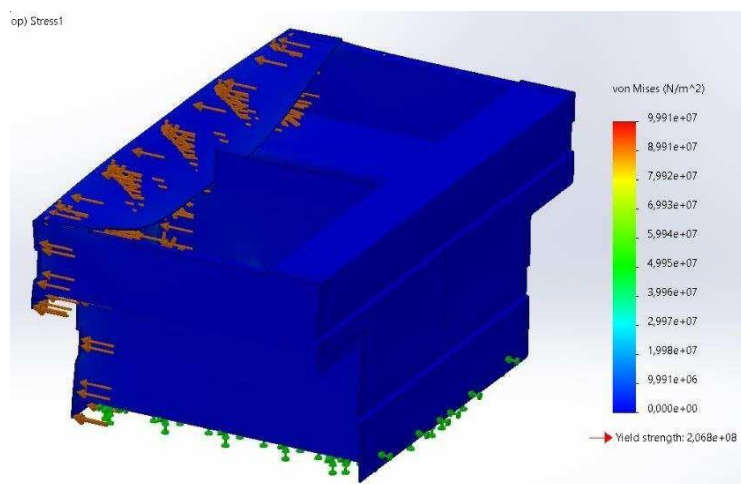


Análise da deformação do corpo do depósito de 1,5 mm à força solicitada.

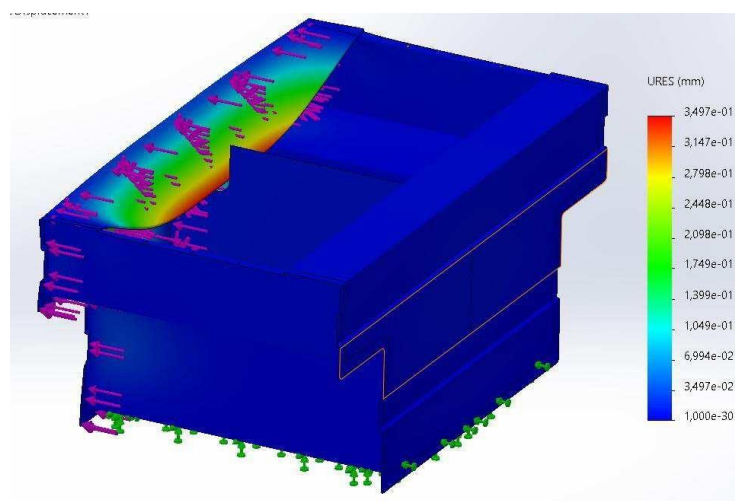


Análise do fator de segurança do corpo do depósito de 1,5 mm à força solicitada.

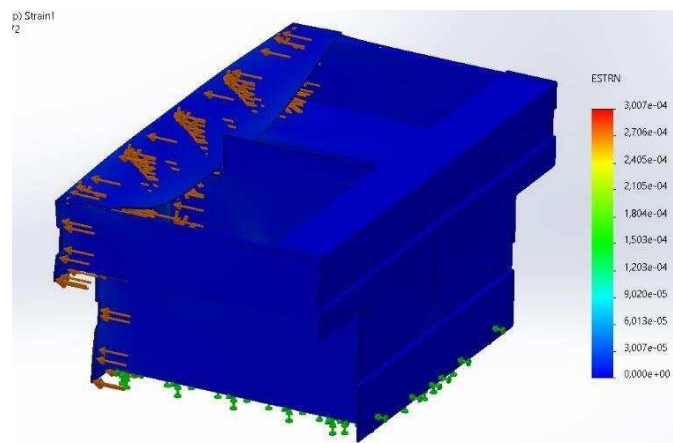
Espessura 2 mm:



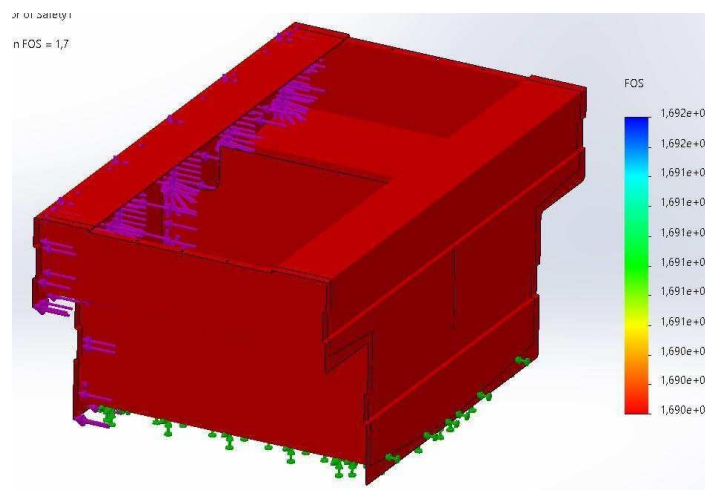
Análise da tensão do corpo do depósito de 2 mm à força solicitada.



Análise do deslocamento do corpo do depósito de 2 mm à força solicitada.

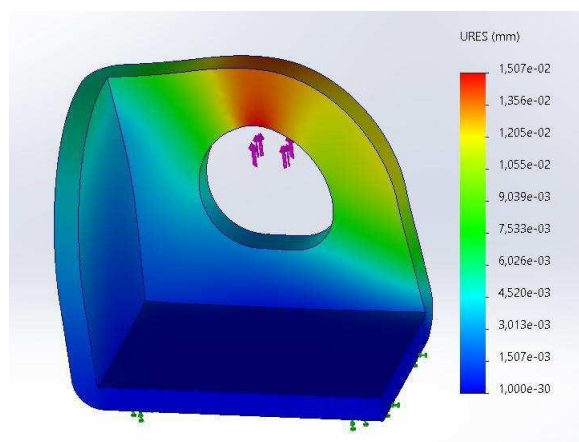


Análise da deformação do corpo do depósito de 2 mm à força solicitada.

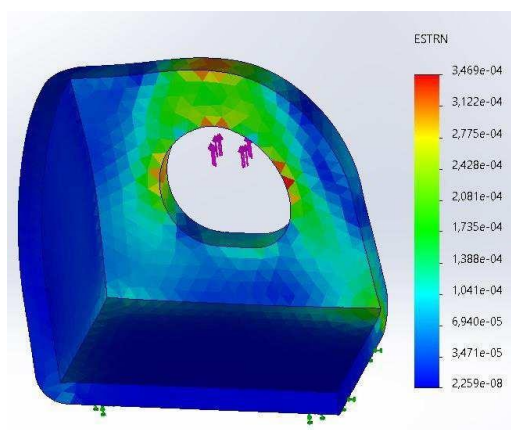


Análise do fator de segurança do corpo do depósito de 2 mm à força solicitada.

APÊNDICE 6 – ANÁLISE DO DESLOCAMENTO, DA DEFORMAÇÃO E DO FATOR DE SEGURANÇA DO PONTO DE ELEVAÇÃO.

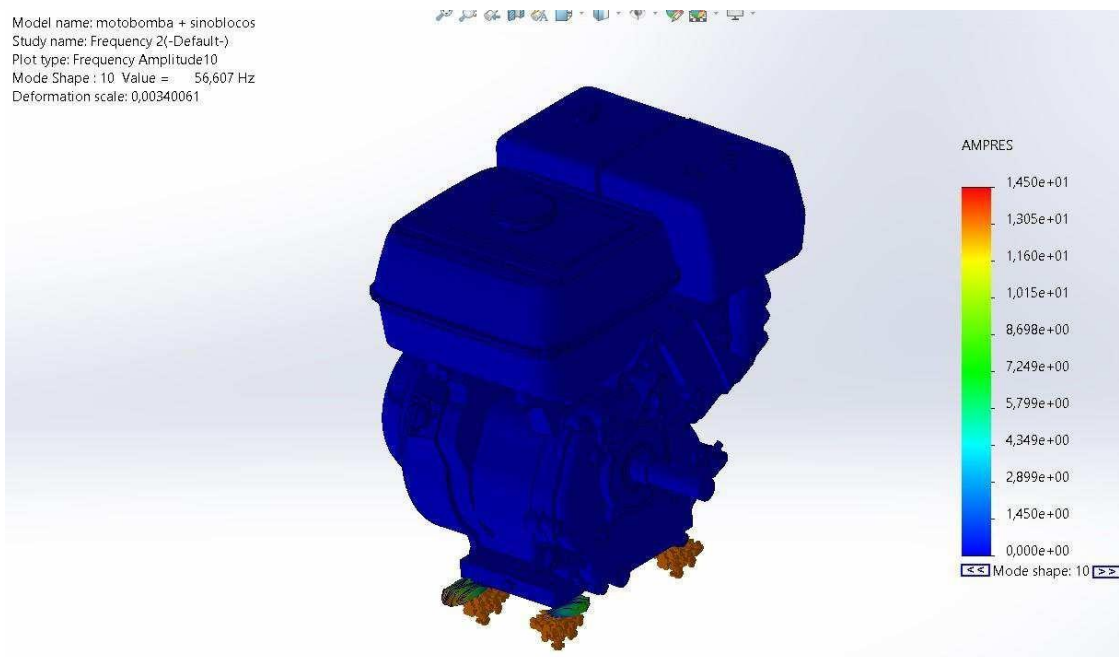


Análise do deslocamento do ponto de elevação à força solicitada.

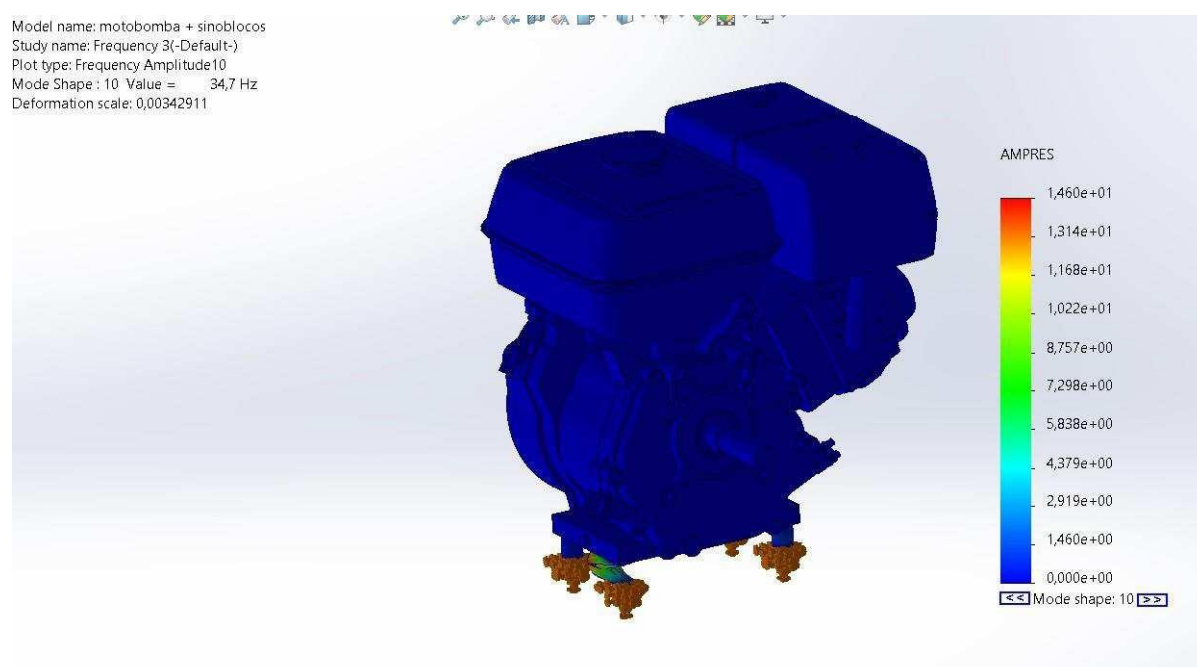


Análise da deformação do ponto de elevação à força solicitada

APÊNDICE 7 – ANÁLISE DE VIBRAÇÃO DOS DIFERENTES CONJUNTOS MOTOBOMBA + SINOBLOCOS.

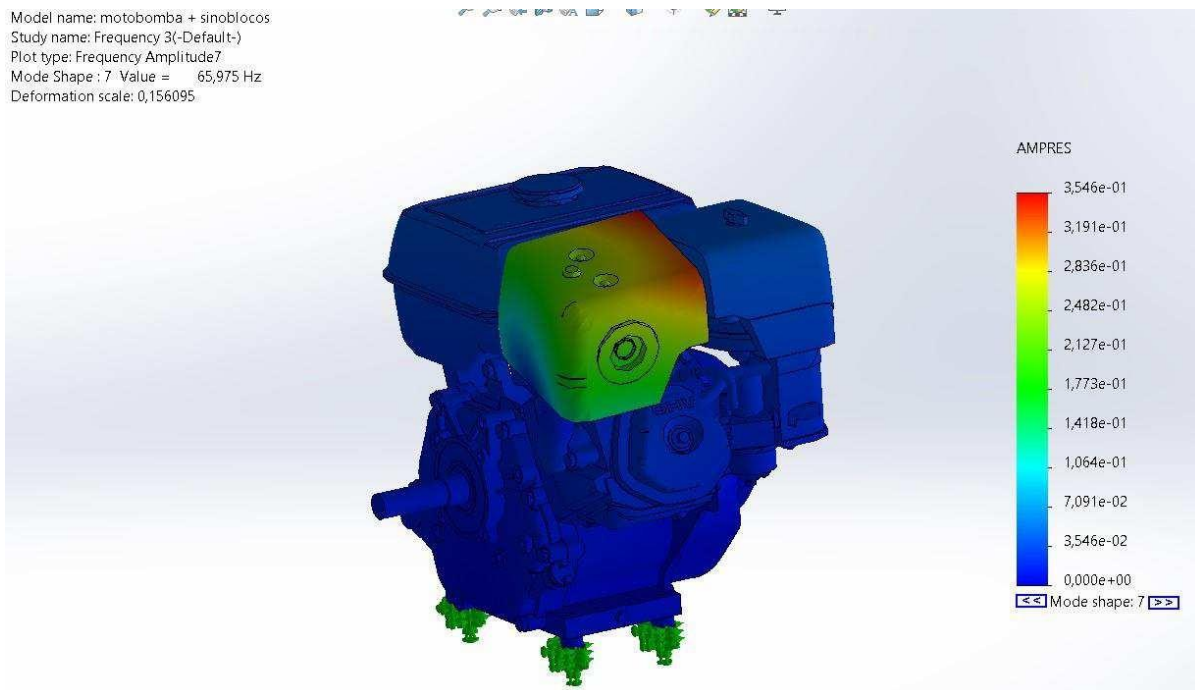


Análise de vibração do conjunto motobomba + sinoblocos em que os amortecedores dos sinoblocos têm 20 mm de espessura.



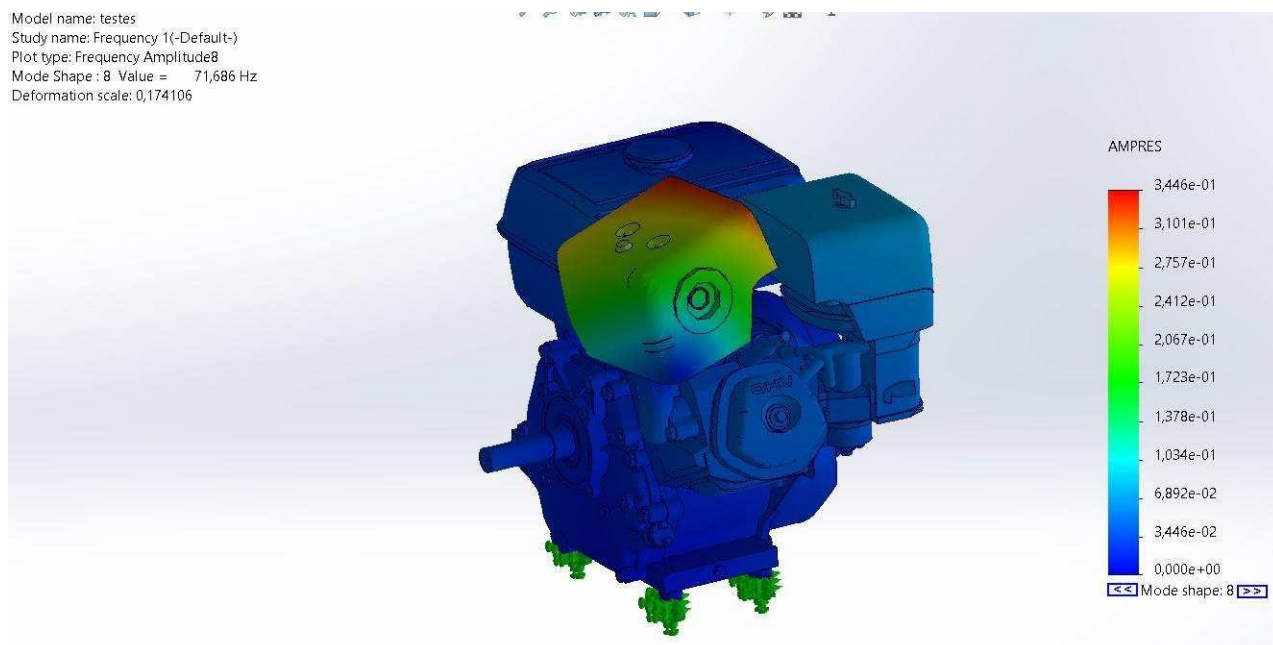
Análise de vibração do conjunto motobomba + sinoblocos em que os amortecedores dos sinoblocos têm 30 mm de espessura.

Model name: motobomba + sinoblocos
 Study name: Frequency 3(-Default-)
 Plot type: Frequency Amplitude7
 Mode Shape : 7 Value = 65,975 Hz
 Deformation scale: 0,156095



Análise de vibração do conjunto motobomba + sinoblocos em que os amortecedores dos sinoblocos têm 15 mm de espessura.

Model name: testes
 Study name: Frequency 1(-Default-)
 Plot type: Frequency Amplitude8
 Mode Shape : 8 Value = 71,686 Hz
 Deformation scale: 0,174106



Análise de vibração do conjunto motobomba + sinoblocos em que os amortecedores dos sinoblocos têm 10 mm de espessura.

