

Conceção de equipamento radio- comandado para limpeza de terrenos

Diogo Manuel Ferreira Vieira

Dissertação de Mestrado

Orientador FEUP: Prof. António Torres Marques

Orientador INEGI: Doutor António José Baptista



FEUP **FACULDADE DE ENGENHARIA**
UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Setembro 2016

Resumo

O território português possui uma vasta extensão de área florestal cujo contributo para economia nacional é, também, extenso. Os incêndios florestais são uma grande ameaça para as florestas nacionais e consequentemente para a economia nacional. O clima quente e seco que se vive durante o verão é um grande aliado dos fogos florestais. O norte e centro de Portugal têm um maior número de ocorrências bem como uma maior área ardida.

A prevenção dos fogos florestais atua em duas principais vertentes, no controlo das ignições - na alteração do comportamento humano relativo ao uso de fogo e sensibilização para os riscos deste; e no controlo da propagação - silvicultura preventiva/gestão de combustíveis.

A gestão de combustíveis florestais/silvicultura preventiva pode ser executada através de métodos manuais ou mecânicos, mas dado a geografia muito montanhosa associada à pequena propriedade que dominam o norte e centro de Portugal, o uso de métodos mecânicos tradicionais fica impossibilitado.

Um novo método mecânico de gestão de combustíveis passa pela utilização de máquinas de corte e desbaste de vegetação rádio comandadas. Este equipamento permite o corte em segurança em grandes pendentes com bons níveis de produtividade.

Sendo um equipamento relativamente recente, os modelos existentes no mercado não satisfazem na totalidade as necessidades de eventuais utilizadores surgindo assim a oportunidade de conceção de um equipamento que fosse de encontro às necessidades verificadas em estudos de mercado.

Foi assim elaborado um ante-projeto de um equipamento florestal, modular, rádio comandado, de baixo preço, compacto, fácil de operar e manter de corte de vegetação para trabalhar principalmente na pequena propriedade de terreno adverso verificada no norte de Portugal.

Palavras-chave: *Conceção e desenvolvimento, Corte de vegetação, Incêndios Florestais, Gestão combustíveis florestais, Máquina RC de corte de vegetação, Silvicultura preventiva, Simulação; equipamento florestal.*

Abstract

The Portuguese territory has a vast extension of forestall area which vastly contributes to the country's economy. The forestall fires are then a great threat to the forest itself and the adjacent economy. The warm and dry climate, typical during summer months contributes to the fire propagation. Northern and Center region of Portugal have a greater number of occurrences and higher areas of burnt area.

The prevention of forest fires is achieved in two ways, the control of ignition, by changing human behaviour regarding fire usage and sensitization to the risks of its usage, and by the control of its propagation, by the maintenance and forestry of the terrains and fuel management.

The management of forestal fuel/preventive forestry can be executed through manual or mechanic means. Considering the geography of the terrain being highly mountainous and the small parcels of terrain with different owners, the use of traditional mechanical methods becomes impossible.

A new mechanical method of fuel management includes the utilization of cutting and thinning radio commanded machines. This equipment allows the safe cut in high inclination terrain with high levels of productivity.

Being a recent equipment, the existing models are not fully fulfilling the consumer needs and thus arises the necessity of the creation of an equipment that achieves such requisites and meet the market needs.

Thus being, an ante-project of this equip was elaborated. Radio commanded, low priced, compact, easy to operate and maintain equipment to work in small properties of mountainous terrain, such as the one found in northern and center region of Portugal.

Keywords: *Forest fire, Forestry fuel management, Preventive forestry, RC mulching, Research and development of forestry equipment, Simulation, Weeds cutting*

Agradecimentos

Durante o último ano dediquei-me à realização desta tese de mestrado e venho agradecer a todos aqueles que contribuíram para tornar esta tese numa realidade.

Tenho de agradecer ao meu orientador, Professor António Torres Marques, e ao orientador do INEGI, Doutor António Baptista pela prontidão e acessibilidade para a resolução de todas as minhas questões

Tenho ainda de agradecer aos meus pais e família e a todos os meus amigos que me ajudaram, em especial à Doutora Mafalda Paula Pinto, durante toda esta jornada

Índice

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Motivação e enquadramento	1
1.1.1	Prevenção de incêndios:	4
	Educação e sensibilização	4
1.1.2	Legislação e Fiscalização	5
1.1.3	Eliminação ou redução de fontes de propagação: Silvicultura preventiva/Gestão de combustíveis	7
1.2	Objetivos do projeto.....	8
1.3	Estrutura da dissertação	8
2	ANÁLISE DO MERCADO	10
2.1	Soluções atuais	10
2.2	Estudo da procura.....	11
2.3	Estudo da oferta	12
3	REQUISITOS DO SISTEMA.....	20
4	APRESENTAÇÃO DA SOLUÇÃO PROPOSTA	21
4.1	Gerador	22
4.2	Lamina	25
4.3	Motor elétrico para as lâminas	27
4.4	Lagartas	30
4.5	Motor das rodas	31
4.5.1	Motor elétrico	31
4.5.2	Redutor de velocidade	35
4.6	Guincho	37
4.7	Base.....	39
4.8	Cabeça de corte	43
4.9	Proteção para capotamento	51
4.10	Suporte das rodas frontais.....	53
4.11	Unidade de controlo	56

4.12 Comando	57
4.13 Blindagem inferior	59
4.14 Modelação completa	59
4.15 Modularidade	63
5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	66
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	67
ANEXO A.....	70

Lista de Figuras

<i>Figura 1 - Cartaz de sensibilização dos perigos de um incêndio [6]</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2 - Gerador Champion 4750W [20].....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 3 - Gerador DuroMax XP5500E [21]</i>	<i>24</i>
<i>Figura 4 - Gerador Honda EG5000CL [22]</i>	<i>25</i>
<i>Figura 5 - Lamina de 3 dentes [23]</i>	<i>26</i>
<i>Figura 6 - Lamina de 40 dentes [23]</i>	<i>26</i>
<i>Figura 7 - Lamina de 80 dentes [23]</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8 - Lamina Renegade Carbide 120t [23]</i>	<i>27</i>
<i>Figura 9 - Motor elétrico IBL-100SW04 [24]</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10 - Desenho técnico do motor IBL-100SW04 [24].....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 11 - Lagarta de borracha [25]</i>	<i>31</i>
<i>Figura 12 - Diagrama de forças da máquina num pendente de inclinação θ.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 13 - Motor DLYM12 [27]</i>	<i>35</i>
<i>Figura 14- Desenho técnico e representação do redutor de velocidade TJ-BHADE75 [28]</i>	<i>37</i>
<i>Figura 15 - Guincho Liteway 4x4 12v 1500 Lbs [29]</i>	<i>39</i>
<i>Figura 16 - Esquema da simplificação efetuada [35].....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 17 - Modelação da cabeça de corte.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 18 - Cabeça de corte sem a cobertura</i>	<i>45</i>
<i>Figura 19 - Vista inferior da cabeça de corte</i>	<i>45</i>
<i>Figura 20 - Pormenor da calha de deslizamento.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 21 - Atuador linear MS500 [31].....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 22 - Desenho técnico e gráficos de desempenho do atuador MS500 [31]</i>	<i>48</i>
<i>Figura 23 - Pormenor da fixação da cabeça de corte</i>	<i>49</i>
<i>Figura 24 - Suporte de roda frontal</i>	<i>54</i>
<i>Figura 25 - Suporte da roda frontal em utilização</i>	<i>54</i>
<i>Figura 26 - Desenho técnico do rolamento SKF NA 4904.2RS [32].....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 27 - Exemplo de uma cobertura de componentes eletrónicos com alhetas [34]</i>	<i>57</i>
<i>Figura 28 - Modelação do comando</i>	<i>58</i>
<i>Figura 29 - Vista superior do comando</i>	<i>58</i>
<i>Figura 30 - Blindagem montada na máquina</i>	<i>59</i>
<i>Figura 31 - Modelação 3D.....</i>	<i>60</i>

<i>Figura 32 - Modelação 3D.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 33 - Modelação 3D vista lateral.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 34 - Modelação 3D vista traseira.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 35 - Modelação 3D vista inferior.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 36 - Modelação 3D sem coberturas de proteção.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 37 - Modelação 3D sem coberturas de proteção.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 38 - Modelação do equipamento com o módulo de empilhador.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 39 - Modulo de empilhador</i>	<i>64</i>
<i>Figura 40 - Modelação do equipamento com o módulo de carregamento.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 41 - Módulo de carregamento</i>	<i>65</i>
<i>Figura 42 - Questionário empresarial (Parte 1/2)</i>	<i>72</i>
<i>Figura 43 - Questionário empresarial (Parte 2/2)</i>	<i>72</i>
<i>Figura 44 - Questionário particulares</i>	<i>73</i>

Lista de Tabelas

<i>Tabela 1 - Tabela de preços praticados pela CAOF para a limpeza manual de um terreno [11]</i>	<i>11</i>
<i>Tabela 2 - Especificações técnicas e características relevantes das máquinas no mercado (Parte 1/3)</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 3 - Especificações técnicas e características relevantes das máquinas no mercado (Parte 2/3)</i>	<i>14</i>
<i>Tabela 4 - Especificações técnicas e características relevantes das máquinas no mercado (Parte 3/3)</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 5 - Solução hidráulica vs. Solução elétrica</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 6 - Pros e contras do combustível do motor de combustão</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 7 - Comparação de características entre 3 modelos de gerador - com base nos dados fornecidos pelos fabricantes</i>	<i>23</i>
<i>Tabela 8 - Características da lâmina escolhida - Tabela com dados fornecidos pelo fabricante [23].....</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 9 - Especificações base do motor para as lâminas.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 10 - Características técnicas do motor elétrico IBL-100SW04 tabela elaborada com dados fornecidos pelo fabricante</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 11 - Pros e contras de cada sistema de locomoção</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 12 - Pros e contras da configuração da tração e disposição dos motores</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 13 - Especificações técnicas do motor elétrico DLYM12 - tabela formulada com dados do fabricante [27].....</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 14 - Especificações técnicas do redutor de velocidade - tabela formulada com os dados fornecidos pelo fabricante [28]</i>	<i>37</i>
<i>Tabela 15 - Especificações técnicas do guincho - tabela formulada de acordo com as especificações fornecidas pelo fabricante [29]</i>	<i>38</i>
<i>Tabela 16 - Composição química do Aço CK45 - tabela formulada com dados fornecidos pelo fabricante [30]</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 17 - Propriedades mecânicas do aço CK45 - tabela formulada com dados fornecidos pelo fabricante [30]</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 18 - Simulação da tensão na base</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 19 - Simulação da deformação na base.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 20 - Pros e contras das diferentes possibilidades de corte.....</i>	<i>44</i>

<i>Tabela 21 - Especificações técnicas do atuador linear MS500 - tabela formulada com os dados do fabricante [31].....</i>	<i>47</i>
<i>Tabela 22 - Simulação da tensão máxima na cabeça de corte.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 23 - Simulação do deslocamento da cabeça de corte</i>	<i>51</i>
<i>Tabela 24 - Simulação da tensão máxima na proteção anti-capotamento.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabela 25 - Simulação do deslocamento máximo na proteção anti-capotamento</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 26 - Composição química do aço ASTM27 60-30 - tabelas fórmulas com os dados fornecidos pelo fabricante [33].....</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 27 - Propriedades mecânicas do ASTM27 60-30 - tabelas fórmulas com os dados fornecidos pelo fabricante [33].....</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 28 - Simulação da tensão máxima no suporte da roda.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 29 - Peso final máquina (* pesos estimados).....</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 30 - Preço final máquina (* preços estimados)</i>	<i>63</i>
<i>Tabela 31 - Comparação de métodos de limpeza de terrenos.....</i>	<i>71</i>

Abreviaturas e Símbolos

CAOF - Comissão Acompanhamento de Operações Florestais

ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e Floresta

PIB - Produto Interno Bruto

a - Comprimento aresta - mm

b - Comprimento aresta - mm

e - Espessura - mm

f - Força - N

g - Aceleração gravítica - m/s^2

i - Relação de transmissão

I - Momento de Inercia - $kg.m^2$

M - Momento - N/m

m - Massa - kg

p - Perímetro - mm

r - Raio - mm

t - Tempo - *segundos*

v - Velocidade - m/s

W - Módulo de Resistência à Flexão - mm^3

θ - Ângulo de inclinação - *graus*

α - Aceleração angular - *graus/s*

ω - Velocidade angular - *graus/s²*

τ - Binário - N/m

σ - Tensão - Pa

1 Introdução

1.1 Motivação e enquadramento

O setor florestal adquiriu uma importância maior no contexto da economia nacional, assumindo-se como um dos mais importantes recursos de riqueza em Portugal. Este setor multidimensional está associado não só a atividades económicas e industriais, mas também é um elemento central na produção de capital natural, desenvolvimento sustentável, social e cultural - valorização da paisagem, serviços ambientais e oportunidades recreativas para a sociedade.

A floresta portuguesa tem um impacto representativo no Produto Interno Bruto, representando cerca de 1,2% do PIB [36] e potencialidades promissoras no contributo para o aumento da competitividade nacional. As indústrias do setor florestal têm uma ação fortemente exportadora, que se traduziu num saldo positivo de 1.801,4 milhões de euros em 2011 e 2.474 milhões de euros em 2013. [36] A fileira florestal representa 12,1% do número total de pessoas ao serviço nas empresas das indústrias transformadoras, 2,2% do total de pessoas ao serviço das empresas em Portugal e 1,7% da população empregada total [1] [2] [3].

A fileira florestal serve também como fornecedor de matéria-prima, nomeadamente pasta de papel, cortiça e mobiliário. Tem ainda um contributo energético não negligenciável, particularmente a da pasta de papel, sendo responsável por cerca de 48,6% da energia elétrica produzida em cogeração, em 2012. A evolução desde 2003 tem sido assinalável, com um aumento da energia elétrica produzida de 82% [1] [2].

Uma das principais ameaças à floresta portuguesa são os incêndios florestais, que surgem como fenómeno recorrente em Portugal e com aumentos consecutivos de área ardida todos os anos com estimativas de prejuízos médios anuais em cerca de 202 milhões de euros e num valor total de 2.224 milhões de euros, entre 2002 e 2012 [1].

As principais causas de incêndios florestais podem ser divididas em naturais, que correspondem a menos de 3% e antrópicas/antropogénicas associadas à atividade humana e que também dependem do tipo de vegetação, das condições meteorológicas e da morfologia do terreno [37].

A prevenção dos mesmos atua em duas principais vertentes, no controlo das ignições - na alteração do comportamento humano relativos ao uso de fogo e no controlo da propagação - silvicultura preventiva/gestão de combustíveis.

Os estudos demonstram que a propagação do fogo é influenciada pelas características da vegetação existente nos espaços florestais, pela diferente resposta e resistência propagação. Contudo não é económica nem ecologicamente sustentável a reestruturação da totalidade da fileira florestal pelo que a maioria das intervenções são realizadas no âmbito da engenharia florestal - (re)arborização, planeamento da distribuição das espécies no terreno, criação de padrões de exploração florestal, implementação de Faixas de Gestão de Combustíveis, intervenções localizadas nas zonas de interface para proteção a casas e outras infraestruturas, entre outras [2].

As principais técnicas de modificação/gestão de combustíveis são: corte da vegetação mecânico e manual, desramação manual, fogo controlado, pastoreio controlado e a utilização de fito-tóxicos. Contudo são técnicas com limitações variadas pelo que a escolha da mesma é um problema local e a melhor solução resulta da combinação das mesmas no tempo e no espaço. [4].

No âmbito do elevado número de fogos que fustigam o território português anualmente e uma vez que não existe nenhum manual técnico de referência para a gestão de combustíveis em Portugal e mesmo a nível internacional, esta é uma área em que se torna essencial compilar, produzir e transferir conhecimento.

Ocorrem anualmente em Portugal inúmeros incêndios florestais com consequências devastadoras quer a nível ambiental quer económico e social. Importa verificar as estatísticas mais atuais que demonstram uma diminuição de 25% das ocorrências relativamente à média dos últimos 10 anos mas com uma média de área ardida duas vezes superior no mesmo período, como se pode objetivar no Gráfico 1 [5].

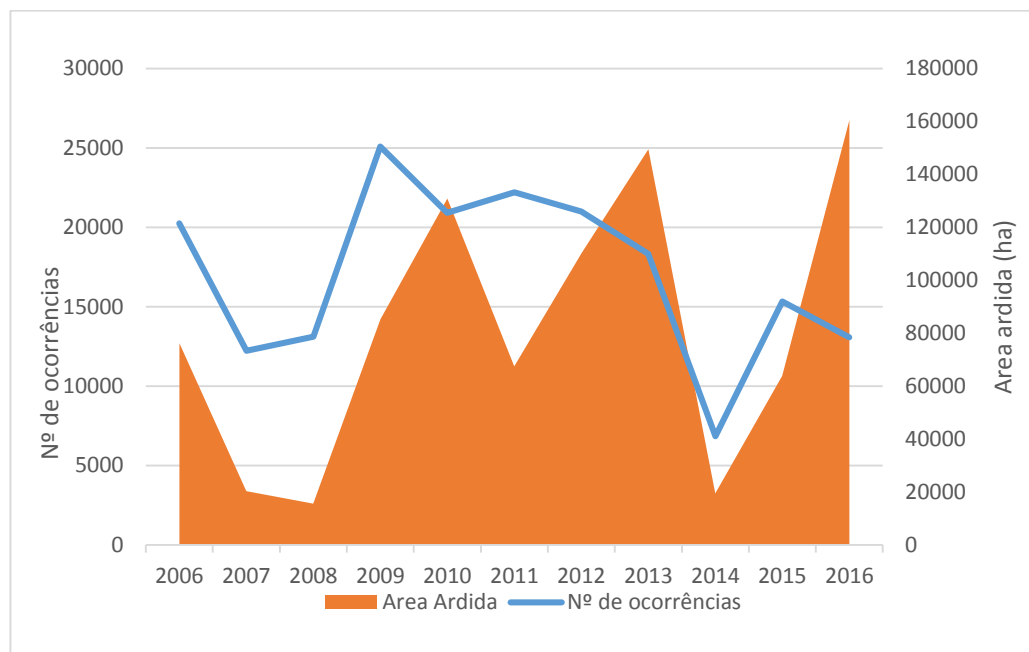


Gráfico 1: Estatística anual do número de ocorrências e área ardida no período de 2006 a 2015 - elaborado com os dados do relatório do ICNF [5]

Verificou-se também uma diferença na distribuição dos fogos por distritos no ano de 2016, exemplificada na Figura 1, ilustrando assim uma assimetria Norte-Sul com uma taxa de incêndios florestais superior na região Norte comparativamente com o Sul do país.

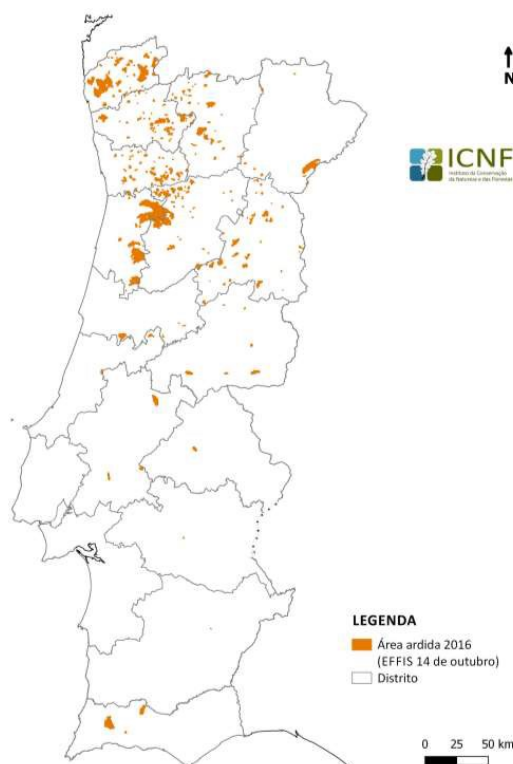


Figura 1: Representação da área ardida [5].

Esta assimetria Norte-Sul parece ser explicada por um lado pela sua geografia mais acidentada o que torna tanto o combate como a prevenção dos incêndios um processo mais difícil e moroso. Por outro lado, pelo facto dos terrenos no Norte serem maioritariamente de pequenas propriedades e terem donos diferentes com implicações na limpeza das propriedades que não são limpas de forma uniforme e generalizada.

Este projeto surge assim como resposta, na medida em que faz uma análise cuidada e minuciosa das várias técnicas de silvicultura preventiva - particularmente no âmbito dos cortadores de mato rádio-controlado, tendo sido realizado um estudo de mercado a este nível particular e cujo resultado passou pelo anteprojecto e conceção de uma máquina de limpeza de vegetação baldia e mato que permita maximizar a eficiência da limpeza com menores custos, adaptada às necessidades da população portuguesa via inquérito realizado a particulares e empresas do ramo/setor.

1.1.1 Prevenção de incêndios:

Pela análise da literatura da atualidade, a prevenção de um incendio faz-se abordando as 3 principais metodologias [6]:

- Educação e sensibilização
- Legislação e Fiscalização
- Eliminação ou redução de fontes de propagação: Silvicultura preventiva/Gestão de combustíveis

Educação e sensibilização:

A sensibilização da população para os riscos dos incêndios tem um papel fundamental na prevenção de um fogo florestal, deve ser estimulada em todos os grupos etários e tanto em zonas urbanas como rurais. Podem estar inseridas em programas de educação da população e companhias educacionais - cartazes, sessões de esclarecimento, anúncios televisivos e em imprensa, como forma de consciencialização global. Passam pela transmissão de informações sobre o que não deve ser feito no período onde o risco de fogo é maior, sobre os comportamentos a ter em zonas de mato e floresta e no cuidado do terreno e das imediações dele.

PROTEJA A SUA FLORESTA

DURANTE O PERÍODO CRÍTICO

É PROIBIDO:

- Fazer **queimas** ou **queimadas**.
- **Fumar** nos espaços florestais.
- Usar **fogareiros** e **grelhadores**, excepto fora das zonas críticas, nos locais autorizados.
- Lançar **balões de mecha acesa** ou **fogueteiros**. O uso de fogo de artifício só é permitido com autorização da Câmara Municipal, solicitada com 15 dias de antecedência.
- **Fumigar** ou **desinfestar** apiários, excepto se os fumigadores estiverem equipados com dispositivos de retenção de faúlhas.

É OBRIGATÓRIO:

- Usar **dispositivos de retenção de faíscas** e **tapa-chamas** nos tubos escape e chaminés das máquinas de combustão interna e externa e nos veículos de transporte pesados e **1 ou 2 extintores de 6 kg**, consoante o peso máximo seja inferior ou superior a 10 toneladas.

As coimas vão até **60.000 €**

Em caso de incêndio LIGUE 112

Portugal sem fogos depende de todos.



ICNF
Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

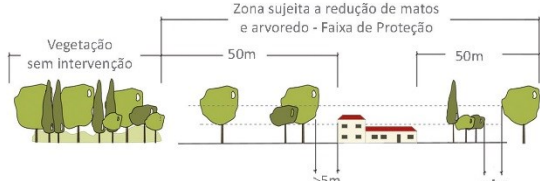


RISCO DE INCÊNDIO

www.ipma.pt | www.icnf.pt



PROTEJA A SUA CASA



- Faça uma faixa de **proteção de 50 m** à volta da casa.
- **Limpe o telhado** de folhas, ramos, pinhas ou carumas.
- Mantenha o caminho de **acesso à casa** limpo e desimpedido.

NA SUA ATIVIDADE AGRÍCOLA E FLORESTAL

- Evite trabalhar nos dias com **temperaturas elevadas** e durante as **horas de maior calor**.
- Nos dias de **risco de incêndio máximo** evite trabalhos com recurso a motorzadoras, corta-matos, destroçadores e grades de discos.

DURANTE UM INCÊNDIO

- **Evite a exposição aos fumos**. Tape a boca e o nariz com um pano húmido.
- **Feche todas as portas e janelas** de casa e coloque **toalhas molhadas** por baixo das mesmas.
- **Desligue** as válvulas de gás.
- **Regue** a envolvente à sua casa. Apague os focos de incêndio com água, terra ou ramos.
- Prepare o seu veículo para uma saída de emergência. Siga as **orientações das autoridades**.

Figura 1 - Cartaz de sensibilização dos perigos de um incêndio [6]

1.1.2 Legislação e Fiscalização

A criação de legislação preventiva tem sido um tema abordado e discutido cada vez mais no setor político, pela importância crescente e consciencialização para esta temática. Foi criado um período de risco de incêndio compreendido entre os dias 22 de junho e 30 de setembro de 2017 [7]. Algumas das proibições neste período de risco estão abaixo descritas:

- A realização de queimadas;
- Nos espaços rurais, a realização de fogueiras para recreio, lazer ou confeção de alimentos, nem a utilização de equipamentos de queimas e combustão destinados à eliminação ou confeção de alimentos (só são permitidas fogueiras para confeção de alimentos fora das zonas críticas e nos espaços próprios);
- Nos espaços rurais, a queima de matos cortados e amontoados ou de qualquer tipo de sobrantes de exploração, exceto em casos obrigatórios por razões fitossanitárias, caso em que tem de ser acompanhado por um corpo de bombeiros ou equipa de sapadores.
- Lançar balões com mecha acesa e quaisquer tipos de foguetes;
- Em espaços rurais, utilizar fogo-de-artifício ou outros artefactos pirotécnicos, sem autorização prévia da Câmara Municipal;
- Ações de fumigação ou desinfestação em apiários, exceto se os fumigadores estiverem equipados com dispositivos de retenção de faúlhas;
- Nos espaços florestais ou nas vias que os delimitam ou atravessam, não é permitido fumar ou fazer lume.
- Nos trabalhos e atividades que decorram em espaços rurais e relacionados, é obrigatório que as máquinas de combustão interna e externa, incluindo todo o tipo de tratores, máquinas e veículos de transporte pesados, tenham dispositivos de retenção de faíscas ou faúlhas e de dispositivos tapa-chamas nos tubos de escape ou chaminés, e estejam equipados com um ou dois extintores de seis quilos.

Outra importante legislação prende-se com a limpeza de terrenos. Segundo o estipulado no n.º 2 do artigo 15.º do Decreto-Lei n.º 124/2006, de 28 de junho alterado pelo Decreto-Lei n.º 17/2009, de 14 de janeiro, as e os proprietários, arrendatários, usufrutuários ou entidades que, a qualquer título, detenham terrenos confinantes a edificações, designadamente habitações, estaleiros, armazéns, oficinas, fábricas ou outros equipamentos, são obrigados(as) a proceder à gestão de combustível numa faixa de 50 m à volta daquelas edificações ou instalações medida a partir da alvenaria exterior da edificação, de acordo com as normas constantes no anexo do referido Decreto-lei [7].

A fiscalização revela-se igualmente importante, permite avaliar o cumprimento da Lei e as autoridades competentes podem aplicar elevadas coimas a infratores, principalmente quando estes crimes são executados em locais de elevado risco de incêndio e onde podem causar perigo para a população.

1.1.3 Eliminação ou redução de fontes de propagação: Silvicultura preventiva/Gestão de combustíveis

São muitas as técnicas de eliminação ou redução de fontes de propagação de incêndios documentadas, demonstram ser eficazes na redução dos mesmos através da redução do material combustível, via meios químicos, biológicos e mecânicos e também fogo controlado.

As inúmeras técnicas de limpeza dos matos distinguem-se quanto ao grau de incidência do solo, à forma de execução - manual/moto manual ou mecanizada e à natureza da ação.

Os métodos manuais são utilizados em terrenos onde não é exequível a utilização de meios mecânicos, são eles solos com declive acentuado ou material rochoso abundante. Estes podem ser divididos em motorizados - foices e enxadas ou não motorizados - motosserras e moto roçadoras. Apresentam como principais limitações o desgaste físico laboral, os custos elevados e a produtividade reduzida associados principalmente em áreas florestais acidentadas ou íngremes e ainda o perigo - dispositivos pouco seguros. As vantagens centram-se no baixo investimento inicial, versatilidade e na mobilidade. [2] [8]

As moto roçadoras são constituídas por um motor de combustão interna - potência variável entre 2 a 2.5 kW e pelos elementos de corte, podem ser distinguidos em cabeças de fio de poliamida, discos dentados, lâminas de 2 a 4 pontas entre outros. A sua escolha depende das características do trabalho a executar. São utilizadas maioritariamente para corte e limpeza de vegetação herbácea ou arvoredos de pequenas dimensões - não tendo efeito no corte radicular [8].

Os métodos mecânicos são acionados por tratores de rastros ou rodas, as suas principais vantagens prendem-se com o aumento da produtividade e da velocidade de execução do trabalho. As desvantagens consistem na conformação - peso e comprimento/largura que limitam o transporte, agilidade da máquina, preço e a necessidade de mão-de-obra especializada. São máquinas constituídas pelos elementos de corte, de proteção e pelo sistema de regulação de altura de corte.

Os equipamentos desta classe mais comuns são: corta mato (com condutor) - apesar de rápido e de grande largura de corte, é um instrumento perigoso e limitado a terrenos com 30° de inclinação e terrenos muito acidentados; trator com lança - permite o corte em terrenos de declive acentuado, com rapidez e produtividade, mas necessita de mão-de-obra especializada e o comprimento da lança limita a distância do corte relativamente à estrada; grade de discos - limpeza prévia dos terrenos com destruição da vegetação incluindo a componente radicular, no entanto a sua utilização é limitada a terrenos de declive acentuado e muito acidentados. Os sistemas radio-comandados surgem mais recentemente como equipamentos versáteis, podendo ser utilizados em terrenos com inclinação máxima de 50-55°, permitem aumentar a

produtividade e a segurança na medida em que a limpeza é realizada através de controlo remoto. De referir o corte lento e o investimento elevado. [9] [10]

O fogo controlado consiste na utilização de fogo para destruir a vegetação herbácea através da queima - para limitação do potencial energético incendiável e diminuição da magnitude do fogo - deve ser realizado por um técnico credenciado. Esta técnica está dependente das condições meteorológicas e do declive do terreno - a propagação e dimensão do fogo é maior em declives mais acentuados. Como vantagens apresenta um investimento inicial reduzido e rapidez de limpeza se realizada por equipa competente nas condições adequadas. [2]

1.2 Objetivos do projeto

O projeto tem 3 objetivos primordiais:

1. Elaboração de dois questionários de avaliação e caracterização das necessidades da população alvo - estudo de procura
2. Identificação das soluções atuais de corte e limpeza de terrenos, das suas principais vantagens e limitações - estudo de oferta/análise de mercado
3. Conceção e anteprojecto de uma máquina de limpeza de vegetação espontânea

1.3 Estrutura da dissertação

Este trabalho, realizado no âmbito da tese de Mestrado em Engenharia Mecânica - especialização Produção, Conceção e Fabrico, destaca as soluções mecânicas, em particular os cortadores de mato rádio-controlados, na gestão de combustíveis e na projecção e conceção de uma máquina de limpeza de vegetação espontânea.

Está dividido em 5 capítulos, incluindo o presente de Introdução que aborda a questão dos incêndios florestais como motivação e as técnicas e equipamentos mais comuns na silvicultura preventiva, os subsequentes discutem as diversas temáticas relacionadas.

No capítulo dois aborda-se de forma aprofundada as soluções atuais de gestão de combustíveis dando particular atenção às técnicas mecânicas com sistemas radio-comandados. Num segundo subcapítulo avalia-se, na forma de questionários realizados quer a particulares quer a empresas, um estudo de procura, com levantamento das características e especificações de interesse numa máquina de limpeza para o setor. Num terceiro subcapítulo é descrito o estudo de oferta e análise do mercado na área particular dos sistemas telecomandados.

Segue-se o capítulo três, onde foram descritos e analisados os objetivos e requisitos do sistema com base na avaliação obtida do estudo de procura e nas particulares de interesse destacadas na literatura.

A apresentação da resolução proposta para a máquina surge no capítulo quatro. Este encontra-se subdividido em 15 subcapítulos respeitantes às inúmeras peças que a constituem: são estas: gerador, lâminas, motor elétrico para as lâminas, lagartas, motor das rodas, guincho, base, cabeça de corte, proteção para capotamento, suporte das rodas frontais, unidade de controlo, comando, blindagem inferior, modelação completa e modularidade.

No capítulo cinco foram explanadas as principais conclusões deste projeto, bem como perspectivas de trabalhos futuros.

2 Análise do mercado

2.1 Soluções atuais

Para tentar abranger a necessidade de limpeza de terrenos de geografia acidentada, como os encontrados no norte e centro do país, o equipamento necessitaria de conseguir executar a limpeza de um terreno com grandes pendentes.

Foi feito um estudo para tentar perceber quais as soluções existentes para limpezas de terrenos e as suas principais vantagens e limitações, a informação recolhida foi organizada sob a forma de tabela, Tabela 29, que se encontra em anexo.

Para o tipo de terreno onde se pretende que o equipamento trabalhe, existem três opções viáveis: a queima, a roçadora e o cortador radio-controlado.

A queima surge como uma boa solução, contudo a sua prática só pode ser executada em períodos em que o risco de incendio é muito baixo. Desta forma, esta condicionante leva à necessidade de a executar atempadamente - no Inverno, enquanto os incêndios florestais são acontecimentos tipicamente de Verão. Como a fiscalização do cumprimento da lei da limpeza dos terrenos só existe em tempo de incêndios a população não aplica, normalmente, a queima como técnica de prevenção de incêndios.

A técnica que surge como mais frequentemente utilizada na silvicultura preventiva é a limpeza com auxílio de uma roçadora. O seu baixo custo de aquisição e de operação faz com que este seja o equipamento de eleição. Apesar de ser um equipamento relativamente leve, devido à fraca produtividade e diminuída área de corte, a limpeza de um terreno torna-se um trabalho bastante moroso e desgastante para o trabalhador. Quanto mais acentuado for o terreno mais perigosa é a operação pois o trabalhador está a pouco menos de 50 cm de uma lamina que gira a elevadas rotações.

A Tabela 1, ilustra uma listagem dos preços para limpeza de um terreno com motorroçadora fornecido pela comissão de acompanhamentos das operações florestais (CAOF). Sendo que os preços estão apresentados em euros [11].

Tipo de operação	Custo mínimo				Custo máximo			
	Jorna /un.	Jorna (€)	Custo/há (€)	Condições de trabalho	Jorna /un.	Jorna (€)	Custo/há (€)	Condições de trabalho
Limpeza de mato com moto roçadora	4	95.8	383.36	Declive de 0 a 5% <10% de elementos com caule superior a 100mm de diâmetro Vegetação herbácea e arbustiva com altura <50cm	12	95.8	1150.08	Declive > 25% >50% de elementos com caule superior a 100mm de diâmetro Vegetação herbácea e arbustiva com altura > 150cm

Tabela 1 - Tabela de preços praticados pela CAOF para a limpeza manual de um terreno [11]

Apesar dispendioso.

Mesmo com as desvantagens de ter um elevado investimento inicial e uma menor produtividade face ao trator com lança, o cortador de mato radio de esta técnica ser relativamente económica em terrenos com pouco declive, em pendentes elevadas ou com bastante vegetação torna-se bastante -comandado é o equipamento que melhor se encaixa nas necessidades pretendidas. A facilidade de operação associada à elevada segurança e a capacidade de operar em grandes pendentes faz deste a melhor opção.

2.2 Estudo da procura

A principal função do equipamento será a limpeza de vegetação indesejada em todo o tipo de terrenos, mas principalmente em terrenos com grandes inclinações. Para tentar perceber as necessidades do público-alvo foram elaborados dois questionários, um para o consumidor particular, proprietário de terrenos, e outro para associações florestais, empresas de intervenções florestais e outras empresas onde este tipo de maquinaria poderia ser útil.

Os questionários foram enviados por correio eletrónico e via Google-Forms, as perguntas foram elaboradas com base numa pesquisa de mercado de comportamento do consumidor, os dois questionários Figura 35 a 37 encontram-se em anexo:

O questionário para os particulares possuía 6 perguntas:

1. Possui terrenos que necessitam de limpeza periódica?
2. Qual a inclinação do terreno?
3. Que tipo de vegetação cresce nesse terreno?
4. Como efetua a limpeza do terreno?
5. Estaria interessada numa máquina telecomanda para limpeza de terrenos?

6. Que valor estaria disposto a pagar por tal equipamento?

Foram obtidas 50 respostas. A maior parte dos inquiridos (86%) possui terrenos com inclinação onde cresce vegetação de silvas, fetos e giestas e para efetuar a limpeza do terreno contratam alguém, seja o caseiro ou uma empresa especializada. Os valores são muito díspares e variam entre 500€ a 5000€

Para as empresas o questionário é mais específico e contem 11 questões

1. Nome da empresa ou associação
2. Qual o tipo de equipamento usado para a limpeza de terrenos?
3. Qual o tipo de vegetação encontrada nos terrenos?
4. Qual a inclinação dos terrenos onde trabalha?
5. Que produtividade obtém com os métodos que possui?
6. Estaria interessado num equipamento telecomandado para a limpeza de mato?
7. Que motorização lhe seria mais conveniente?
8. Que tipo de valorização faz à biomassa cortada?
9. Tem interesse na recolha da vegetação cortada?
10. Teria interesse na sua atividade profissional acrescentar módulos ao equipamento para plantação?
11. Tendo em conta a produtividade e os custos que possui com a limpeza de terrenos qual o valor que estaria disposto a pagar por tal equipamento?

A taxa de resposta não foi tão boa como a esperada, apenas 15 respostas (60%), ainda assim a maioria - 67% das empresas efetua a limpeza com roçadoras em terrenos inclinados (20 a 40°) com maioritariamente vegetação de silvas, fetos e giestas. A produtividade é razoável. Existe interesse num equipamento rádio-controlado que possa substituir os homens na limpeza de mato. A motorização varia entre gasolina e indiferente entre gasolina e diesel e não há interesse na função de recolha da máquina (12%), com exceção das empresas de limpeza de autoestradas que têm obrigatoriedade de recolher a biomassa cortada. A possibilidade de acrescentar módulos para plantação não traz grande interesse às empresas entrevistadas (6%) e o valor disposto a pagar depende da produtividade e durabilidade da máquina e varia entre 2.000€ e 15.000€.

2.3 Estudo da oferta

As características técnicas dos vários equipamentos estão comparadas nos gráficos que se seguem [10][12][13][14][15][16][17][18][19]:

Nome	Preço	Velocidade Maxima (Km/h)	Inclinação maxima (°)	Rodas/lagartas	Potência do motor (cavalos)
ZTR 42	5'000 €	7.5	25	RODAS	21
SPIDER MINI	8'000 €	4	30	RODAS	12
ROBOZERO	38'000 €	10	30	RODAS	33
SPIDER ILD01	25'000 €	7	40	RODAS	18
SPIDER ILD02	30'500 €	11	40	RODAS	24
ROBOFLAIL PLUS	70'000 €	10	45	LAGARTAS	38
ROBOFLAIL VARIO	73'500 €	10	45	LAGARTAS	38
TX1500	75'000 €	8	45	LAGARTAS	45
ROBOPOWER	133'000 €	10	45	LAGARTAS	140
AGRIA 9600	13'500 €	10	50	LAGARTAS	24
RIDGE RUNNER	15'000 €	8	50	LAGARTAS	24
TRX 44 Pro	18'000 €	7.5	50	LAGARTAS	24
IRUS DELTRAK 2.5	40'000 €	10	50	LAGARTAS	38
ROBOECO	45'000 €	7	50	LAGARTAS	33
IRUS EVOTRAK	50'000 €	6	50	LAGARTAS	30.5
IRUS QUATRAK	55'000 €	7	50	RODAS METALICAS	30.5
TX1200	30'000 €	10	55	LAGARTAS	35
ROBOFLAIL ONE	34'500 €	10	55	LAGARTAS	25
ICUT4	37'500 €	9	55	LAGARTAS	55
ROBOGREEN	63'500 €	7	55	LAGARTAS	40
ROBOMAX	114'000 €	7	55	LAGARTAS	80
SX1000	15'000 €	10	60	LAGARTAS	23
TX1100	25'000 €	10	60	LAGARTAS	30
TRAXX RF	32'000 €	12	60	LAGARTAS	40

Tabela 2 - Especificações técnicas e características relevantes das máquinas no mercado (Parte 1/3)

Nome	Alcance do Comando (m)	Diametro de corte (mm)	Produtividade (m ² /h)	Durabilidade (h)
ZTR 42	100	1050	2000	2500
SPIDER MINI	100	560	750	5000
ROBOZERO	150	1300	1000	3500
SPIDER ILD01	100	800	1800	5000
SPIDER ILD02	100	1250	4000	5000
ROBOFLAIL PLUS	300	1100	5000	5000
ROBOFLAIL VARIO	300	1220	5000	5000
TX1500	800	2300	10000	4000
ROBOPOWER	150	2000	5000	6000
AGRIA 9600	100	1120	8000	4500
RIDGE RUNNER	300	1100	7000	5000
TRX 44 Pro	100	1050	5000	4000
IRUS DELTRAK 2.5	300	1125	5500	5000
ROBOECO	150	1300	6000	4500
IRUS EVOTRAK	300	1125	5000	5000
IRUS QUATRAK	300	1400	5000	5000
TX1200	800	2000	5000	6000
ROBOFLAIL ONE	300	1200	5000	5000
ICUT4	250	1300	8000	5000
ROBOGREEN	150	1300	6000	5000
ROBOMAX	150	1500	8000	8000
SX1000	800	1000	2500	5000
TX1100	800	1500	4500	5000
TRAXX RF	300	1280	4600	5000

Tabela 3 - Especificações técnicas e características relevantes das máquinas no mercado (Parte 2/3)

Nome	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Peso (kg)	Website	País Origem
ZTR 42	1500	1400	800	350	www.remotemowers.com/	EUA
SPIDER MINI	910	1040	600	125	e-mower.com/prod	Republica Checa
ROBOZERO	2450	1300	1090	780	machines/robozero	Italia
SPIDER ILD01	1300	1300	850	245	e-mower.com/prod	Republica Checa
SPIDER ILD02	1640	1430	920	335	e-mower.com/prod	Republica Checa
ROBOFLAIL PLUS	2300	1200	1000	980	e/produkte/autom	Alemanha
ROBOFLAIL VARIO	2650	1250	1200	1200	e/produkte/autom	Alemanha
TX1500	2400	2000	1550	2200	www.lynex.eu/lynex	Dinamarca
ROBOPOWER	3200	1900	1820	4600	s/2016/07/EIEST110	Italia
AGRIA 9600	1420	1500	770	480	ngesteuerter-Hochg	Alemanha
RIDGE RUNNER	1500	1535	880	425	industrial.com/Ridge	EUA
TRX 44 Pro	1870	1800	863	400	remotemowers.com/	EUA
IRUS DELTRAK 2.5	2800	1350	1200	820	irus.de/index.php	Alemanha
ROBOECO	2420	1420	940	870	machines/roboeco-t	Italia
IRUS EVOTRAK	2750	1300	1200	640	irus.de/index.php	Alemanha
IRUS QUATRAK	2750	1200	1200	600	irus.de/index.php	Alemanha
TX1200	2100	1500	970	730	www.lynex.eu/lynex	Dinamarca
ROBOFLAIL ONE	1700	1800	1100	730	e/produkte/autom	Alemanha
ICUT4	2700	1300	1200	1200	/products/remote-c	Italia
ROBOGREEN	2670	1420	1070	1040	achines/robogreen	Italia
ROBOMAX	2650	1600	1250	1800	achines/robomax-	Italia
SX1000	1320	1540	1320	290	www.lynex.eu/lynex	Dinamarca
TX1100	1700	1500	970	530	www.lynex.eu/lynex	Dinamarca
TRAXX RF	2756	1456	1196	1250	no-industrial.com/	EUA

Tabela 4 - Especificações técnicas e características relevantes das máquinas no mercado (Parte 3/3)

Para melhor visualização dos dados foram elaborados gráficos de barras com as características de maior relevo:

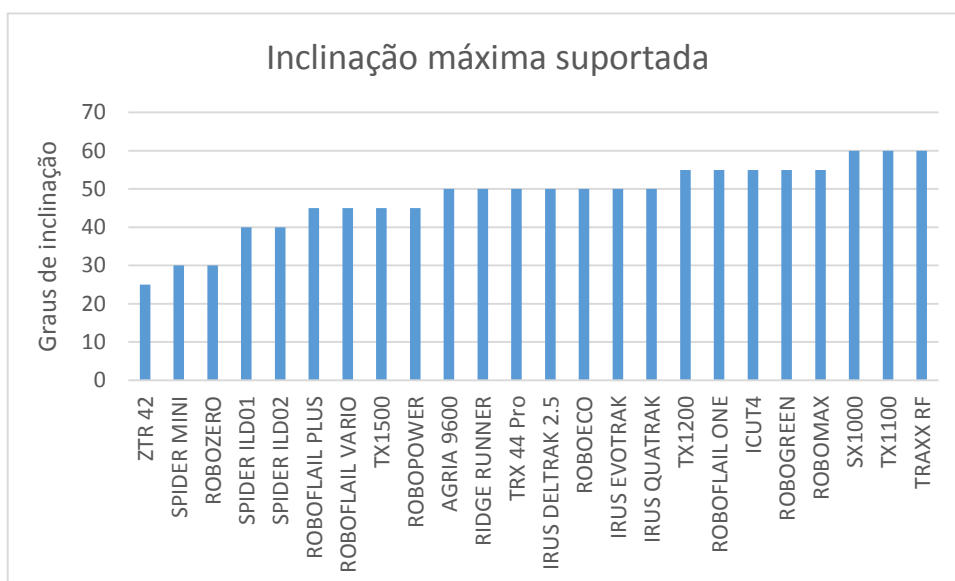


Gráfico 1 - Inclinação máxima suportada em graus para cada equipamento

A maioria dos equipamentos suporta uma inclinação máxima de trabalho da ordem dos 50°. Os três primeiros equipamentos da lista, ZTR42, SPIDER MINI e ROBOZERO, possuem uma inclinação máxima inferior à que o público-alvo considerou ser necessária e por isso não serão considerados nos restantes gráficos.

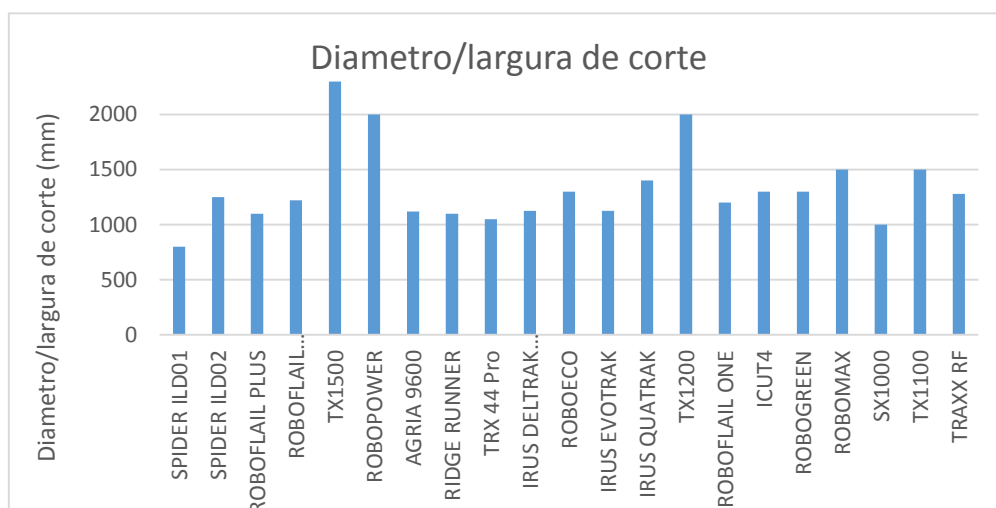


Gráfico 2 - Diâmetro ou largura de corte em milímetros

O diâmetro ou a largura de corte dos equipamentos existentes no mercado anda na ordem dos 1200 milímetros.

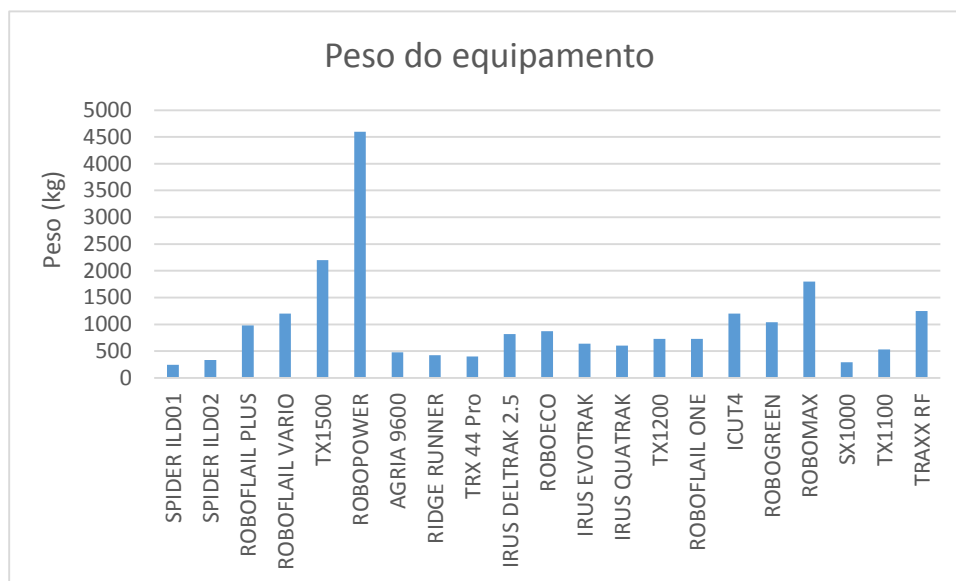


Gráfico 3 - Peso de cada equipamento em quilogramas

Devido ao peso de 4600kg do ROBOPOWER este equipamento não será considerado nos restantes gráficos pois este valor não se enquadra no pretendido.

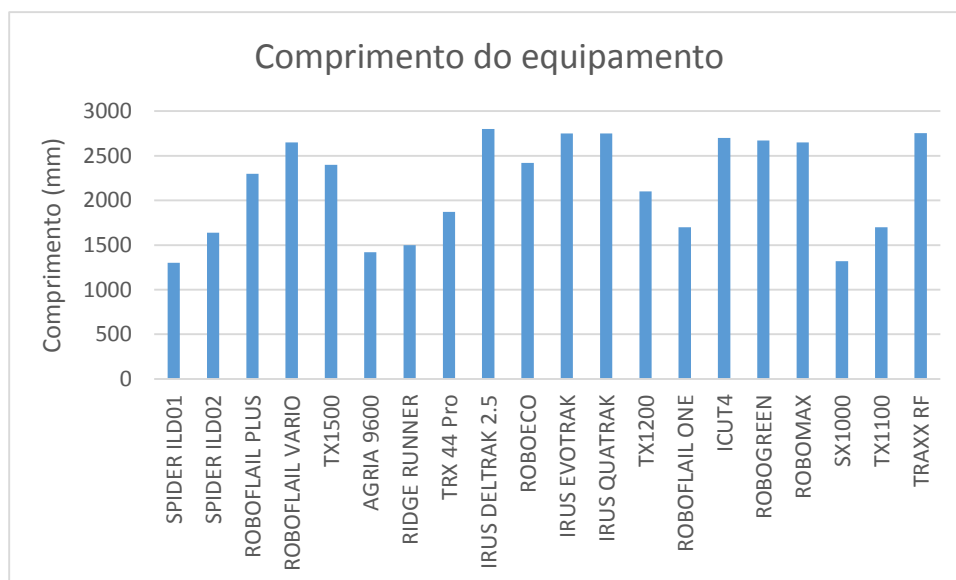


Gráfico 4 - Comprimento do equipamento, incluindo cabeça de corte, em milímetros

O comprimento médio dos equipamentos tem o valor de 2183mm com a cabeça de corte incluída.

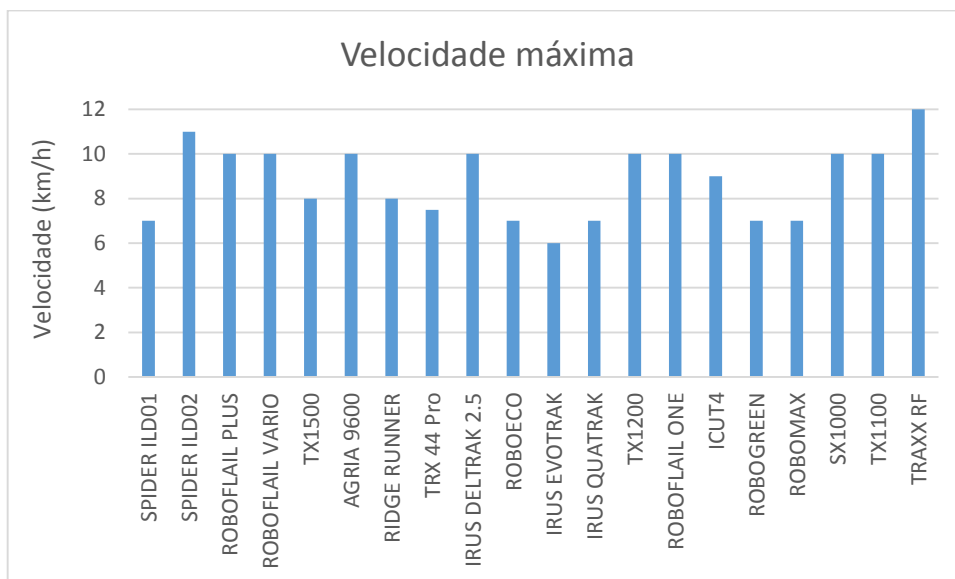


Gráfico 5 - Velocidade máxima de cada equipamento em quilómetros por hora

A média da velocidade máxima ronda os 8.5 km/h

Outros dados importantes, onde não se considerou executar um gráfico comparativo pois as variações não são muito grandes entre os diferentes equipamentos tendo-se considerado o valor médio, são a produtividade e durabilidade da máquina onde os valores rodam os 6000 m^2/h para a produtividade e 5000 horas para a durabilidade.

Por fim comparou-se os preços das máquinas existentes no mercado:

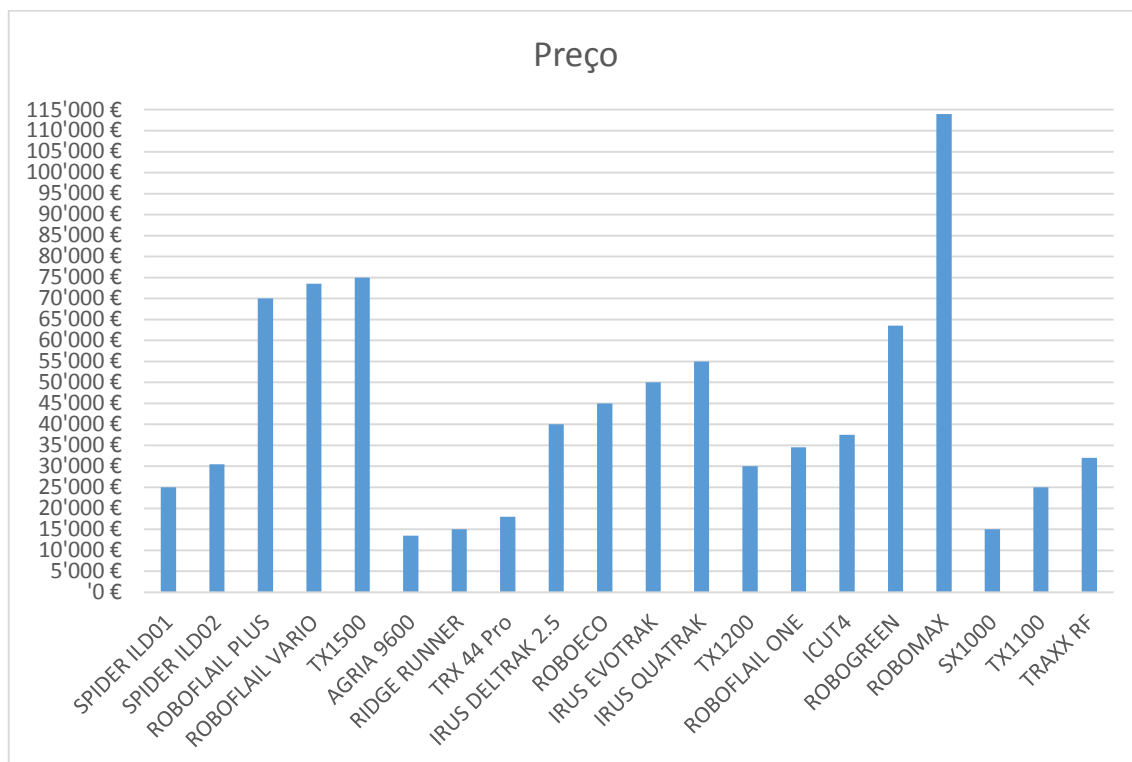


Gráfico 6 - Preço dos diferentes equipamentos em euros

Analisando o gráfico, o equipamento com menor custo de aquisição é o AGRIA 9600 com um preço de 13.500€. Existem claramente três patamares de preços. Um até aos 20.000€ onde se incluem 4 equipamentos, outro dos 20.000€ até aos 50.000€ que abrange 10 equipamentos e, por fim, o com custo superior a 50.000€ onde se incluem 6 máquinas.

3 Requisitos do sistema

Após analisar o que o público-alvo pretende e o que o mercado oferece foram formuladas as macro especificações para o equipamento que será concebido para tentar preencher as lacunas do mercado e ir de encontro às exigências dos consumidores.

A maquina necessita de:

- Minimizar o custo de corte de vegetação herbácea e arbustiva
- Operar em terrenos com inclinação até 60º
- Ser facilmente transportada num atrelado comum - para isso tem de ter dimensões máximas de 2000 x 1350 mm e um peso máximo de 750kg
- Ter uma produtividade que rivalize com a das máquinas atualmente no mercado
- Ter um custo de aquisição inferior a 5000€ - para permitir uma utilização domestica e/ou semi profissional
- Ser compacta e ágil - como a pequena propriedade domina a região norte de Portugal, o equipamento tem de ser o mais ágil possível para manobrar dentro de pequenas áreas repletas de obstáculos como arvores e pedras.
- Ser remotamente controlada - devido às grandes inclinações onde necessita de trabalhar, não é seguro ter um operador em cima da máquina para a manobrar.
- Ser facilmente operada por alguém sem qualquer tipo de treino
- Ser de pouca e fácil manutenção

4 Apresentação da solução proposta

Os equipamentos atualmente no mercado são essencialmente movidos de duas maneiras: através de motores hidráulicos ou através de motores elétricos. Foi efetuado um estudo para ver qual será a solução mais vantajosa

	Solução hidráulica	Solução elétrica
Pró	Solução mais robusta e menos suscetível aos elementos Maior potencia gerada Maior segurança	Mais leve Mais simples Mais compacta Mais barata Mais fácil manutenção
Contra	Maior Peso Maior complexidade Maior atravancamento Custo mais elevado	Possibilidade de faíscas Menor segurança devido ao risco de eletrocussão

Tabela 5 - Solução hidráulica vs. Solução elétrica

Como a filosofia do projeto passa por conseguir um equipamento o mais económico e compacto possível, não é vantajosa uma solução hidráulica pois o seu custo e tamanho tornam impossível a sua utilização. Assim optou-se por uma solução elétrica.

Para não existir a necessidade de grandes baterias e aumentar a autonomia, optou-se por uma solução híbrida onde existe um motor a combustão (Gasolina/Diesel) que produz energia elétrica através de um gerador. Deste modo é possível ter uma solução elétrica (motores das lamina, motores de deslocamento, atuadores) mas com grande autonomia.

Em seguida considerou-se a alternativa de gasolina diesel para o motor de combustão:

	Gasolina	Diesel
Pro	Mais compacto Mais simples Mais barato Menor cilindrada para igual potência	Grande binário, Menor consumo Menor rotação para igual binário Motor robusto, Maior durabilidade
Contra	Menor compressão Maior consumo Menor binário para a mesma potência Menor durabilidade	Mais caro Maior complexidade Maior peso Maior cilindrada para igual potência Mais poluente

Tabela 6 - Pros e contras do combustível do motor de combustão

Mais uma vez optou-se pela solução mais simples e económica, o motor a combustão de gasolina.

Depois de decidido o caminho a seguir com o projeto foram feitas diversas iterações para encontrar os motores ideais para a cabeça de corte assim como para a deslocação do veículo e todos os acessórios de grande consumo de potência.

Após as sucessivas iterações, as especificações e justificações dos principais componentes do equipamento estão abaixo descritas.

4.1 Gerador

Para reduzir o custo total e a complexidade da máquina usou-se para a produção da energia elétrica um gerador a gasolina já concebido.

Após o dimensionamento dos motores elétricos e de saber o gasto elétrico dos componentes de controlo da máquina concluiu-se que o gerador deverá ter no mínimo 3665 W de potência contínua.

O mercado oferece vários modelos de gerador com diferente qualidade a diferente preço.

O foco principal deste projeto é contruir a maquina mais barata possível a decisão sobre que gerador seria usado focou-se sobretudo no preço e na relação preço/qualidade, sendo possível trocar de gerador caso a utilização da maquina passe de domestica para semiprofissional, aplicando um gerador de qualidade profissional que aguentará mais horas de trabalho contínuo que o gerador mais económico

Outro fator decisivo na escolha do gerador foi o método de arranque privilegiando-se o arranque elétrico face ao arranque manual pois este fator permite posicionar o gerador num local que equilibre a máquina e não ter a preocupação da acessibilidade ao sistema de arranque manual, além da comodidade e rapidez superiores do sistema de arranque elétrico.

Nome	Champion	DuroMax	Honda
Modelo	4750W	XP5500E	GX390
Potência em Contínuo (W)	3800	4500	4500
Potência de pico (W)	4750	5500	5000
Dimensões (mm)	68 x 68 x 58	88 x 78 x 70	70 x 54.3 x 58.5
Inversor de corrente	N	N	N
Motor (cc)	224	224	389
Peso (kg)	48	56	78
Voltagem (V)	120 / 240	120 / 240	120 / 240
Tipo de arranque	Manual	Elétrico	Elétrico
Tempo de funcionamento a 50% (h)	9	10	11
Preço (€)	350	499	999

Tabela 7 - Comparação de características entre 3 modelos de gerador - com base nos dados fornecidos pelos fabricantes



Figura 2 - Gerador Champion 4750W [20]



Figura 3 - Gerador DuroMax XP5500E [21]



Figura 4 - Gerador Honda EG5000CL [22]

Após analisar os 3 modelos que melhor se adaptam ao necessário, o escolhido é o modelo intermédio DuroMax porque é o único com arranque elétrico e a potência em contínuo é bastante superior ao necessária diminuindo o consumo face a um gerador cuja potência em contínuo esteja com valor semelhantes ao que é necessário.

4.2 Lâmina

Em vez de ser desenvolvida uma lâmina específica para esta máquina, escolheu-se uma lâmina de moto roçadora e fazer os ajustes à cabeça de corte para trabalhar com este tipo de lâminas. A escolha deste tipo de lâminas baseou-se principalmente no preço, na facilidade de encontrar este tipo de lâminas e na variedade que existe para diferente tipo de aplicações.

Existem 3 tipos de lâminas que variam no número de dentes que possuem:

- 3 Dentes - Usada para cortar erva e relva. Têm a aresta de cada um dos dentes afiada. Não aconselhado para corte de mato pois a superfície de corte fica rapidamente gasta [23].



Figura 5 - Lâmina de 3 dentes [23]

- 40 Dentes - A lâmina mais polivalente. Devido ao maior número de dentes consegue cortar mato denso com menor desgaste [23].



Figura 6 - Lâmina de 40 dentes [23]

- 80 A 120 dentes - A lâmina aconselhada para corte de mato denso. O corte em erva e relva não é tão eficiente [23].



Figura 7 - Lâmina de 80 dentes [23]

Existem 3 tamanhos de lâmina padronizados 8'', 9'' e 10''. Para assumir o pior caso, a máquina foi dimensionada para trabalhar com as lâminas de 10'' ou aproximadamente 255mm. Após pesquisa foi escolhida a seguinte lamina:

Nome	Renegade Carbide 120t Blade
Nº dentes	120
Material	Aço com dentes de Carboneto de Tungsténio
Diâmetro (mm)	255
Peso (kg)	0.635
Preço (€)	20

Tabela 8 - Características da lâmina escolhida - Tabela com dados fornecidos pelo fabricante [23]



Figura 8 - Lâmina Renegade Carbide 120t [23]

4.3 Motor elétrico para as lâminas

Para os motores elétricos de acionamento das lâminas decidiu-se por usar motores elétricos AC. Esta decisão apoia-se no facto de a corrente fornecida pelo gerador ser do tipo AC reduzindo-se assim a capacidade do inversor de corrente de AC para DC além de a maioria das roçadoras elétricas terem motores AC e assim poderá escolher-se um motor existente e testado que baixa o custo e aumenta a sua fiabilidade.

Antes de escolher o motor é necessário saber qual o binário mínimo que é necessário para girar a lâmina. Para isso usaram-se as seguintes fórmulas:

$$\tau = I\alpha \quad (1)$$

Onde τ corresponde ao binário, I ao momento de inercia do círculo e α a aceleração angular

$$I = \frac{1}{2}mr^2 \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (3)$$

$$\Delta\omega = \omega_f - \omega_i \quad (4)$$

Onde ω é a velocidade angular

Usando as características da lâmina escolhida sabemos o momento de inercia. Para a velocidade angular final assume-se 1000 *rpm* ou $333.33\pi \text{ rad/s}$ e que se pretende atingir essa velocidade em 10 segundos.

Aplicando as fórmulas acima obtêm-se um binário de 0.536 *Nm*.

Sabe-se assim os parâmetros base do motor:

Corrente	AC
Rotação max. (rpm)	10000
Binário min. (Nm)	0.536

Tabela 9 - Especificações base do motor para as lâminas

Após análise do mercado, o motor escolhido foi o seguinte:



Figura 9 - Motor elétrico IBL-100SW04 [24]

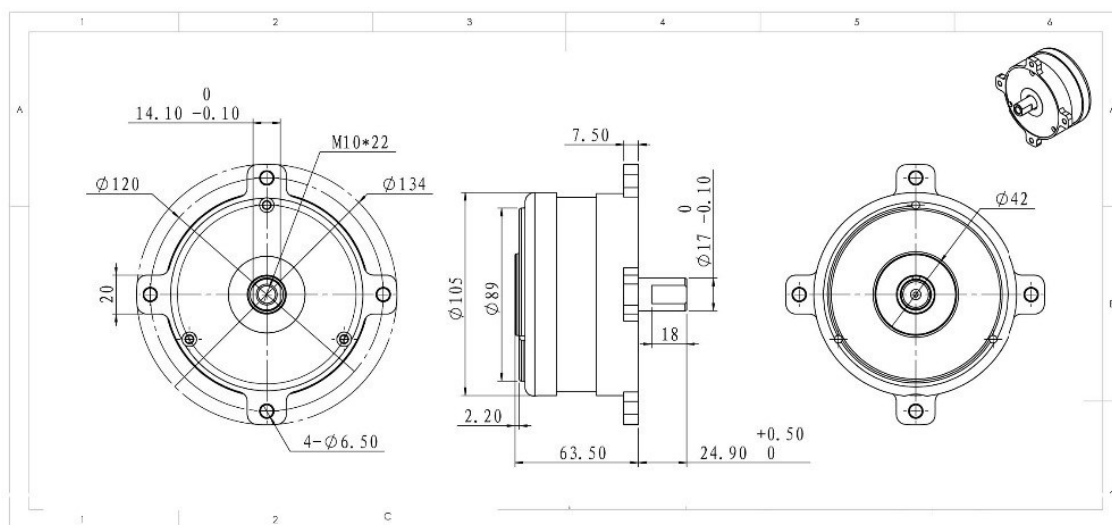


Figura 10 - Desenho técnico do motor IBL-100SW04 [24]

Nome	Ningbo Newthink Motor Co. Ltd
Modelo	IBL-100SW04
Voltagem (V)	220
Velocidade max. (rpm)	10000
Corrente em vazio (A)	0.5
Binário em vazio (N.m)	0.7
Corrente nominal (A)	3
Potência nominal (W)	550
Comprimento do motor (mm)	63.5
Peso (kg)	1.5
Preço (€)	65

Tabela 10 - Características técnicas do motor elétrico IBL-100SW04 tabela elaborada com dados fornecidos pelo fabricante

4.4 Lagartas

Para o sistema de locomoção existiam 3 opções rodas de borracha, rodas metálicas ou lagartas. As lagartas metálicas não foram consideradas devido ao peso excessivo. A tabela que se segue expõe os pros e contras de cada um dos sistemas

	Rodas borracha	Rodas metálicas	Lagartas
Pro	Custo Simplicidade Menor atrito Menor manutenção Peso	Custo intermedio Simplicidade Boa tração Pouca manutenção	Boa tração em todo o tipo de piso Pouca pressão no solo
Contra	Menor tração principalmente em piso molhado Necessidade de rodas livres frontais Elevada pressão no solo Propenso a furos	Peso Elevada pressão no solo Dentes danificam o solo e pavimento Necessidade de rodas frontais livres	Peso Maior manutenção Maior atrito Maior complexidade

Tabela 11 - Pros e contras de cada sistema de locomoção

Após a analisar todos os pros e contras de cada sistema o escolhido foram as lagartas. Devido ao reduzido tamanho do veículo as lagartas escolhidas são as mais leves possíveis para não aumentar o peso do veículo.

As lagartas escolhidas são usadas em robôs e em escavadoras pequenas. Têm 150 mm de largura, 60 mm de passo e um peso de 20 kg o conjunto [25].



Figura 11 - Lagarta de borracha [25]

As lagartas são movidas cada uma por uma roda traseira ligada a um motor elétrico. As rodas frontais servem de guiamento, para manter a lagarta esticada e permitir que esta seja removida para efeitos de substituição e manutenção.

Para melhor funcionamento de todo o conjunto as rodas usadas são fornecidas pelo fornecedor das lagartas. As rodas escolhidas possuem um diâmetro de 370 mm. Com a lagarta a roda passa a ter um diâmetro de 400 mm [25].

O preço do conjunto lagarta roda ronda os 150 € [25].

4.5 Motor das rodas

4.5.1 Motor elétrico

Existem 2 opções para a deslocação do veículo:

	Motor a cada roda	1 Motor com diferencial
Pros	Simplicidade mecânica 0 Metros de raio de viragem Apenas 1 peça móvel Reduzida Manutenção	Simplicidade elétrica Facilidade de encontrar sistemas já prontos a utilizar Não há necessidade de motor elétrico pois a energia podia provir diretamente do motor a combustão
Contra	Maior peso Maior complexidade elétrica	Complexidade mecânica Manutenção regular Diferencial complexo para uso com lagartas

Tabela 12 - Pros e contras da configuração da tração e disposição dos motores

A opção mais viável para esta máquina é a utilização de 2 motores, um motor para cada roda pois além das vantagens acima referidas, esta solução permite o uso de lagartas enquanto a implementação de lagartas a um motor com diferencial é muito mais complexa.

Para escolher o motor para as rodas assumiu-se que a inclinação máxima de trabalho será de 60° .

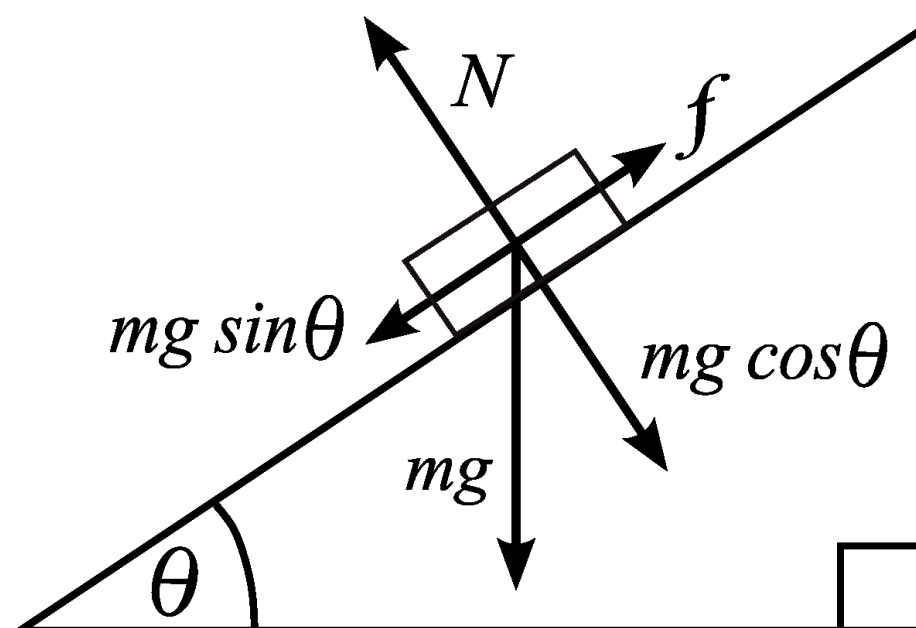


Figura 12 - Diagrama de forças da máquina num pendente de inclinação θ

Além das forças representadas temos ainda a força de atrito, uma força com o mesmo sentido e direção de $mg \cdot \sin(\theta)$

Assim para calcular f usa-se o seguinte equilíbrio de forças:

$$f > f_a + mg \cdot \sin(\theta) \quad (5)$$

$$f_a = mg \cdot \alpha \quad (6)$$

Onde m é a massa do veículo, g a aceleração gravitacional, θ o ângulo máximo de inclinação suportado, f_a a força de atrito e α o coeficiente de atrito.

O coeficiente de atrito considerado foi de 0.28, correspondente ao coeficiente de que o sistema de lagartas de borracha tem sobre solo arenoso [26].

Assumindo 130kg para a massa do veículo obtemos uma $f_a = 356.72 \text{ N}$

$$f > 356.72 + 130 \cdot 9.8 \cdot \sin(60^\circ)$$

$$f > 1460 \text{ N}$$

Sabendo que as rodas da lagarta juntamente com a lagarta formam um raio de 0.2 m, consegue-se saber o binário necessário para vencer as forças que se opõem ao movimento ascendente do veículo na inclinação máxima permitida.

$$\tau = f \cdot r \quad (7)$$

Assim, a roda tem de ser alimentada, no mínimo, por um binário de 292 Nm

Para as dimensões do veículo, após pesquisa, concluiu-se que não existem motores que satisfaçam as exigências de tamanho, potência e binário, sendo assim necessário o dimensionamento de uma caixa de velocidade para permitir à máquina conseguir trabalhar em terrenos de elevada inclinação.

O motor que melhor se adapta ao necessário é o seguinte:

Nome	Daliyuan
Modelo	DLYM12
Aplicação	Pequenos veículos elétricos, triciclos, bicicletas
Potencia (W)	650
Voltagem (V)	48
Binário nominal (N.m)	15
Velocidade (rpm)	3000
Velocidade sem carga (rpm)	3500
Corrente (A)	17.0
Corrente em vazio (A)	3.0
Eficiência máxima (%)	80
Dimensões (mm)	φ30*95
Peso (kg)	5.76
Preço (€)	130
Aplicações	Triciclos e bicicletas elétricas

Tabela 13 - Especificações técnicas do motor elétrico DLYM12 - tabela formulada com dados do fabricante [27]



Figura 13 - Motor DLYM12 [27]

Para fixar o motor ao chassis foram construídos uns suportes aproveitando a furação de origem do motor e soldados ao chassis. A ponta do veio pode vários de formatos com por exemplo estrias ou chaveta [27].

4.5.2 Redutor de velocidade

Para que o binário fornecido às rodas seja o necessário, foi projetada uma caixa de redução. Usando o raio de $0.2m$ acima descrito é possível calcular quanto a máquina anda numa rotação completa da roda

$$p = 2 * r * \pi \quad (8)$$

Assim obtêm-se um valor para $p = 1.256 m$

Sabendo que a velocidade máxima pretendida são $10 km/h$ consegue-se saber a velocidade angular das rodas através da seguintes expressão

$$\omega = \frac{v * 1000}{60 * p} \quad (9)$$

Onde ω está em rpm , v em km/h e p em m

Aplicando os valores conhecidos $R = 133 rpm$

A relação de transmissão mínima necessária prende-se com a obtenção do binário mínimo necessário e é calculado dividindo o binário necessário pelo binário do motor para ver qual a relação de transmissão que iguala os 2:

$$i_{min} = 292/15$$

$$i_{min} = 19.46$$

A relação de transmissão máxima prende-se com a velocidade máxima que se pretende atingir, quanto maior a relação de transmissão maior o binário mas menor a velocidade e calcula-se dividindo a velocidade do motor pela velocidade necessária na roda para obter a velocidade máxima pretendida para o veículo

$$i_{max} = 3000/133$$

$$i_{max} = 22.56$$

Assim sendo a relação de transmissão tem de estar compreendida entre 19.46: 1 e 22.56: 1

A redução escolhida tem as seguintes características:

Nome	TianJi
Modelo	TJ-BHADE NMRV 75
Distância entre centros (mm)	75
Relação de transmissão	20:1
Material	Corpo: Liga de alumínio
	Roda de coroa: Cobre 10-3
	Roda dentada: Liga de aço carbono 20CrMnTi temperado. Dureza superficial de 56 HRC
	Veio: Aço inox 45
Rolamentos	NSK
Vedantes	NAK
Garantia	1 Ano
Potência de entrada (kW)	1.1
Aplicações	Máquinas de imprimir têxtil, máquinas de trabalho de madeira, uso em linhas de montagem
Lubrificante	Sintéticos e minerais
Dimensões (mm)	150*90*130

Peso (kg)	9
Preço (€)	130

Tabela 14 - Especificações técnicas do redutor de velocidade - tabela formulada com os dados fornecidos pelo fabricante [28]

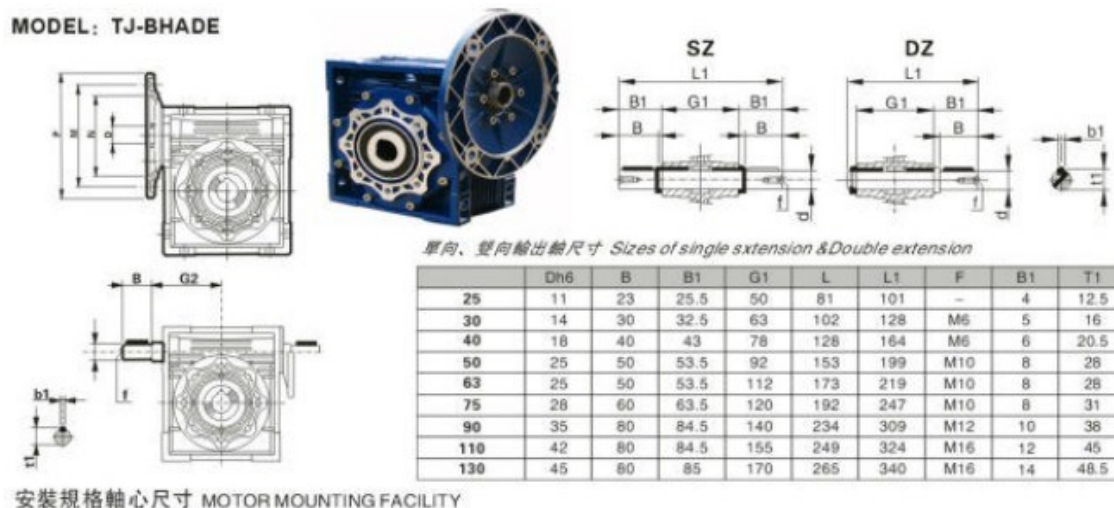


Figura 14- Desenho técnico e representação do redutor de velocidade TJ-BHADE75 [28]

Com uma redução de 20:1 obtemos um binário de 300 Nm e uma velocidade máxima de 11.3 km/h.

Apesar do valor do binário obtido com a redução estar muito perto do binário mínimo admitido, assumiu-se todo o peso para apenas 1 motor quando serão 2 motores a aguentar com a totalidade do peso. Este pressuposto dá a margem de segurança necessária para ultrapassar algumas simplificações pois ambos os motores estão sobredimensionados

Tanto o motor como a redução são à prova de água [27] [28].

4.6 Guincho

Para permitir o trabalho em terrenos de elevada inclinação assim como tornar o trabalho em pendentes acidentadas ou com escarpas mais seguro foi incorporado um guincho na parte traseira da máquina.

O motor de acionamento do guincho sabe a velocidade do motor de acionamento das lagartas trabalhando em unísono para que não haja forças desnecessárias nem derrapagens.

Para ligar o guincho, o operador ter-se-á de deslocar à máquina, pressionar o botão guincho na unidade de controlo. Esta operação destrava o guincho para permitir que este seja fixo. Após fixar o guincho o operador terá de se deslocar outra vez à máquina e pressionar

continuamente o botão do guincho até que o cabo esteja esticado. A partir deste momento o guincho está pronto a usar e a unidade de controlo passa a conectar os 2 motores para sincronizar a velocidade de um com o outro.

À semelhança dos restantes componentes, também o preço foi uma preocupação na escolha do guincho.

O guincho escolhido tem as seguintes características:

Nome	Liteway 4x4 12v 1500 Lbs
Peso máximo (kg)	680
Motor	12V / 520 W
Redução	153:1
Cabo	4mm x 15m
Dimensões (mm)	278 x 103.5 x 106
Peso (kg)	11
Preço (€)	149

Tabela 15 - Especificações técnicas do guincho - tabela formulada de acordo com as especificações fornecidas pelo fabricante [29]



Figura 15 - Guincho Liteway 4x4 12v 1500 Lbs [29]

4.7 Base

As dimensões máximas para a base da máquina estão limitadas pelas dimensões máximas da carga de um atrelado normal de moto4, 2000 mm de comprimento por 1350 mm de largura. Ao comprimento máximo temos de retirar o comprimento da cabeça de corte e à largura máxima admissível a largura das lagartas.

Assim, e depois de algumas iterações, a base da máquina, construída de tubo quadrado de aço carbono, ficou com 1025 mm de comprimento e 925 mm de largura. Devido às grandes dimensões da base esta foi reforçada com 2 tubos do mesmo tipo em cruz. Foram ainda aplicados reforços com o mesmo tubo na zona do guincho e do gerador para suportar a carga pontual.

Também na base da máquina estão os suportes da cabeça de corte assim como os suportes dos motores elétricos de locomoção da máquina e carris para as rodas frontais.

A parte de cima da base é coberta por uma chapa de alumínio 3mm antiderrapante para facilitar o acesso aos vários componentes e formar um espaço selado prevenindo que troncos e pedras possam danificar estes componentes mais sensíveis.

Esta cobertura permite que objetos mais leves possam ser apertados a esta chapa em vez de terem de ser presos ao chassis o que aligeira todo o conjunto pois não é necessário fazer reforços e os parafusos são significativamente mais curtos

Para ter uma ideia se o material escolhido aguenta os esforços a que está sujeito foi feito um estudo da resistência à flexão. Para isso considerou-se uma viga simplesmente apoiada com 1025 mm de vão e com uma carga concentrada no meio de 2000 N. Esta carga foi estimada com base no peso médio dos principais componentes da máquina cujo valor são 130 kg. Usando uma margem de segurança de no mínimo 1.5 assumiu-se 200 kg de peso de componentes.

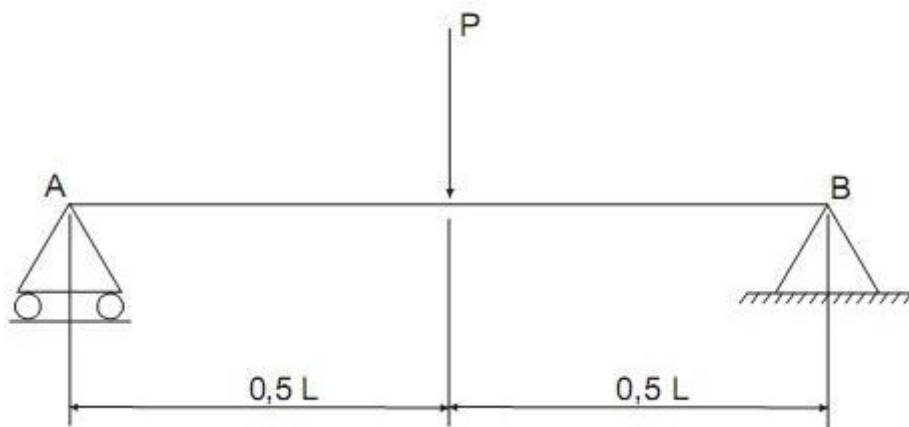


Figura 16 - Esquema da simplificação efetuada [35]

A tensão máxima na secção dessa viga é dada pela seguinte fórmula:

$$\sigma = \frac{M_{max.}}{W_x} \quad (10)$$

Onde M_{max} é o momento máximo na viga e W_x o modulo de resistência à flexão.

O momento máximo neste tipo de problema é calculado usando a seguinte formula:

$$M_{max} = \frac{P \cdot L}{4} \quad (11)$$

Para um tubo de secção quadrada o módulo de resistência à flexão é calculado:

$$W_x = \frac{a^4 - b^4}{6a} \quad (12)$$

Onde a representa o comprimento da aresta exterior e b é igual a:

$$b = a - 2e \quad (13)$$

Sendo e o valor da espessura do tubo.

Após um processo iterativo onde se variou o comprimento da aresta e a espessura do tubo concluiu-se que a melhor configuração será:

$$a = 25mm, e = 3mm$$

Estes valores traduzem uma tensão máxima de $295MPa$, um valor aceitável para um aço carbono de construção. Foi escolhido o aço Ck45, um aço de construção pouco ligado com as seguintes características:

Aço	C (%)	Si (%)	Mn (%)	S (%)	Outro
Ck45 / C45	0.45	0.25	0.65	0.030	Pb

Tabela 16 - Composição química do Aço CK45 - tabela formulada com dados fornecidos pelo fabricante [30]

Para a espessura usada:

Aço	$R_{p0.2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A (%)	Z (%)
Ck45 / C45	430	650 - 800	Min. 16	Min 40

Tabela 17 - Propriedades mecânicas do aço CK45 - tabela formulada com dados fornecidos pelo fabricante [30]

Após a escolha do material da base foram efetuadas simulações no programa SOLIDWORKS para validar a escolha do aço. Apesar dos resultados deste programa não serem certificado, consegue-se obter uma ideia das deformações e tensões a que as estruturas estarão sujeitas.

Para efetuar uma simulação em SOLIDWORKS para além da introdução das propriedades do material é necessário definir qual o tipo de fixação da peça (encastrada, apoio duplo, apoio simples) e em que sitio da peça estará essa fixação. É, ainda necessário definir quais as forças externas que atuam sobre a peça a analisar, o seu ponto de aplicação, direção, sentido e intensidade.

Para a base da estrutura os pontos de fixação foram aproximadamente as posições do suporte das rodas frontais e dos motores de acionamento das lagartas.

Quanto às forças aplicadas usou-se a força gravítica e uma força concentrada no centro da peça de 4000 N que corresponde ao peso dos componentes da máquina mais e de um operador multiplicados por 2, para margem de segurança.

Foram efetuados 2 estudos, um sobre a tensão máxima na peça, segundo o critério de Von Mises, para saber se em algum local a peça entraria no domínio plástico e sobre a deformação máxima.

O estudo da tensão máxima é apresentado na tabela seguinte:

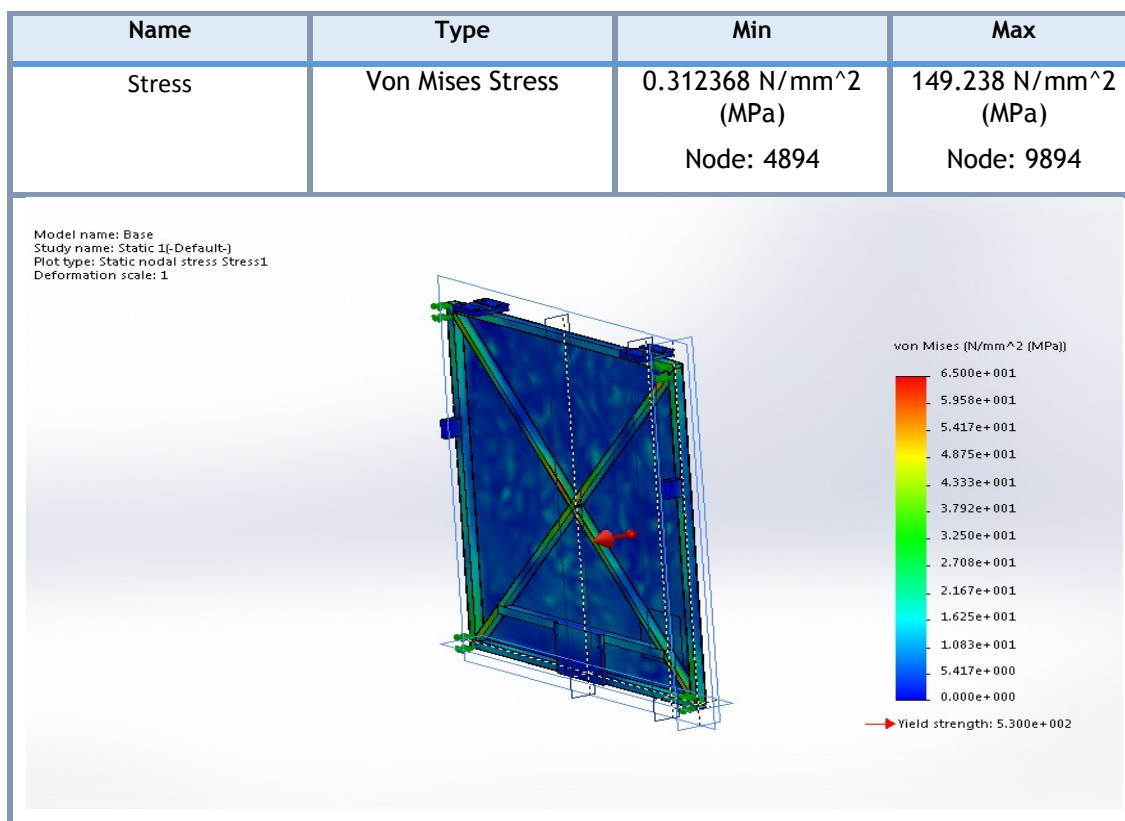


Tabela 18 - Simulação da tensão na base

O valor máximo atingido é de aproximadamente 150.00 MPa valor esse inferior ao valor de tensão limite elástico para o aço escolhido.

O estudo da deformação máxima é representado na seguinte tabela:

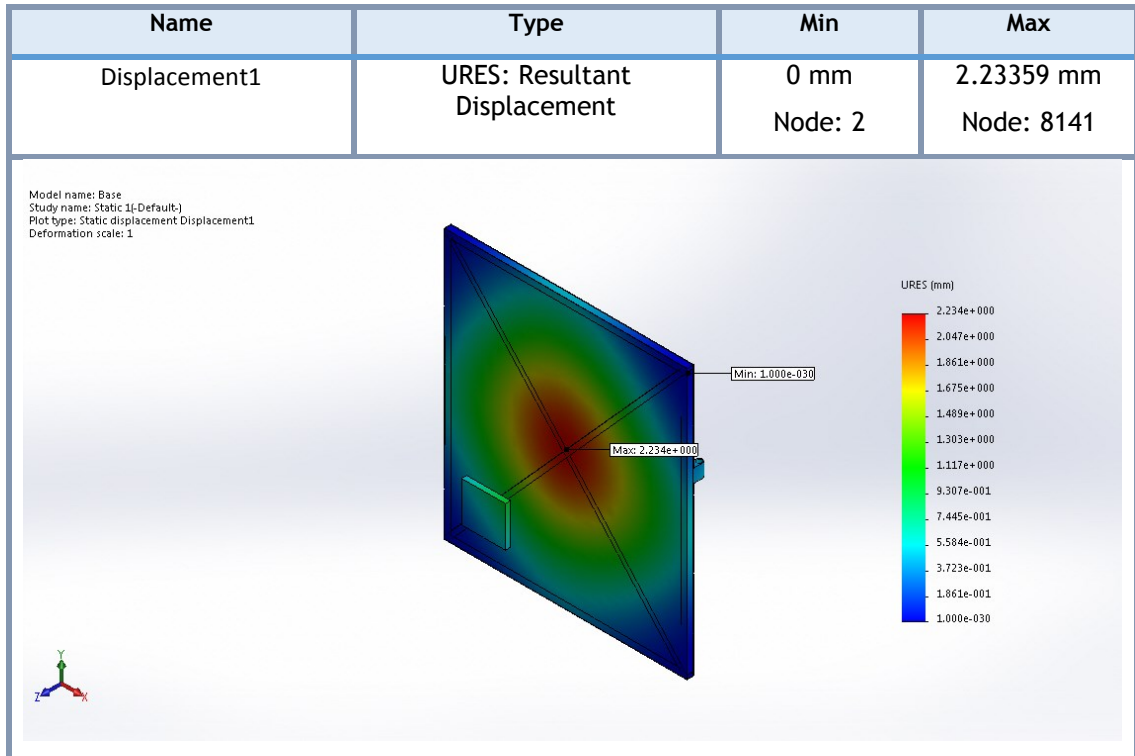


Tabela 19 - Simulação da deformação na base

A deformação máxima ocorre no ponto de aplicação da força e tem um valor de 2.23 mm

Também do SOLIDWORKS consegue obter-se uma estimativa de peso para a estrutura de 16.50 kg.

4.8 Cabeça de corte

A cabeça de corte é a peça que faz o corte da vegetação e do mato. É na cabeça de corte que se encontram alojados os motores elétricos que fazem girar as lâminas assim como estas.

A base possui umas falanges frontais para ser possível fixar diferentes cabeças de corte. A máquina foi desenvolvida para poder trabalhar com diferentes cabeças de corte para executar diferentes trabalhos:

	Destroçadora Rotativa	Correntes	Lamina circular
Pros	Desfaz o mato Mais fácil valorização dos resíduos Segurança Consegue destruir quase toda a vegetação Não deixa pontas de tronco	Mais barato Mais simples Rapidez de corte	Barato Simples Bom corte de todo o tipo de vegetação Lâminas intermutáveis
Contras	Mais pesado Mais complexo Maior custo Motor de acionamento muito potente	Só aconselhado vegetação de caule fino Menos Seguro Projeção de pedras Motor de acionamento potente	Deixa as pontas dos troncos Pode partir a lâmina em pedras

Tabela 20 - Pros e contras das diferentes possibilidades de corte

Cada tipo de trabalho tem a sua cabeça de corte. Neste projeto desenvolveu-se a cabeça de corte com lâminas pois considerou-se ser a mais versátil e que melhor se adapta ao tipo de trabalho que se pretende realizar.

A cabeça de corte desenvolvida é constituída pela estrutura onde estão contidas as fixações e as calhas da corrediça, a corrediça, os motores elétricos e laminas e a cobertura.

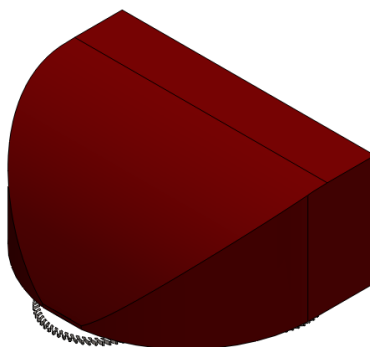


Figura 17 - Modelação da cabeça de corte

O material a usar para a estrutura da cabeça de corte é o mesmo que se usou na base, aço Ck45.

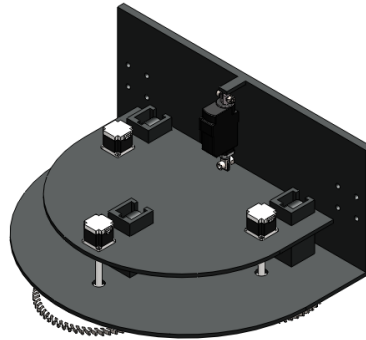


Figura 18 - Cabeça de corte sem a cobertura

A configuração escolhida para a cabeça de corte foram 3 lâminas em triângulo. A lâmina frontal serve para abrir o caminho pois é a única que sai fora da cabeça de corte para no caso de ter de cortar uma árvore fina a lâmina conseguir tocar no caule sem que haja a danificação da máquina. As restantes 2 lâminas foram postas lado a lado recuadas da primeira para aumentar a largura de corte e manter o veículo nas dimensões de largura pretendidas.

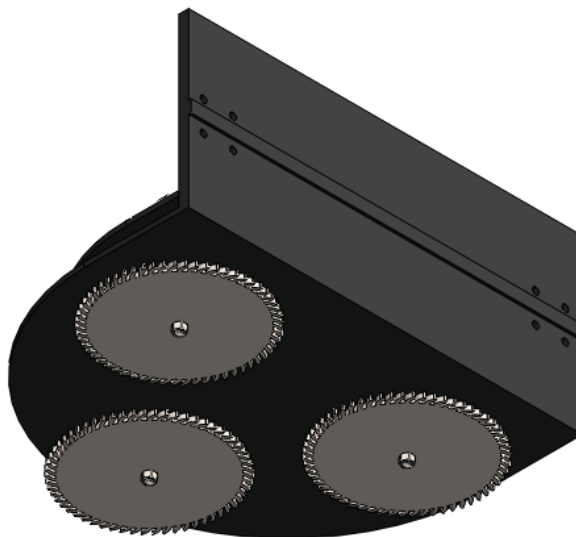


Figura 19 - Vista inferior da cabeça de corte

A afinação da altura de corte pode ser manual ou automática através do comando sendo esta segunda opção mais cara. Para mudar a altura do corte a cabeça de corte tem uma corredeira onde estão apoiados os motores que desliza em 3 calhas que estão soldadas à estrutura da cabeça de corte.

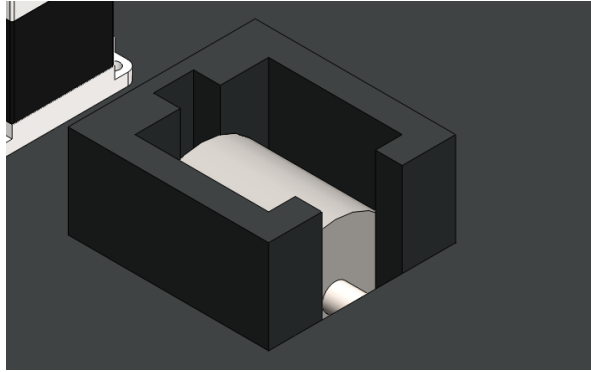


Figura 20 - Pormenor da calha de deslizamento

Assumindo que a corrediça com os motores e lâminas pesa 25 kg usando uma margem de segurança ficamos com 50 kg o que se traduz numa força de 500 N , é necessário um atuador linear que consiga produzir 500 N de força. O curso pretendido são 200 mm . Usando estas especificações o atuador escolhido tem as seguintes características:

Nome	NAKIN
Modelo	MS500
Carga dinâmica a puxar (N)	1000
Carga dinâmica a empurrar (N)	1000
Carga estática a puxar (N)	1000
Carga dinâmica a empurra (N)	1000
Voltagem (V)	24
Potência (W)	35
Velocidade com carga máxima (mm/s)	20
Curso (mm)	200
Fixações	Tipo H, Tipo V ou em 45°
Limitadores	Incorporados
Proteção de sobrecarga	Sim
Ciclo de trabalho	Máx 2 min de uso contínuo
Cor	Preto e cinzento
Temperatura de operação	Entre 5°C e 40°C
Aplicações	Macas de hospital, cadeiras reclináveis, fabricas, linhas de montagem
Preço (€)	28

Tabela 21 - Especificações técnicas do atuador linear MS500 - tabela formulada com os dados do fabricante [31]



Figura 21 - Atuador linear MS500 [31]

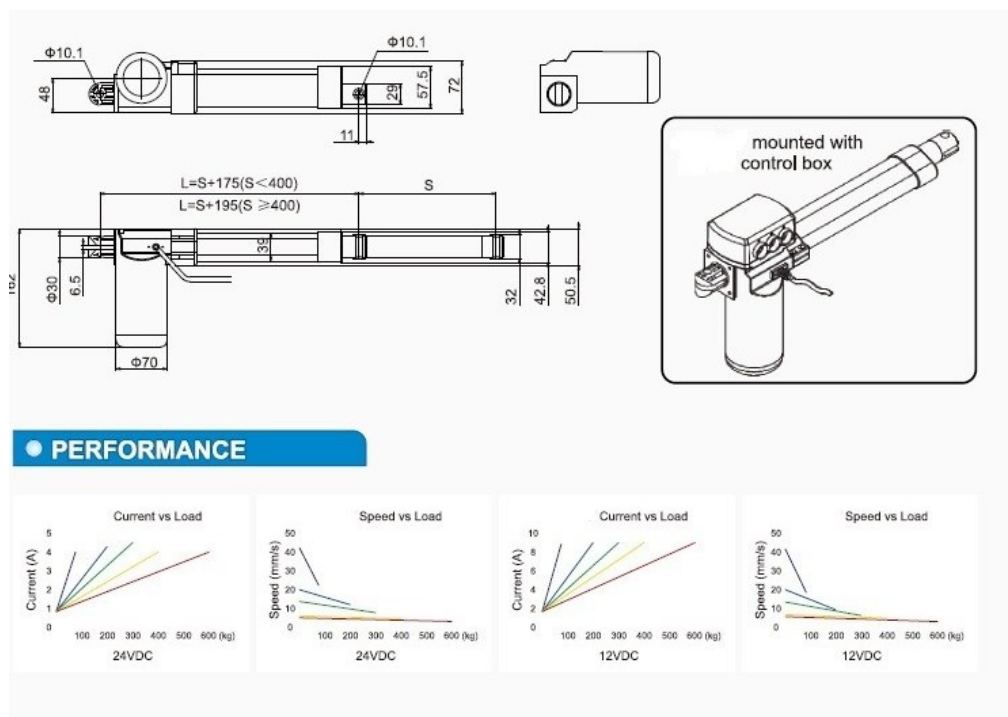


Figura 22 - Desenho técnico e gráficos de desempenho do atuador MS500 [31]

A cabeça de corte é coberta por uma capa em plástico para proteger todos os componentes dos elementos e de toda a sujidade inerente ao trabalho da máquina. Esta capa é facilmente removida para manutenção.

Para conferir modularidade ao equipamento foram desenvolvidas fixações comuns para todas as alfaia. A saliência presente na estrutura de cada alfaia serve para absorver os efeitos de corte que de outra forma seriam suportados pelos parafusos de fixação, situação longe do ideal.

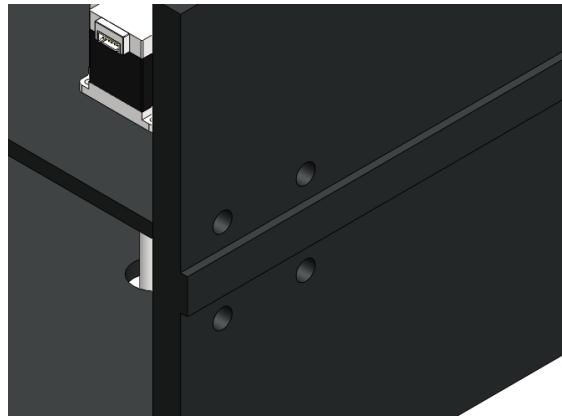


Figura 23 - Pormenor da fixação da cabeça de corte

Foi efetuada uma simulação aos esforços presentes na cabeça de corte.

Os pontos de fixação considerados na simulação são a saliência que encaixa nas falanges da base e os buracos para os parafusos de fixação.

Quanto às forças que estão aplicadas na estrutura, foram consideradas a força da gravidade, uma força distribuída por toda a base da estrutura de 2000N, tentando prever o caso de uma pessoa se colocar de pé em cima da cabeça de corte, e uma força de 1500N distribuídas igualmente pelas 3 calhas simulando o caso de embate das lâminas.

O primeiro estudo teve como objetivo descobrir a tensão máxima presente na peça segundo o critério de Von Mises:

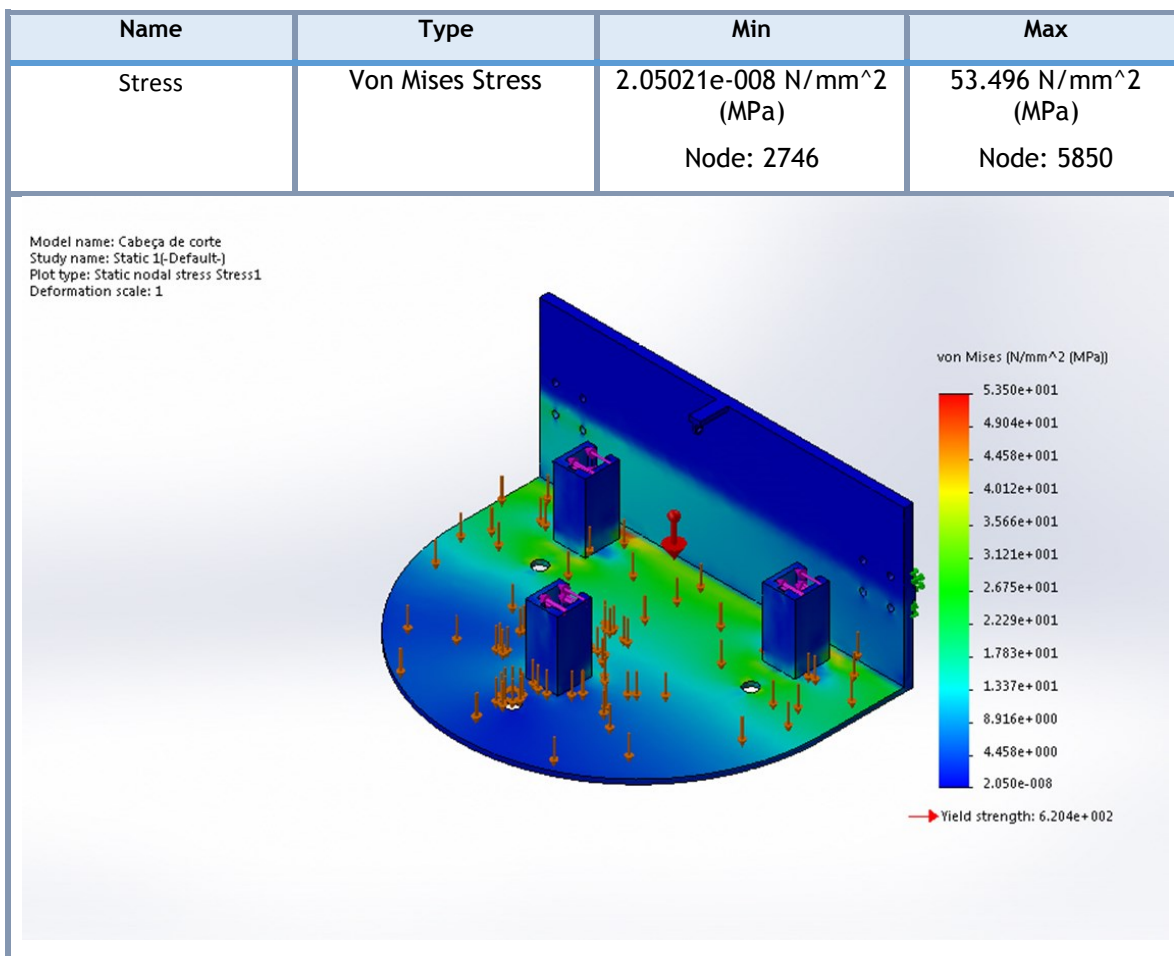


Tabela 22 - Simulação da tensão máxima na cabeça de corte

A tensão máxima é registada na soldadura da calha com a estrutura da cabeça de corte e tem o valor de 53.5 MPa, valor esse abaixo da tensão limite elástico para o aço escolhido, não se registando assim qualquer problema [30].

Em seguida foi efetuado um estudo da deslocação máxima:

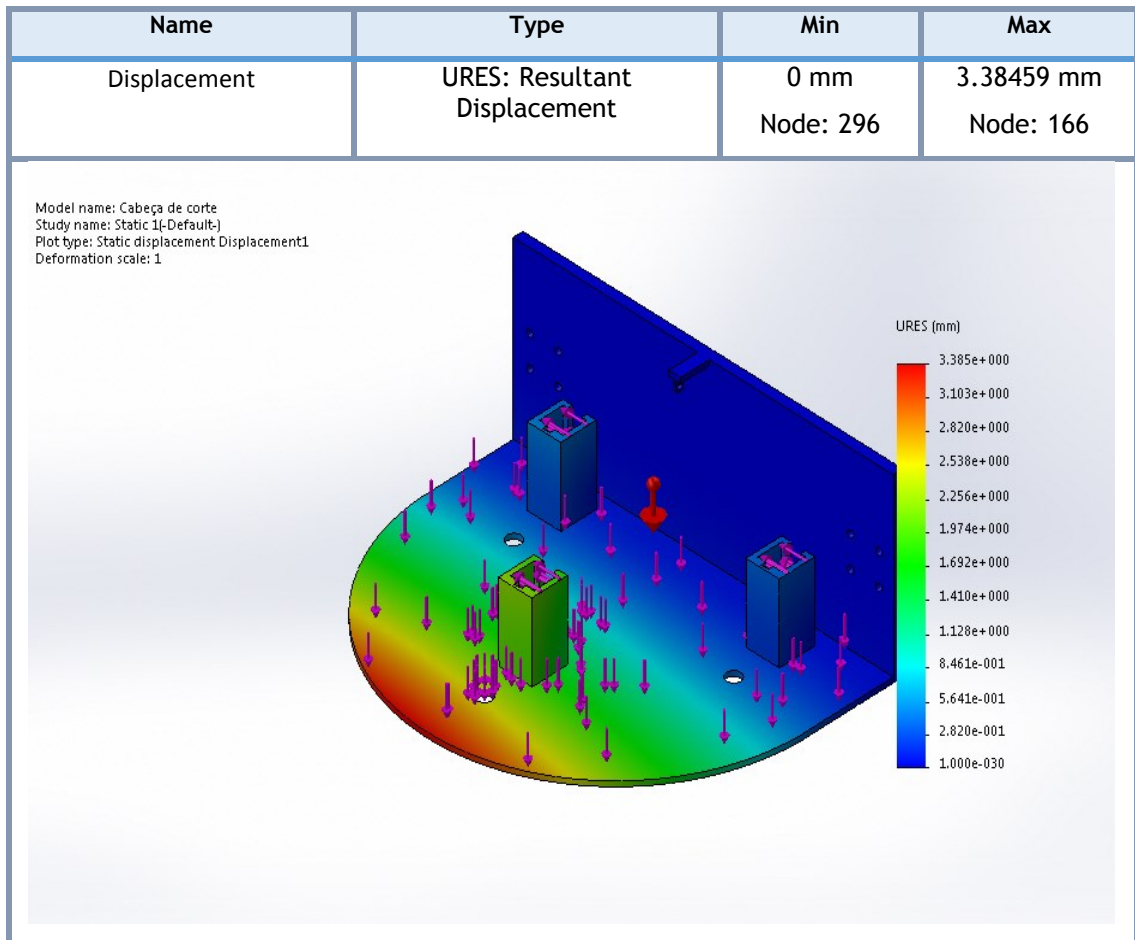


Tabela 23 - Simulação do deslocamento da cabeça de corte

O deslocamento máximo é registado na extremidade da estrutura da cabeça de corte. Sob o efeito das forças consideradas a estrutura desloca-se 3.38 mm . O deslocamento nas calhas é insignificante, o que garante o correto movimento da corrediça.

4.9 Proteção para capotamento

Com o objetivo de proteger os componentes mais frágeis da máquina foi concebido uma proteção em caso de capotamento.

Foi usado tubo de 60 mm de diâmetro com 3 mm de espessura de aço Ck45 à semelhança dos restantes componentes estruturais da máquina. [30]

Para verificar a integridade estrutural da proteção anti-capotamento foi efetuada uma simulação.

Os pontos de fixação usados na simulação são a base do rol bar e as forças consideradas são a força gravítica e uma força com o valor de 4000 N com sentido descendente para simular um capotamento.

A tensão máxima sofrida na simulação está representada na tabela seguinte:

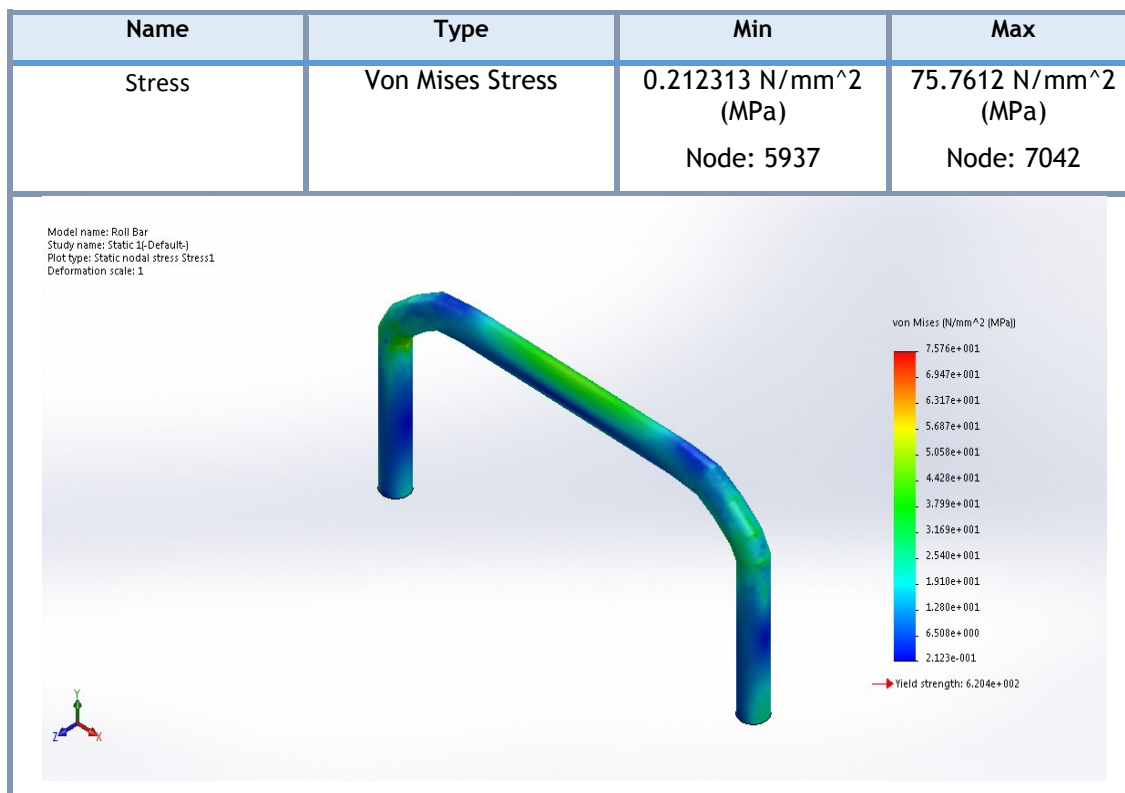


Tabela 24 - Simulação da tensão máxima na proteção anti-capotamento

O valor máximo de tensão de 75.76 MPa não constitui qualquer problema estrutural.

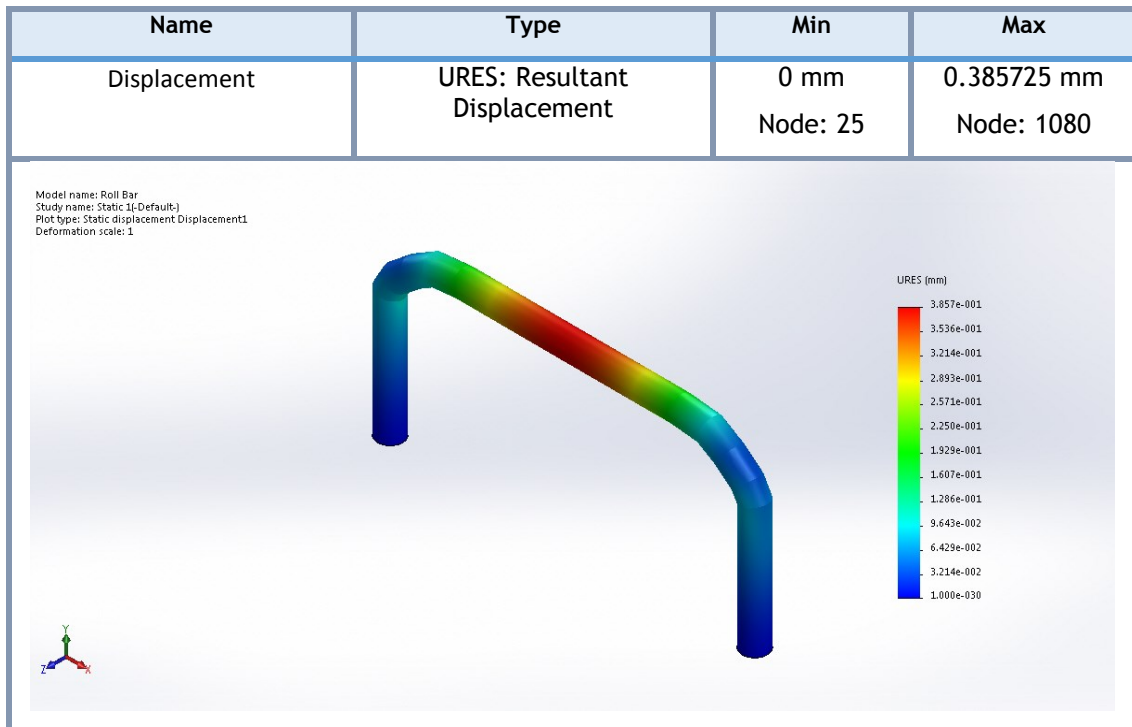


Tabela 25 - Simulação do deslocamento máximo na proteção anti-capotamento

O valor máximo de deslocamento registado é de 0.38mm.

4.10 Suporte das rodas frontais

As rodas frontais deste equipamento têm como propósito o guiamento e a tensão da lagarta. O guiamento da lagarta é feito pelas rodas mas para ajustar a tensão na lagarta é necessário que o suporte da roda se mova.

Para permitir tal ajustabilidade foram concebidos uns suporte de roda que deslizam sobre a base quando necessário mas que em trabalho estão fixos.

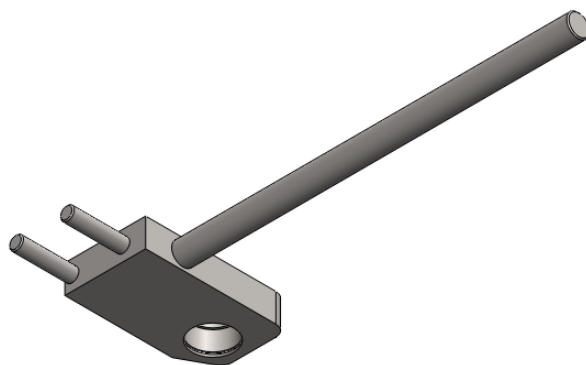


Figura 24 - Suporte de roda frontal

A parte central do suporte é fundida. Posteriormente é maquinada a caixa do rolamento e as roscas para o perno de afinação e para os pernos de fixação.

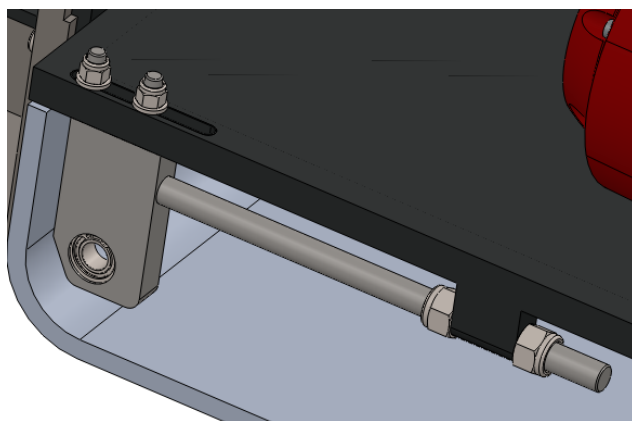


Figura 25 - Suporte da roda frontal em utilização

O rolamento usado para permitir a rotação da roda é o SKF NA 4904.2RS, um rolamento de rolos blindado dos 2 lados [32].

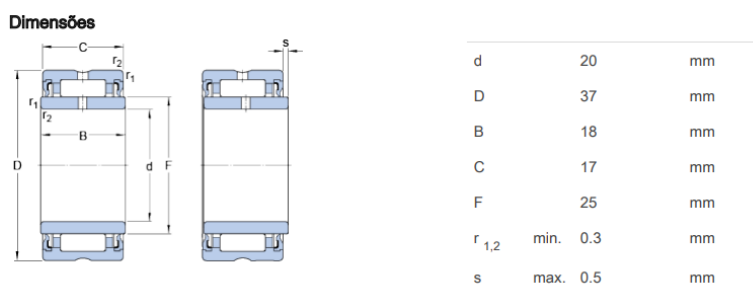


Figura 26 - Desenho técnico do rolamento SKF NA 4904.2RS [32]

Foi escolhido um rolamento de rolos devido à carga axial que estes suportam. [32]

Foi também efetuado uma simulação para verificar se o suporte aguenta as cargas a que pode estar sujeito.

Foi escolhido o aço carbono de fundição ASTM27 Grade 60-30 cuja composição química e propriedades mecânicas estão patentes nas seguintes tabelas:

Aço	C (%)	Si (%)	Mn (%)	S (%)	Outro
ASTM27 60-30	0.25	0.8	0.6	0.030	Pb

Tabela 26 - Composição química do aço ASTM27 60-30 - tabelas fórmulas com os dados fornecidos pelo fabricante [33]

Aço	$R_{p0.2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A (%)	Z (%)
ASTM27 60-30	242	470	27	39

Tabela 27 - Propriedades mecânicas do ASTM27 60-30 - tabelas fórmulas com os dados fornecidos pelo fabricante [33]

O suporte da roda foi fixo pela face superior onde estão colocados os pernos de fixação e foi simulada uma pressão provocada por rolamentos de 4000 N.

A tensão máxima verificada na peça é apresentada na seguinte tabela:

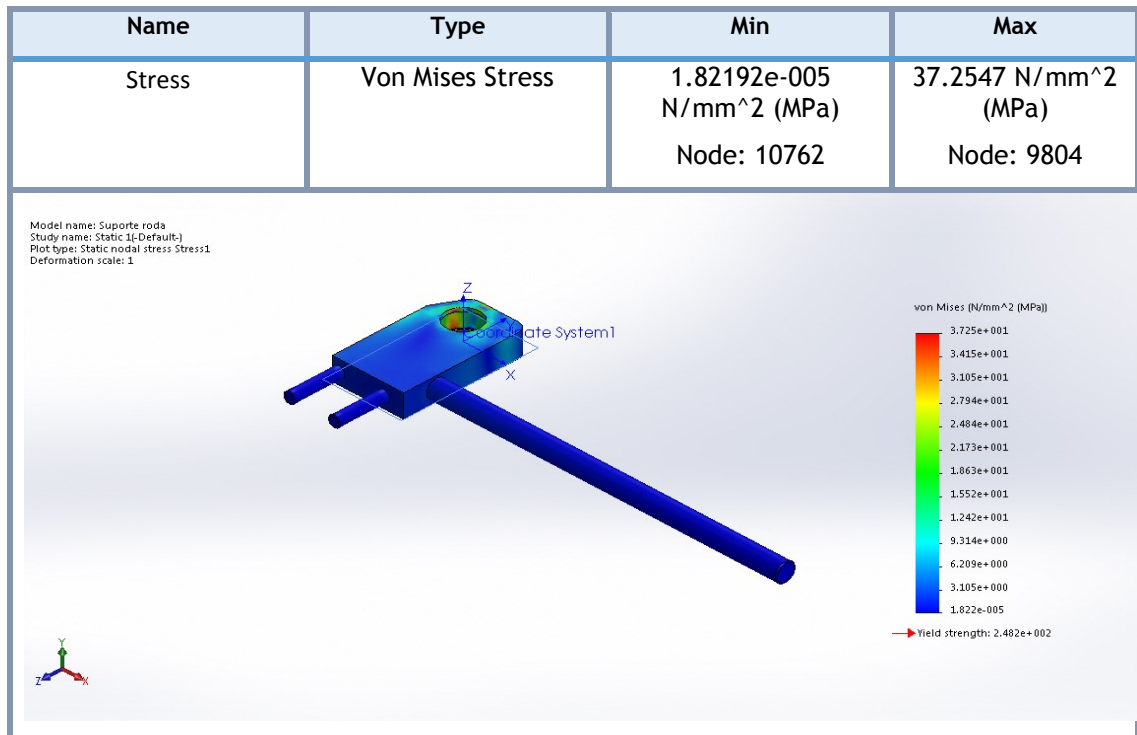


Tabela 28 - Simulação da tensão máxima no suporte da roda

O valor máximo de tensão presente na peça está bem dentro dos limites de segurança exigidos. Dado o valor máximo de tensão ser de aproximadamente 37 MPa não se considerou necessário a realização da simulação do deslocamento máximo.

4.11 Unidade de controlo

A unidade de controlo é o cérebro da máquina. A energia produzida pelo gerador vem na integridade para a unidade de controlo. Aqui parte dela é distribuída ainda em corrente alterna para a cabeça de corte enquanto a restante é convertida em corrente contínua é armazenada numa bateria e consumida pelos restantes motores e sistemas eletrónicos.

É nesta unidade de controlo onde são recebidos os sinais do comando. A energia enviada para a cabeça de corte é controlada aqui, sendo assim possível controlar a velocidade das lâminas.

As antenas e recetores de ondas rádio também estão aqui. O equipamento deve poder ser controlado a pelo menos 150 m de distancia.

A unidade de controlo possui ainda todos os botões necessários para o arranque da máquina bem como o corte de corrente que permite que a alimentação da bateria seja ligada.

Todos os movimentos da máquina são guardados bem como todos os erros sendo que o operador pode consultar a qualquer momento as informações principais da máquina através de um ecrã. Este ecrã serve também para saber quando será a próxima manutenção bem como informar à oficina as horas de trabalho que a máquina possui bem como todos os erros registados ao longo do seu funcionamento.

Como medidas de segurança a unidade de controlo tem pré-programadas algumas características que tornam a operação da máquina mais segura

- Após 1 minuto de inatividade o gerador é desligado, desligando assim a cabeça de corte
- Após 30 minutos do gerador se desligar, a alimentação através da bateria é desligada. Isto significa que será necessário que o operador se desloque ate a máquina para a iniciar pois a iniciação através do comando deixa de ser possível
- Caso o operador tire 1 mão do comando a alimentação elétrica às lâminas será cortada
- Se uma ou mais laminas encravarem durante o corte, o pico de corrente faz com que a energia para as lâminas seja cortada

A parte eletrónica é a que apresenta mais vulnerabilidade aos elementos e às condições adversas onde a máquina vai trabalhar como pó, lama, água entre outras. A solução pode passar pela construção da parte eletrónica por módulos que serão selados dentro de uma estrutura em alumínio com alhetas para dissipar o calor gerado pelos diversos componentes do módulo. Os módulos serão ligados entre si com através de fichas à prova de água. Quando houver uma avaria eletrónica basta trocar o módulo avariado e a máquina volta ao ativo. Para auxiliar no

arrefecimento os módulos serão colocados no exterior da caixa de controlo ficando no interior da caixa de controlo componentes cuja temperatura de funcionamento seja baixa.



Figura 27 - Exemplo de uma cobertura de componentes eletrónicos com alhetas [34]

O equipamento irá trabalhar em zonas propensas a fogo onde a mínima faísca poderá causar grandes incêndios, por isso a blindagem dos cabos e as conexões das fichas são um fator muito importante. O cabo que liga a cabeça de corte à unidade de controlo tem de ser bastante flexível, ter grande resistência a ações mecânicas, que é conferida por uma armadura presente no isolamento e suportar 800 V de tensão elétrica.

4.12 Comando

Para o comando foi escolhido um desenho simples e intuitivo com o mínimo de funções para que a máquina possa ser operada com a maior segurança possível.

O comando possui 2 *joysticks*. O *joystick* da esquerda controla todos os movimentos de deslocação da máquina como para trás e frente, esquerda e direita e todos as diagonais. O *joystick* da direita tem a função de controlar a velocidade da lâmina e a sua altura ao solo se a cabeça de corte o permitir. O *joystick* está normalmente encostado para baixo o que faz com que a lâmina esteja desligada. Só aí é permitida a variação da altura de corte por razões de segurança. Para aumentar a velocidade da lâmina basta ir empurrando o *joystick* para a frente.

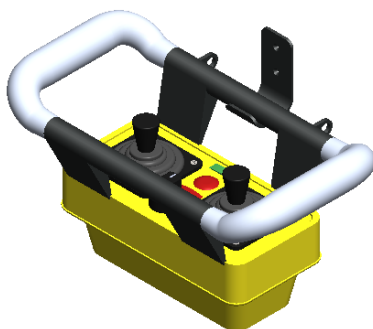


Figura 28 - Modelação do comando

O botão vermelho é o de paragem de emergência que desliga o gerador de energia parando a máquina.

O outro botão presente no comando é o que permite desligar e ligar a máquina e trocar entre a lâmina estar ativa ou não. Quando a lâmina está ativa acende-se a luz vermelha. A luz verde indica que a máquina está pronta a ser ligada e a consumir bateria. As luzes indicam também ao utilizador quando o comando está a ficar sem bateria. Abaixo dos 50 por cento pisca a luz verde quando se liga o comando. Abaixo dos 25% é a luz vermelha que dá o sinal de pouca bateria ao ligar o mesmo. Abaixo 10% a luz vermelha pisca de 1 em 1 minuto, durante o funcionamento para avisar o utilizador.

O comando tem ainda 2 botões laterais que poderão ser programados para executar diferentes tarefas em diferentes cabeças de corte assim como as funcionalidades do *joystick* direito.

Para ser obrigatória a operação do comando com as 2 mãos a lâmina só ativa quando o operador está a segurar o comando com as 2 mãos. As pegas são construídas em alumínio e só quando o utilizador as agarra se fecha o circuito que permite a ativação da cabeça de corte. A deslocação da máquina não necessita de comando bi-manual.



Figura 29 - Vista superior do comando

Foram ainda incluídas 2 argolas para ser possível pendurar o comando ao pescoço durante a operação assim como uma chapa para se fixar o comando à máquina durante o transporte.

Quanto ao carregamento do comando este pode ser feito com o carregador que terá de ser ligado à tomada de energia ou então pode ser carregado na máquina enquanto esta está ligada na sua totalidade ou quando esta está desligada mas o carregamento para quando a bateria da máquina atinge os 65%.

4.13 Blindagem inferior

Atendendo ao facto deste equipamento trabalhar em terrenos muito adversos foi concebido uma proteção inferior para evitar que possíveis embates contra pedras e troncos danifiquem os componentes como os motores de acionamento, os redutores e o guincho, estão na parte inferior da máquina, se danifiquem. A blindagem inferior faz com que a máquina se desloque com mais facilidade por cima do mato pois não existe reentrâncias onde pequenos troncos possam ficar presos e prender o equipamento.

A blindagem é produzida de uma chapa de alumínio de 6mm de espessura que é conformada e furada para permitir a sua fixação. Foi escolhido o alumínio devia à sua baixa massa volumétrica em comparação com a do aço. A blindagem aproveita 4 dos parafusos das falanges de fixação dos módulos e tem mais 3 pontos de fixação na parte inferior da máquina.

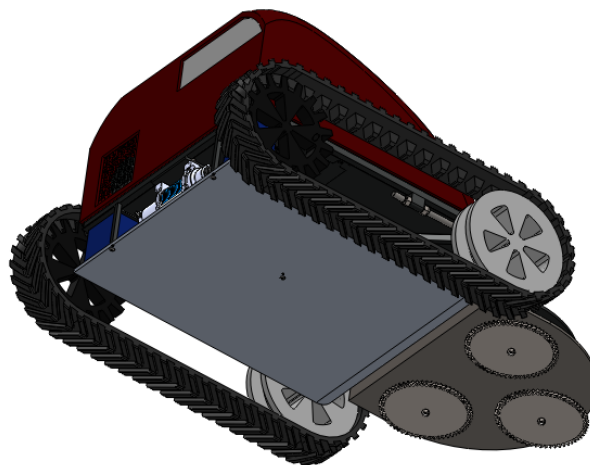


Figura 30 - Blindagem montada na máquina

4.14 Modelação completa

A modelação da máquina, em SOLIDWORKS, está apresentada nas seguintes figuras:

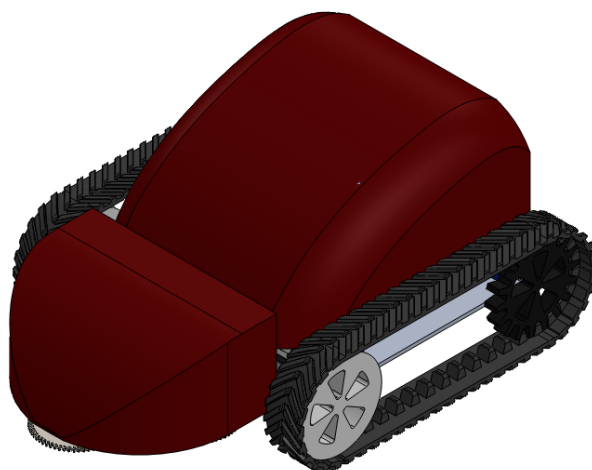


Figura 31 - Modelação 3D

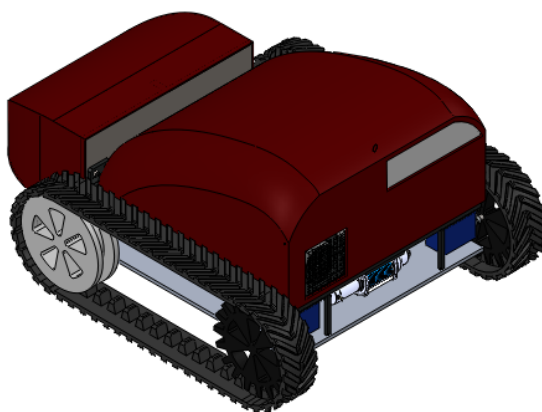


Figura 32 - Modelação 3D

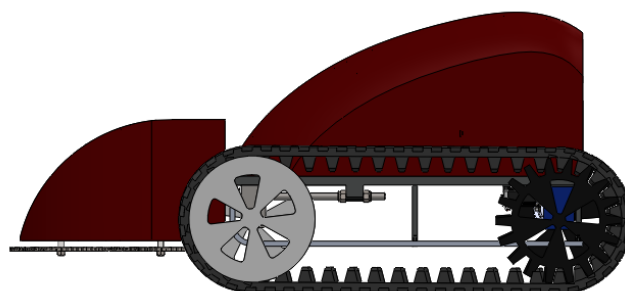


Figura 33 - Modelação 3D vista lateral

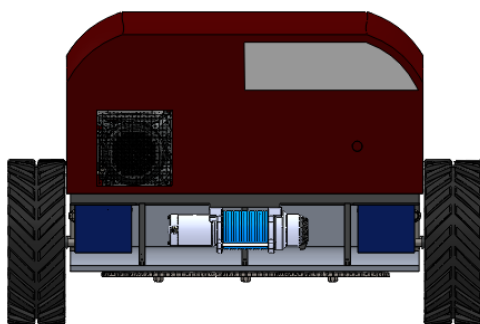


Figura 34 - Modelação 3D vista traseira

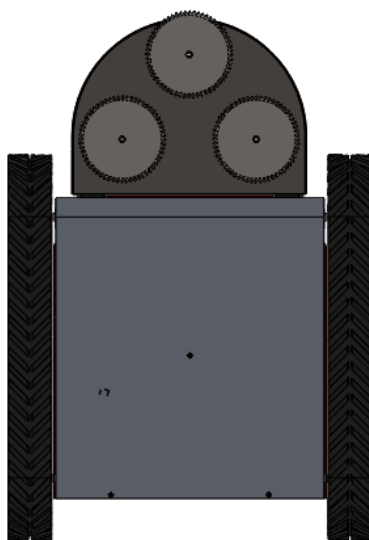


Figura 35 - Modelação 3D vista inferior

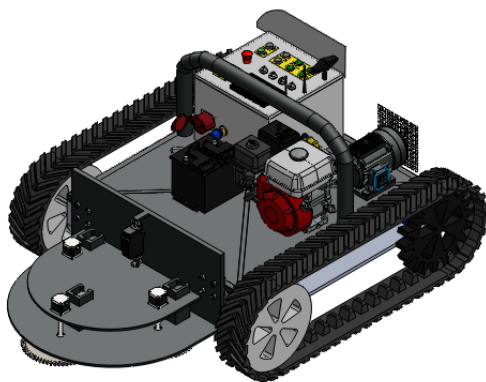


Figura 36 - Modelação 3D sem coberturas de proteção

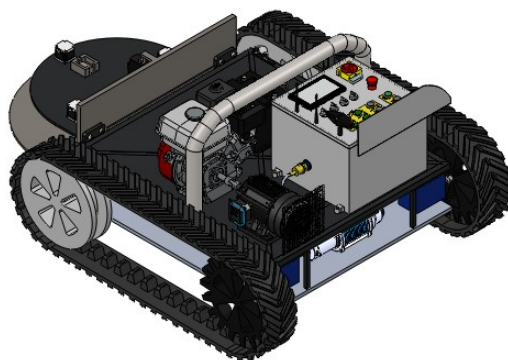


Figura 37 - Modelação 3D sem coberturas de proteção

Componente	Peso (kg)
Gerador	56.0
3 Laminas	1.9
3 Motores de lâminas	4.5
Lagartas	20
2 Motores Lagartas	11.5
2 Redutores	18.0
Guincho	11.0
Base	16.5
Cabeça de corte	9.5*
Proteção anti-capotamento	2.5*
Blindagem	3*
Unidade de comando	7.5*
Coberturas	5*
Total	166.9

Tabela 29 - Peso final máquina (* pesos estimados)

Componente	Preço (€)
Gerador	499
3 Laminas	60
3 Motores de lâminas	195
Lagartas	150
2 Motores Lagartas	260
2 Redutores	260
Guincho	144
Base	100*
Cabeça de corte	70*
Proteção anti-capotamento	20*
Blindagem	50*
Unidade de comando	200*
Coberturas	100*
Total	2108

*Tabela 30 - Preço final máquina (* preços estimados)*

As dimensões máximas da máquina são:

- Comprimento - 1800 mm
- Largura - 1255 mm
- Altura - 825 mm

O peso total estimado ronda os 170 kg.

O preço final estimado ronda os 2100 €

4.15 Modularidade

Um dos principais benefícios deste equipamento é a modularidade. As fixações frontais padronizadas tornam a troca do módulo frontal possível tornando este equipamento útil em múltiplos trabalhos e funções. Os módulos representados nas figuras seguintes são os módulos de empilhador e transportadora respetivamente.

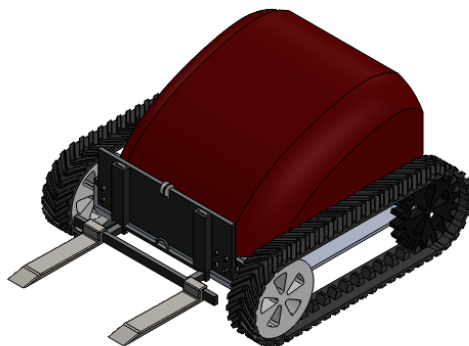


Figura 38 - Modelação do equipamento com o módulo de empilhador

O módulo empilhador é usado para o transporte de paletes e o levantamento de cargas. Os garfos frontais são deslizantes para se afinar a sua configuração para diferentes trabalhos. A elevação das vargas é feita através do guincho traseiro que é fixado à corredeira do módulo permitindo assim o levantamento de cargas.

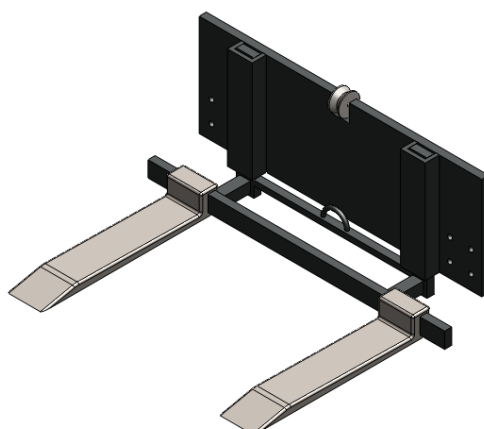


Figura 39 - Modulo de empilhador

Tanto o módulo de empilhador como a blindagem possuem roldanas de guiamento para o cabo de aço.

Devido ao baixo peso da máquina, a carga máxima admissível está limitada aos 200 *kg* para evitar o capotamento frontal do equipamento. Para aumentar a carga admissível terá de se lastrear a parte traseira da máquina mas com o aumento do peso a inclinação máxima de trabalho diminui.

O módulo de carregamento consiste na aplicação duma caixa na frente da máquina para permitir o transporte de equipamento, produtos resultantes da limpeza de terrenos entre outros objetos.

A caixa de transporte é construída por 2 chapas de aço de construção Ck45 de 10mm nas laterais soldadas à chapa de fixação padronizada e tem ainda uma chapa de 20mm do mesmo aço para o fundo da caixa. A porta é chapa de aço de 15mm onde foram maquinadas as caixas para os pernos para permitir a abertura e fecho da tampa da caixa.

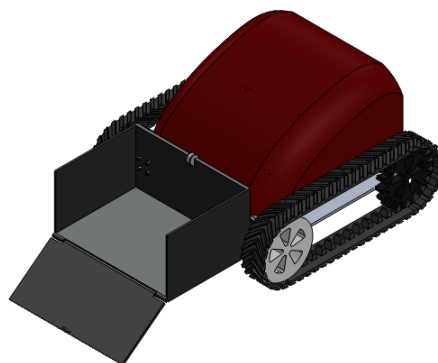


Figura 40 - Modelação do equipamento com o módulo de carregamento

A tampa pode ser fechada e mantida fechada com o auxílio do guincho traseiro presente no equipamento.

À semelhança do que acontece com o módulo de empilhador a carga máxima suportada é de 200 kg e para a aumentar é necessário lastrear a máquina.

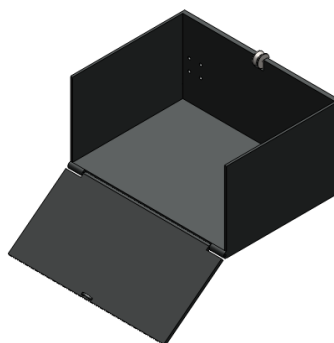


Figura 41 - Módulo de carregamento

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

A informação apresentada ao longo desta tese, permite desenvolver conhecimentos do ponto de vista de estudo de mercado e conceção de um equipamento de limpeza de terrenos radio comandado.

Verificou-se que existe uma lacuna no mercado de máquinas de corte de mato comandadas à distância, não existindo máquinas a preços razoáveis para um uso doméstico ou mesmo semiprofissional e foi essa lacuna que a máquina desenvolvida pretende preencher.

O preço estimado da máquina, assim como o peso e dimensões estão dentro dos requisitos definidos no início do projeto.

Para trabalhos futuros seria interessante passar este ante-projeto a projeto para descobrir a viabilidade económica do equipamento e tentar elaborar um plano de negócios para a comercialização da máquina.

Devido à falta de conhecimentos nessa área a parte de eletrónica não foi desenvolvida mas um trabalho futuro pode passar pelo projeto de toda a parte eletrónica de forma a respeitar os requerimentos desejados.

A implementação de fontes energias renováveis, como por exemplo painéis solares, seria um excelente projeto pois tornaria a máquina mais amiga do ambiente e talvez conseguisse aumentar a autonomia.

Seria interessante desenvolver um equipamento mais robusto e com mais potência para uso profissional mas com a mesma filosofia de baixo atravacamento e baixo custo de aquisição e operação.

Outra parte a desenvolver em trabalhos futuros são outros módulos como por exemplo um módulo de destroçadora e um módulo para permitir a plantação à cova que escavaria a cova e lá coloca-se a planta

Revisão Bibliográfica

- [1] AIFF - Associação para a Competitividade da Fileira Florestal, Relatório de caracterização da fileira florestal 2014. 2014.
- [2] Pais, Diana; Novais, Catherine; Marques, António; Viegas, Domingos; Baptista, António; Nóvoa, Paulo. Forest products valorization as a tool to reduce fire risk: Forest biomass management and characterization to develop energy production systems and biocomposites. CEM - Conferência de Engenharia Mecânica. 2016
- [3] AIFF - Associação para a Competitividade da Fileira Florestal. Estudo prospetivo para o setor florestal, relatório final Dez.2014. 2014
- [4] Plano Nacional da Defesa da Floresta Contra Incêndios. Disponível em http://www.isa.utl.pt/pndfci/relatorio_intercalar/docs/8_1.pdf. Acesso em 20 de Agosto de 2017
- [5] ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e Florestas. 9º RELATÓRIO PROVISÓRIO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS - 01 DE JANEIRO A 15 DE OUTUBRO DE 2016. 2016
- [6] Prevenção de incêndios florestais. Disponível em http://www.floresta.ufpr.br/alias/lpf/public_html/prevencao.html. Acesso em 25 de Agosto de 2017
- [7] Decreto-lei no 192/89 de 8 de Julho do Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação. Disponível em http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=1933&tabela=leis
- [8] COTF- Centro de Operações e Técnicas Florestais. Utilização da motorroçadora nos trabalhos florestais. Lousã, 2014
- [9] AS MOTOR. "AS 750 RC Special Machine". Disponível em: <http://www.as-motor.de/>. Acesso em 16-Julho-2017.
- [10] SPIDER SLOPE MOWERS. "Spider Mini, Spider SPL1, Spider SPL2". Disponível em: <http://www.slope-mower.com/>. Acesso em 16-Julho-2017.
- [11] CAO F - Comissão de acompanhamentos das operações florestais. Matriz de (re)arborização 2015/2016. 2015
- [12] REMOTE MOWER. "ZTR42, TRX 44 Pro". Disponível em <http://www.remotemowers.com>. Acesso em 16 Julho 2017
- [13] ENERGREEN. "Energreen Robozero, Roboeco, Robopower, Robomax, Robogreen". Disponível em <http://en.energgreen.it/>. Acesso em 17 de Julho 2017

- [14] KOMMETEK. “KommeTek Roboflail One, Roboflail Plus, Roboflail Vario”. Disponível em <https://www.kommetek.de/>. Acesso em 20 de Julho 2017
- [15] LYNEX. “Lynex SX1000, TX1100, TX1200, TX1500”. Disponível em <http://www.lynex.eu>. Acesso em 16 de Julho 2017
- [16] AGRIA. “Agria 9600”. Disponível em <https://www.agria.de/>. Acesso em 16 de Julho 2017
- [17] ALAMO INDUSTRIAL MACHINES. “Alamo Traxx RF, Alamo Ridge Runner”. Disponível em <http://www.alamo-industrial.com/>. Acesso em 20 de Julho de 2017
- [18] IRUS. “Irus Deltrak 2.5, Evotrak, Quatrak”. Disponível em <http://www.irus.de/>. Acesso em 20 de Julho de 2017
- [19] FERRI. “Ferri ICut4”. Disponível em <http://www.ferrisrl.it/>. Acesso em 20 de Julho de 2017
- [20] CHAMPION. “Champion Power Equipment 3800W Generator”. Disponível em <https://www.championpowerequipment.com/product/100103-3800-watt-generator/>. Acesso em 1 de Agosto de 2017
- [21] DUROMAX. “DuroMax XP4400E Generator”. Disponível em http://www.duromaxgenerators.org/DuroMax_-XP4400E.html. Acesso em 1 de agosto de 2017
- [22] HONDA. “Honda EG5000CL Genrator”. Disponível em <http://powerequipment.honda.com/generators/models/eg5000>. Acesso em 2 de Agosto de 2017
- [23] CARBIDE BRUSHCUTTER. “Carbide Brushcutter Blades”. Disponível em <http://www.carbidebrushcutterblades.com/article-2-%E2%80%94blade-teeth-types-and-blade-design/>. Acesso 8 julho de 2017
- [24] NEWTHINK. “NewThink Motor IBL-100SW04”. Disponível em <http://www.newthinkmotor.com/en/Products.asp?page=1>. Acesso em 7 de Maio 2017
- [25] ALIBABA. “U10 Mini excavator Tracks”. Disponível em https://www.alibaba.com/product-detail/U10-mini-excavator-rubber-tracks-180X72X40_60537298023.html?spm=a2700.7724838.2017115.14.3c93b095sTEfTA&s=p. Acesso em 10 de Agosto 2017
- [26] M.J. Łopatka, T. Muszyński. VALIDATION OF ROLING AND STEER RESISTANCE OF ARTICULATED TRACKED ROBOT. 2010
- [27] DALIYUAN. “Daliyuan DLYM12 motor”. Disponível em <http://www.dlytricycle.com/bldc-motor/685.html>. Acesso em 15 de Agosto 2017

- [28] TIANJI. “NMRV 75 Worm Gear”. Disponível em <http://www.tianji.hk/NmrVSeriesWormGearboxes/72-294.html> . Acesso em 15 Agosto de 2017
- [29] LITEWAY. “LiteWay 4x4 Winch”. Disponível em https://www.alibaba.com/product-detail/Liteway-4x4-Offroad-China-1500lbs-Winch_60656802519.html?spm=a2700.7724838.2017115.3.3c93b095LBYYySQ. Acesso em 29 de Agosto 2017
- [30] SAARSTHAL. “C45 Steel Properties”. Disponível em www.saarstahl.com/sag/downloads/download/12970. Acesso em 30 de Agosto 2017
- [31] NAKIN. “Nakin MS500 electric actuator”. Disponível em <http://nakin.com.tw/product-showcase/linear-actuator>. Acesso em 25 de Agosto 2017
- [32] SKF. “SKF NA 204904.2RS Bearing”. Disponível em <http://www.skf.com/us/products/bearings-units-housings/roller-bearings/needle-roller-bearings/needle-roller-bearings-with-machined-rings/with-machined-rings-w-inner-ring/index.html?designation=NA%204904.2RS>. Acesso em 1 de Setembro 2017
- [33] MAKE IT FROM. “ASTM A27 Grade 60-30 Cast Carbon Steel”. Disponível em <https://www.makeitfrom.com/material-properties/ASTM-A27-Grade-60-30-415-205-J03000-Cast-Carbon-Steel>. Acesso em 28 Agosto 2017
- [34] MERCADO LIVRE. “Retificador de corrente com alhetas”. Disponível em https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-733305802-regulador-retificador-da-fra-kansas-laser-150-mod-original-_JM. Acesso em 2 de Setembro 2017
- [35] Öchsner, Andreas; Altenbach, Holm. “Mechanical and Materials Engineering of Modern Structure and Component Design”. Springer International Publishing. 2015
- [36] CONFAGRI - Confederação Nacional das Cooperativas Agrícolas e do Credito Agrícola de Portugal. Disponível em <http://www.confagri.pt/Noticias/Pages/noticia60653.aspx>. Acesso 5 de Setembro 2017
- [37] ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e Florestas. Análise das causas dos incêndios florestais - 2003 - 2013.

ANEXO A

Nome	Foto	Vantagens	Desvantagens
Queima		Não é necessário investimento em equipamento Terreno queimado torna-se bastante fértil Rapidez de limpeza	Muito perigoso Só permitido no inverno Poderá ser necessária presença de bombeiros Não é aplicável em qualquer terreno
Roçadora		Investimento inicial reduzido Versatilidade Mobilidade	Trabalho exaustivo Produtividade baixa Equipamento perigoso
Trator com lança		Rapidez de corte Corte em terrenos muito inclinados Produtividade	Comprimento da lança limita a distância do corte relativamente à estrada Equipamento caro Mão-de-obra especializada
Cortador de Mato com condutor		Rapidez de corte Fácil de operar Grande Largura de corte por passagem	Perigoso Limitado a terrenos com 30º de inclinação Mobilidade Impossibilidade de corte de mato denso
Cortador de Mato Radio Controlado		Segurança Inclinação do terreno (60º) Corta em mato denso Fácil de operar	Corte lento Investimento elevado

Tabela 31 - Comparação de métodos de limpeza de terrenos

14/09/2017

Questionário sobre limpeza de mato

Questionário sobre limpeza de mato

No âmbito da dissertação do mestrado de concepção e produção da FEUP, foi realizado este questionário para tentar perceber as necessidades do público alvo relativamente a um equipamento telecomandado de limpeza de mato.

1. Nome da empresa ou associação.

2. Que tipo de equipamentos usa para limpeza de mato?

Marcar apenas uma oval:

- ☐ Ropadora
☐ Trator com destrogadora
☐ Outra:

3. Que tipo de vegetação encontra nos terrenos ?

Marcar apenas uma oval:

- ☐ Mato denso com vegetação de caule grosso
☐ Mato maioritariamente constituído por fetos
☐ Erva alta
☐ Outra:

4. Qual a inclinação do terreno onde costuma trabalhar

Marcar apenas uma oval:

- ☐ Muito inclinado (>40°)
☐ Inclinado (25° a 40°)
☐ Pouco inclinado (<25°)

5. Que produtividade obtém com os métodos que possui?

6. Estaria interessado num equipamento telecomandado para limpeza de mato?

Marcar apenas uma oval:

- ☐ Sim
☐ Não
☐ Talvez

7. Que tipo de motorização lhe seria mais conveniente?

Marcar apenas uma oval:

- ☐ Gasolina
☐ Diesel

https://docs.google.com/forms/d/1F5skD4V0tQwK0BvqFFSDJ00RP_h8y0v-C1ZDZ7g/edit

1/2

Figura 42 - Questionário empresarial (Parte 1/2)

14/09/2017

Questionário sobre limpeza de mato

8. Que tipo de valorização faz à biomassa que é cortada?

9. Valorizaria a função de recolha?

Marcar apenas uma oval:

- ☐ Sim
☐ Não

10. Teria interesse para a sua atividade poder acrescentar-se módulos ao equipamento, como por exemplo um módulo para plantação a semente?

11. Qual seria o preço, face à produtividade desejada e o tipo de produto a cortar, que estaria disposto a pagar por tal equipamento?

Com tecnologia
Google Forms

https://docs.google.com/forms/d/1F5skD4V0tQwK0BvqFFSDJ00RP_h8y0v-C1ZDZ7g/edit

2/2

Figura 43 - Questionário empresarial (Parte 2/2)

14/06/2017

Questionário sobre limpeza de terrenos

Questionário sobre limpeza de terrenos

No âmbito da dissertação do mestrado de concepção e produção da FEUP, foi realizado este questionário para tentar perceber as necessidades do público alvo de um equipamento telecomandado de limpeza de mato.

*Obrigatório

1. Possui terrenos que necessitam limpeza periódica? *

Marcar apenas uma oval:

☐ Sim

☐ Não

2. Qual a inclinação do terreno? *

Marcar apenas uma oval:

☐ Muito inclinado

☐ Com algumas inclinações acentuadas mas com partes mais planas

☐ Quase plano

☐ Outra: _____

3. Que tipo de vegetação cresce nesse terreno? *

Marcar apenas uma oval:

☐ Mato denso com vegetação de caule grosso

☐ Mato maioritariamente constituído por fetos

☐ Erva alta

☐ Outra: _____

4. Como efetua a limpeza do terreno? *

Marcar apenas uma oval:

☐ Contrata uma empresa

☐ Tem alguém que cuida do terreno que faz o processo de limpeza

☐ Meios próprios

☐ Outra: _____

5. Estaria interessado numa máquina telecomandada para limpeza de terrenos? *

Marcar apenas uma oval:

☐ Sim

☐ Não

6. Qual o preço que estaria disposto a pagar por tal equipamento? *

https://docs.google.com/forms/d/e/1F6E9th_JT0X4N4C84UJwa34nE52BdR0L4d2zeH2qd8t

1/2

Figura 44 - Questionário particulares