
Equipamento de Limpeza Florestal

Daniel Oliveira Moleiro

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. António Torres Marques

Orientador no INEGI: Doutor António José Baptista



FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Setembro 2020

Resumo

Cerca de 35 % do território nacional corresponde a áreas florestais. Como tal, as florestas assumem um papel preponderante no funcionamento do país — favoravelmente, pelo fornecimento de matéria-prima para diversas indústrias e potencial interesse turístico, ou prejudicialmente, pelo elevado risco de incêndios que ameaçam estas fontes de receita, estruturas e mesmo vidas.

Este risco é agravado pelas condições geográficas de Portugal, o qual, pertencendo aos países da Bacia Mediterrânea, é caracterizado por verões quentes e secos, e condições sociológicas e demográficas, especificamente, o envelhecimento da população e o desinteresse por áreas não citadinas, que levam ao abandono de terrenos florestais e à consequente acumulação de resíduos florestais, que agem como combustíveis.

A silvicultura preventiva apresenta-se como o método mais eficaz na prevenção de incêndios florestais. No entanto, os métodos mecânicos, que permitem uma maior limpeza dos terrenos, tornam-se inviáveis, ou mesmo impossíveis, na zona norte do país, dado o seu carácter montanhoso e a predominância de pequenas propriedades. Nesta zona, os métodos a empregar, manuais e motomanuais, estão associados ao elevado desgaste e falta de segurança dos operadores, pelo que se torna relevante o desenvolvimento de um novo tipo de máquinas que eliminem estas dificuldades. Assim, as soluções radio-comandadas surgem como uma opção de grande interesse.

Sendo os motocultivadores equipamentos de ampla utilização nacional em situações de lavoura e no corte de mato, a construção de um aparelho que se acople a estas máquinas, para sua automatização, e permita o seu controlo remoto, tornando desnecessária a compra de uma nova máquina construída de raiz, revela-se um projeto promissor.

Foi, assim, elaborado um projeto de adaptação de um motocultivador, para tratamento florestal, permitindo o seu controlo remoto e utilização em altas pendentes.

Abstract

About 35 % of Portugal's territory is comprised by forest areas. As such, forests assume a determining role in the country's state — favorably, as a source of raw materials for use in multiple industries and of potential tourism interest, or harmfully, through fires that threaten these sources of revenue, structures or even lives.

This risk is enhanced by Portugal's geographical conditions — belonging to the countrys of the Mediterranean Bay, it is characterised by hot and dry summers — and sociological and demographic conditions, specifically, the aging of the population and the disinterest for more rural areas, leading to the abandonment of forest lands and the consequent accumulation of forest waste, which act as fuel.

Preventive forestry is the most effective method of forest fire prevention. However, the mechanical methods, that allow greater treatment of lands, become inviable or even impossible in the northern region of the country, due to its mountainous features and the predominance of small properties. In this area, the methods to employ, manual and motomanual, are related to the high wear and lack of security of workers, because of which it becomes relevant the development of a new type of machines that eliminate these hardships; thus, radio-controlled solutions come as an option of great interest.

Since motocultivators are widely used, nationally, in agriculture and bush cutting, the construction of a device to couple to these machines, for its automation, and that allows its remote control, eliminating the need of purchasing a brand new machine, seems to be a promising project.

Thus, a project of retrofitting of a motocultivator was developed, for forest treatment and allowing its remote control and function on steep areas.

Agradecimentos

Após os últimos meses, tenho que agradecer a diversas pessoas pela ajuda que significaram para a realização desta dissertação de mestrado.

Antes de mais, agradeço ao meu orientador, o Professor António Torres Marques, e ao co-orientador do INEGI, o Doutor António Baptista, pela acessibilidade, resolução de questões e dúvidas e por todas as sugestões.

Devo, também, agradecer à minha família, em especial à minha mãe e irmã, por todo o apoio que deram durante o desenvolvimento deste trabalho, e também aos meus amigos pela camaradagem distanciada que fizeram existir. Queria, ainda, agradecer ao Sr. Amaral, da Florauto, por todas a ajuda prestada.

Índice

Lista de Figuras	viii
Lista de Tabelas	ix
Abreviaturas e Símbolos	x
1 Introdução	1
1.1 A floresta portuguesa	1
1.2 Gestão de combustíveis e silvicultura preventiva	4
1.3 O controlo remoto como uma solução segura	7
1.4 Objetivos do projeto e estrutura da dissertação	8
2 Escolha do modelo de base para o projeto	10
2.1 Motoenxadas vs motocultivadores	10
2.2 Alfaías de interesse florestal	11
2.3 Estudo da oferta de motocultivadores	12
3 Análise de manípulos e planeamento do projeto de adaptação para controlo remoto	15
3.1 Funcionalidades no guiador	15
3.2 Funcionalidades no corpo	17
3.3 Considerações para a adaptação para controlo remoto	19
4 Projeto mecânico	20
4.1 Escolha dos componentes mecânicos	21
4.1.1 Alavancas de velocidade e alfaia	21
4.1.2 Manetes e manípulos do guiador	23
4.1.3 Guincho	26
4.1.4 Mudança de direção	27
4.2 Modelação concetual	29
4.2.1 Mudança de velocidade	29
4.2.2 Ativação da alfaia	30
4.2.3 Guiador	32
4.2.4 Guincho	37
4.2.5 Ligação motor-rodas	38
4.3 Materiais	40
4.4 Observações pós-projeto mecânico	42

5	Projeto eletrónico e bases do controlo	44
5.1	Recetor	46
5.1.1	Controlo dos atuadores lineares e motores DC	46
5.1.2	Controlo dos solenóides	47
5.1.3	Controlo do guincho	47
5.1.4	Controlo dos freios eletromagnéticos	48
5.2	Transmissor	48
5.3	Requisitos do código	52
6	Conclusões e trabalhos futuros	58
	Referências	62
	ANEXOS — Desenhos de conjunto do sistema de automatização desenvolvido	63

Lista de Figuras

1	Mapa das áreas ardidas entre 2016 e 2019.	2
2	Cartografia de perigosidade estrutural para 2020.	4
3	Métodos de silvicultura mecânicos.	6
4	Causas e consequências dos riscos profissionais associados à atividade florestal.	7
5	Máquinas agrícolas de interesse.	10
6	Alfaías para manutenção de terrenos florestais.	12
7	Motocultivador MCCULLOCH MRT6.	13
8	Motocultivador ASHICO MF360 196CC.	13
9	Motocultivador SG MTC 01135 DAE.	14
10	Motocultivador GROWAY D1000R.	14
11	Guiador do motocultivador GROWAY D1000R.	15
12	Alavancas do motocultivador GROWAY D1000R, instaladas na coluna.	17
13	Pormenores da alavanca de mudanças de velocidade do motocultivador GROWAY D1000R.	18
14	Alavanca da alfaia do motocultivador GROWAY D1000R.	18
15	Exemplo de bateria usada no motocultivador.	20
16	Balança vertical utilizada na medição e cálculo das forças a exercer nos diversos manípulos do motocultivador.	21
17	Atuador linear com <i>encoder</i> de posição – SA-120-CH.	22
18	Solenóide Pontiac Coil Inc. F0461A.	23
19	<i>5202 Series Yellow Jacket Planetary Gear Motor</i>	25
20	Desvio na rotação de acionamento da alavanca de marcha.	25
21	Solenóide DSOL-0844-12.	26
22	Esforço adicional provocado pelo solenóide.	26
23	Guincho <i>Warrior Ninja 2000lb 12v Steel Cable</i>	27
24	Freio eletromagnético DZD2-40.	28
25	Placas de ligação do atuador linear e do solenóide ao motocultivador.	29
26	Solenóide fixo nas placas de ligação ao atuador linear e com peça de acoplagem à alavanca.	29
27	Sistema de automatização da mudança de velocidades.	30
28	Placa de ligação ao motocultivador.	31
29	Sistema de automatização da ativação da alfaia.	32
30	Ligação do sistema de automatização das manetes ao motocultivador.	32
31	Motor de acionamento de uma manete, fixo no suporte — vista em corte.	33
32	Peças de ligação e mobilização das manetes.	33
33	Sistema de automatização das manetes de emergência e de paragem — estados de acionamento.	33

34	Ligação do sistema de automatização do lado direito do guiador ao motocultivador.	35
35	Peças de ligação e mobilização do acelerador e da alavanca de diferencial.	35
36	Peças de ligação e mobilização da alavanca de marcha.	36
37	Sistema de automatização do acelerador e das alavancas de diferencial e de marcha.	36
38	Limites de posição do acelerador.	36
39	Posições da alavanca de diferencial	37
40	Posições da alavanca de marcha	37
41	Suporte do guincho e ligação ao motocultivador.	38
42	Estrutura de ligação ao guincho.	38
43	Veio para transmissão de rotação às rodas.	39
44	Ligação ao freio eletromagnético através de uma peça intermédia.	39
45	Fixação do freio eletromagnético.	40
46	Conjunto veio-freio.	40
47	Esquema simplificado dos eixos das rodas — viga simplesmente apoiada.	41
48	Arduino Nano.	44
49	Ligações permitidas num Arduino Nano.	44
50	Módulo de comunicação por rádio-frequência nRF24L01.	45
51	Ligação do módulo nRF24L01 ao Arduino, no recetor.	45
52	Tipos de ligação do atuador linear e respetivo <i>encoder</i>	46
53	Tipos de ligação do motor DC e respetivo <i>encoder</i>	46
54	Módulo de controlo de motores L298N.	47
55	Representação esquemática dos solenóides.	47
56	Ligações no relé — solenóides.	47
57	Representação esquemática do motor do guincho.	48
58	Representação esquemática dos freios eletromagnéticos.	48
59	Módulo de relé 5V — 2 canais.	48
60	Interruptor para seleção de velocidade e de sentido de marcha.	49
61	Interruptor para ativação de alfaia e bloqueio de diferencial.	50
62	Potenciómetro para regulação do acelerador.	50
63	<i>Joystick</i> para mudança de direção.	50
64	Botões de paragem/emergência e START.	51
65	Botões de interrupção de atividade e de ativação do guincho.	51
66	Bateria de 4.5V a utilizar no transmissor.	52
67	Recetor — Ligações dos atuadores lineares, solenóide de velocidade e freios eletromagnéticos (Arduino1).	54

68	Recetor — Ligações dos motores das manetes, do acelerador e do guincho (Arduino2).	55
69	Recetor — Ligações dos motores de diferencial e marcha e solenóide de marcha (Arduino3). .	56
70	Transmissor — Ligações dos manípulos de interface.	57

Lista de Tabelas

1	Número de incêndios rurais e correspondente extensão de área ardida em Portugal Continental, por ano, entre 1 de Janeiro e 15 de Outubro de 2019.	1
2	Características relevantes do motocultivador MCCULLOCH MRT6.	13
3	Características relevantes do motocultivador ASHICO MF360 196CC	13
4	Características relevantes do motocultivador SG MTC 01135 DAE	14
5	Características relevantes do motocultivador GROWAY D1000R.	14
6	Manípulos no guiador: suas funcionalidades e acionamentos.	16
7	Características da bateria do motocultivador.	20
8	Medições da força necessária para acionar as alavancas.	21
9	Características do atuador linear SA-120-CH.	22
10	Características do solenóide Pontiac Coil Inc. F0461A.	23
11	Medições da força necessária para acionar a manete de emergência.	23
12	Medições da força necessária para acionar a manete de paragem.	24
13	Medições da força necessária para acionar o acelerador.	24
14	Medições da força necessária para acionar a alavanca de marcha/diferencial.	24
15	<i>5202 Series Yellow Jacket Planetary Gear Motor</i> — Características.	25
16	Características do solenóide DSOL-0844-12.	26
17	Características do guincho <i>Warrior Ninja 2000lb 12v Steel Cable</i>	27
18	Dados técnicos do motor do motocultivador.	28
19	Características do freio eletromagnético DZD2-40.	28
20	Valor lógico do acionamento das manetes em cada estado.	34
21	Massa total do motocultivador modificado.	41
22	Características do aço St 52-3 U.	42
23	Características da liga de alumínio 5005.	42
24	Consumo de corrente e preço total dos componentes escolhidos.	42
25	Preço total dos manípulos escolhidos para o transmissor.	51

Abreviaturas

ICNF — Instituto da Conservação da Natureza e Floresta
 UNFCCC — *United Nations Framework Convention on Climate Change*
 REDD+ — *Reducing emissions from forest degradation and deforestation*
 D — Pino digital
 ~D — Pino digital com capacidade de modulação da largura de pulso
 GND — Terra (*ground*)
 NA — Contacto normalmente aberto
 NF — Contacto normalmente fechado
 A — Pino analógico

Símbolos

F — Força — N
 N — Coeficiente de segurança
 F_g — Peso — N
 d — Distância entre ponto de medição e eixo de rotação — m
 τ — Binário — $N \cdot m$
 m — Massa — kg
 g — Aceleração gravítica — $m \cdot s^{-2}$
 M — Momento — $N \cdot m$
 θ — Ângulo de inclinação — rad
 v — Velocidade — $m \cdot s^{-1}$
 ϕ — Diâmetro — m
 P — Potência — W
 ω — Velocidade de rotação — $rad \cdot s^{-1}$
 σ — Tensão — Pa
 W — Módulo de resistência à flexão — m^3
 l — Comprimento de semi-eixo — m
 b — Comprimento de aresta (base) — m
 h — Comprimento de aresta (altura) — m
 e — Espessura — m

1 Introdução

1.1 A floresta portuguesa

A floresta assume-se, cada vez mais, como um setor de crescente importância para o país, a vários níveis. Apresentando, Portugal, uma área florestal correspondente a cerca de 35% do seu território continental [1], este setor apresenta um potencial económico e empregador elevado no que toca à exploração dos seus recursos naturais, fornecendo matéria-prima às indústrias de cortiça, pasta de papel, etc. Também o turismo rural, pelo qual estas áreas são cada vez mais procuradas, eleva este seu potencial.

Outro ponto ao qual não se pode fugir quando se discute áreas florestais é o impacto ecológico a que o seu desenvolvimento e exploração está inerente. Com uma União Europeia mais preocupada com estas questões, as florestas dos seus países membros têm uma reforçada atenção, pela sua capacidade de fixação de CO₂ e emissão de oxigénio, atuando, assim, nos dois sentidos de combate às emissões de gases de efeito de estufa, e, também, pelo potencial energético que representa ao ser fonte de biomassa.

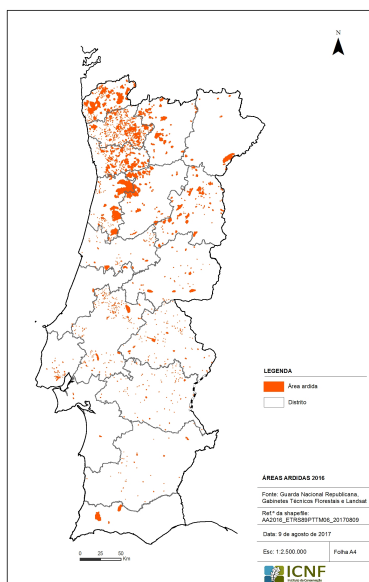
Porém, o grande obstáculo que se opõe ao desenvolvimento do setor florestal são os incêndios, fenómenos de grande destruição e ocorrência regular a cada ano. Os incêndios florestais atuam no sentido contrário das benesses acima referidas, destruindo as matérias-primas, de uso em tantas indústrias, devastando a paisagem e emitindo grandes quantidades de CO₂. De referir, também, a perda de habitats e populações de seres vivos que os habitavam, para além da grande probabilidade de destruição, parcial ou íntegra, de povoações e fábricas e da perda de vidas humanas. Desta forma, torna-se extremamente necessária a proteção da floresta.

Todos os anos o território nacional vê-se confrontado com vários incêndios florestais de maior ou menor gravidade, especialmente no verão, durante o qual a vegetação sofre uma secura que propicia a ignição e o alastramento de fogos. Sendo que, como acima referido, cerca de 35% do território são áreas florestais, tal traduz-se numa extensa área com potencial a dar origem a incêndios.

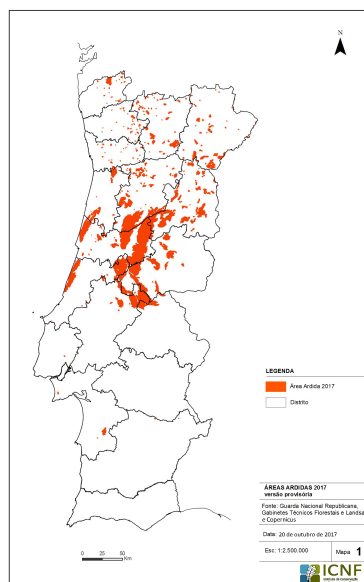
Tabela 1: Número de incêndios rurais e correspondente extensão de área ardida em Portugal Continental, por ano, entre 1 de Janeiro e 15 de Outubro de 2019 [2].

Anos	Incêndios rurais (nº)	Área ardida (ha)			
		Povoamentos	Matos	Agrícola	Total
2009	28440	23625	60705	5247	89577
2010	24630	45777	84391	8223	138391
2011	26127	18631	47704	3825	70160
2012	25107	48002	61239	8629	117870
2013	21917	54905	94564	7858	157327
2014	9095	8701	10889	2954	22544
2015	18945	23461	39538	3796	66795
2016	14980	77390	82505	6290	166185
2017	19105	328863	168611	39669	537143
2018	11450	21873	19114	3091	44078
2019	10841	21163	15782	4677	41622

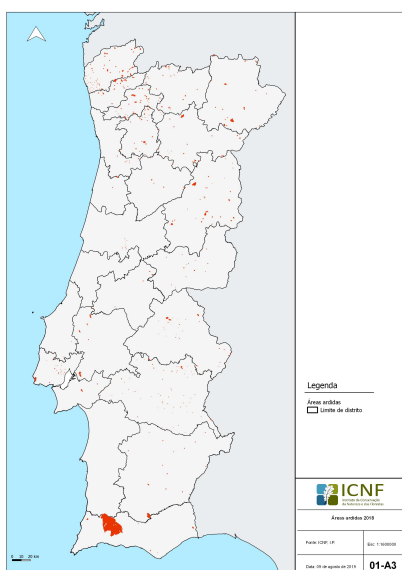
Consultando a Tabela 1 verifica-se, de um modo geral, uma diminuição do número de incêndios rurais, desde 2009. No entanto, tal não se repercute, necessariamente, na simultânea diminuição de área ardida. De facto, o ano de 2017 é exemplo disso, dado que se verificou um menor número de incêndios do que nos anos de 2009 a 2013 e, no entanto, o total de área ardida foi bastante mais elevada do que em qualquer um destes anos. Foi precisamente neste ano que ocorreram incêndios de dimensões sem precedentes em vários municípios, como foi o caso de Pedrógão Grande, o que justifica tais números; na Figura 1b vê-se claramente a dimensão desta tragédia.



(a) 2016



(b) 2017



(c) 2018



(d) 2019 - Provisório

Figura 1: Mapa das áreas ardidas entre 2016 e 2019 [3].

De forma a controlar a ocorrência e o progresso destes incêndios, mais do que combater é necessário prevenir, dado tratar-se de fenómenos muito difíceis de controlar. Um dos pontos de atuação com vista a esta prevenção é a sensibilização e educação da população. São várias as campanhas de sensibilização desenvolvidas ao longo destes anos para que a população esteja mais consciente dos seus comportamentos em espaços florestais, passando por alertar para o risco de queimas ou queimadas, fumar, fazer fogueiras, etc, nestes locais. Este ponto é de extrema importância, já que a maioria dos incêndios florestais são provocados por negligência humana (56%) - de referir que apenas 2% tem causas naturais, sendo as restantes por atividade humana, quer negligente, quer intencional [4].

Por outro lado, há que ter um suporte legislativo que controle a atuação do ser humano nestes territórios em períodos mais propícios a incêndios, como o é o verão (chamado período crítico), e o tipo de atividades que neles se realizam, como as queimadas, sendo estas apenas permitidas após autorização do município ou freguesia e na presença de técnicos credenciados em fogo controlado ou de bombeiros ou sapadores, ou como fogueiras de lazer, proibidas durante período crítico [5]. Também a formulação de leis de tratamento e limpeza das florestas é aqui englobada, sendo a sua importância determinante para o controlo de incêndios florestais, como mais à frente se verificará. Igualmente relevante e importante é a fiscalização destas áreas e das populações a elas associadas, por parte das autoridades fazendo aplicar as leis e punindo as situações de negligência, omissão e dolo.

De referir, que, após os anteriormente mencionados grandes incêndios de 2017, iniciou-se um programa para o reordenamento sustentado e prevenção estrutural da floresta, promovendo a reabilitação das zonas afetadas e, também, a sua proteção contra novos incidentes do mesmo tipo [6]. Possivelmente, se tivesse existido uma legislação mais exigente e uma maior fiscalização destas áreas florestais, tais desastres poderiam ter sido contidos, ou até evitados.

Por fim, e de maior interesse, a outra área de atuação na prevenção de incêndios florestais consiste na gestão de combustíveis e na silvicultura destas zonas, de forma a diminuir significativamente as fontes de propagação [7]. São variadíssimas as formas de proceder ao tratamento de florestas na área de silvicultura, no entanto, as condições do terreno são incrivelmente preponderantes na escolha dos métodos a utilizar. Retornando à Figura 1 repara-se que, excetuando, certas ocorrências pontuais, ano após ano verifica-se um elevado número de incêndios de pequena dimensão em toda a zona norte. De facto, esta região apresenta a particularidade de ser um território montanhoso e com extensas áreas florestais, o que não só propicia a propagação de incêndios como também dificulta a gestão de combustíveis. Outra agravante a esta gestão passa pelo facto de Portugal apresentar uma percentagem de florestas públicas bastante reduzida - cerca de 2,4% - ou seja, a floresta portuguesa é, mais do que tudo, esmagadoramente privada [8], sendo que no norte de Portugal predomina a pequena propriedade, ou seja, grandes áreas florestais divididas por diversos donos, que diferem na sua atuação silvícola, resultando na incoesão territorial destas áreas.

Observando a Figura 2, que classifica o território continental segundo o seu grau de perigosidade, para o ano de 2020 (divulgada a 2 de abril), quase toda a região norte, com uma pequena porção litoral como exceção, se revela como altamente perigosa, sendo, assim, uma situação relevante e premente.

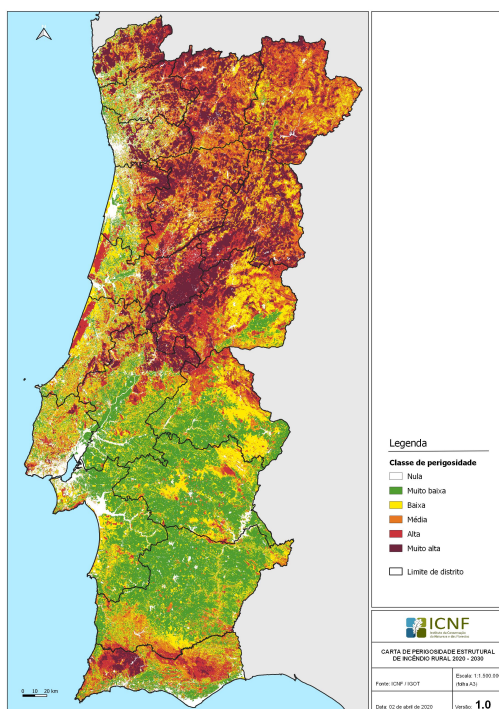


Figura 2: Cartografia de perigosidade estrutural para 2020 [9].

1.2 Gestão de combustíveis e silvicultura preventiva

As alterações climáticas ameaçam a sociedade e todo o normal e simbiótico funcionamento do planeta. Tendo a UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change* - Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas) tido pequenas conquistas em 21 anos, na Cimeira de Cancun reconheceu-se o importante papel das florestas, assim como de uma agricultura sustentável, na mitigação das alterações climáticas [10].

Apoiando-se nesta conclusão, chegou-se a uma decisão de mitigação denominada REDD+ (*reducing emissions from forest degradation and deforestation* - redução de emissões devidas à degradação e abate florestais), a qual, acima de tudo, se deverá traduzir em ações de proteção e conservação das florestas naturais em vez da sua conversão, preservando os ecossistemas e a biodiversidade, incrivelmente ligada à sua manutenção e recuperação [10].

A silvicultura tem sido, portanto, uma área com uma considerável evolução e um elevado número de estudos desenvolvidos, no âmbito de melhorar e regenerar áreas florestais e o seu uso, principalmente pelo facto de as atividades tradicionais e de as populações rurais terem sofrido um enorme decréscimo, com consequente abandono das florestas, tentando-se, agora, combater tal realidade através de meios e métodos mais eficientes. De facto, tem-se concluído que tratamentos de silvicultura podem ser essenciais na manutenção e configuração de estruturas florestais saudáveis e diversas, com benefícios nos contextos ambiental e socioeconómico [11].

Problemas florestais resultantes da despovoação rural são especialmente relevantes em países da bacia mediterrânica, visto ter havido um adensamento e propagação de florestas, as quais passam a apresentar uma vegetação mais cerrada e madura. Estas características advêm duma reflorestação natural em áreas de

cultivo abandonadas, sendo que a falta de gestão subsequente destas florestas resultou no aumento do risco de incêndios florestais assim como numa diminuída diversidade de espécies, de flora e fauna [11].

Os métodos de silvicultura atuam, assim, no sentido de diminuir esta densidade vegetal, criando aberturas que permitem uma maior disponibilidade de espaço e luz, promovendo o crescimento de uma maior diversidade de espécies, as quais não sobreviveriam nas condições anteriores de extrema sombra e densidade. Porém, algo que merece reflexão é a intenção superior dos tratamentos florestais. Nas regiões mediterrânicas, os incêndios são a principal causa de danos florestais, o que leva ao emprego de técnicas que promovem a prevenção de fogos, mas que acabam por homogeneizar, em certa medida, as florestas, pela interrupção da continuidade vertical e horizontal das fontes de combustível [11]. Seria, portanto, de interesse investigar-se métodos de silvicultura que permitam a prevenção de incêndios florestais e promovam, simultaneamente, a sua heterogeneidade.

Os trabalhos de silvicultura, que visam o controlo da vegetação espontânea, maioritariamente herbácea e arbustácea, deverão ter vários aspectos em conta para além do mero abate de vegetação propícia a agir como combustível em caso de incêndio. Neste processo de tratamento florestal, convém que se criem boas condições para uma possível futura arborização do terreno e para o desenvolvimento de plantas já existentes, diminuindo a competição destas por água, luz e nutrientes. A limpeza integral é, portanto, sempre algo a evitar, assegurando a proteção do solo, retenção de água e defesa contra doenças e pragas [12].

São variadíssimas as operações de limpeza de mato e podem ser distinguidas segundo diversos parâmetros: quanto ao grau de incidência sobre o solo, se mobilizam, afetando não só a componente aérea da vegetação mas também a radical, ou não o solo; quanto à forma de execução, se são operações manuais, motomaneiras ou mecanizadas; e ainda quanto à natureza da ação, se são operações químicas ou mecânicas [13].

Tendo em conta o interesse deste trabalho, as operações mecânicas merecerão uma maior atenção e desenvolvimento, porém, de forma a tornar mais completa a análise dos métodos de silvicultura possíveis de ser utilizados é necessário referir que as operações químicas consistem na utilização de certos produtos químicos, fitocidas, que serão absorvidos pelas plantas ao entrar em contacto com estas, pela parte aérea ou radicular, revelando uma eficácia superior aos métodos mecânicos e apresentando custos mais reduzidos. No entanto, estes produtos químicos apresentarão diferentes graus de toxicidade que poderão afetar nefastamente o operador, a fauna, a flora, a água e o solo mesmo de áreas afastadas. Também o fogo controlado tem sido um método amplamente utilizado ao longo do tempo, principalmente em propriedade privada, por ser de reduzido custo monetário, eficaz e rápido, mas apresenta a agravante de ser uma técnica bastante exigente e imprevisível que, por coadjuvação climatérica, poderá resultar em incêndios[12].

As operações de limpeza manuais e motomaneiras são, por norma, empregadas em áreas, quer por apresentarem declives muito acentuados (superiores a 30-35%), quer por serem particularmente rochosas, que dificultem ou impossibilitem o uso/acesso de meios mecanizados ou que, por serem de reduzida dimensão, tornem financeiramente inviável a utilização de maquinaria pesada. Nos métodos manuais são utilizados, apenas, como o nome indica, utensílios de corte/arranque manuais (roçadouras, foices, machados, enxadas, etc.), ao passo que nos métodos motomaneiras se recorre a pequenos utensílios motorizados como motorroçadouras e motosserras, estas últimas utilizadas para o abate de troncos de pequeno e médio diâmetro e não da vegetação espontânea herbácea e arbustiva [12][13]. É de referir, porém, que estes métodos implicam a utilização de uma mão-de-obra nem sempre disponível e por vezes dispendiosa, a qual está sujeita a um certo desgaste físico e a acidentes, relacionados com a tipologia do terreno ou com os instrumentos de corte utilizados. Há, ainda, uma menor eficiência/produktividade quando comparados aos próximos métodos.

As operações mecanizadas poderão atuar apenas na parte aérea da vegetação, recorrendo a diversos tipos de corta-matos, ou atuar simultaneamente nas partes aéreas e radicais da vegetação, mobilizando o solo até uma profundidade variável, por gradagem. Consistem na utilização de alfaías acopladas a tratores: peças múltiplas rotativas, como correntes ou facas, que giram a grande velocidade no caso dos corta-matos, e grades de discos no caso da gradagem [12].

A utilização de corta-matos pode ser preferível a alfaías que mobilizem o solo quando o risco de erosão deste se apresenta elevado ou muito elevado, em áreas de maior sensibilidade ecológica e, ainda, quando o porte/constituição da vegetação torne inviável/contraproducente outros processos mecanizados [13]. Apesar deste método não interferir com a composição orgânica do solo, por não o mobilizar, há, tal como no caso dos métodos manuais/motomanuais, a conservação do sistema radical, levando à rápida rebentação e desenvolvimento da vegetação espontânea, tornando necessário intervenções mais frequentes. Na gradagem corta-se, mistura-se e enterra-se vegetação herbácea e arbustiva, mobilizando o solo e interferindo, assim, nas suas componentes aérea e radical. A proliferação da vegetação espontânea é, portanto, melhor controlada, mas como anteriormente referido a interferência na estrutura do solo poderá contribuir para um aumento da sua erosão e redução de teores de matéria orgânica [12].

Na Figura 3 representa-se a maquinaria de desbaste da vegetação florestal espontânea acima referida, com recurso ou não a tratores, sendo perceptíveis as limitações a que a sua utilização está inerente. Como já explicado, a maquinaria pesada está bastante limitada ao tipo de terrenos em que pode ser utilizada, mas o uso de motorroçadoras suscita bastantes preocupações no que toca à segurança dos operadores. O fluxograma da Figura 4 expõe a enorme diversidade de riscos associados à silvicultura, sendo que a utilização de motorroçadoras pode ser associada à maioria dos casos listados.



(a) Motorroçadora [14].



(b) Corta-matos [15].



(c) Grade de discos [16].

Figura 3: Métodos de silvicultura mecânicos.

Torna-se, então, necessário encontrar uma solução alternativa, que associe à versatilidade destas máquinas uma segurança aumentada.

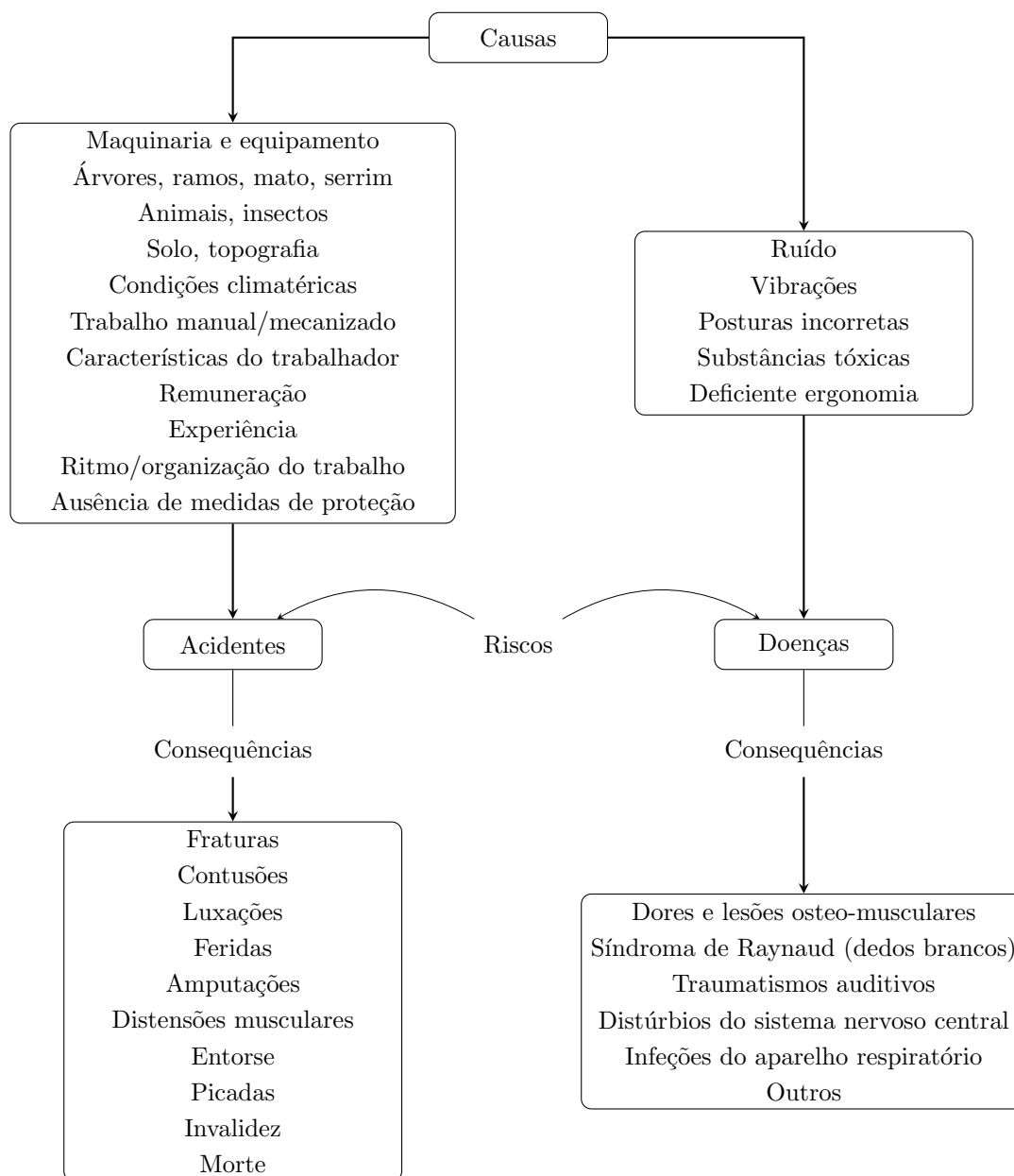


Figura 4: Causas e consequências dos riscos profissionais associados à atividade florestal [13].

1.3 O controlo remoto como uma solução segura

Com vista à limpeza de terrenos acidentados, onde, como visto, a perigosidade de incêndios florestais é maior, pode-se, então, recorrer ao fogo controlado, a produtos químicos ou a métodos manuais/motomanuais. Os primeiros dois métodos serão postos de parte, quer pelo seu desinteresse em termos académicos quer pelas desvantagens previamente referidas. No que se refere aos métodos manuais/motomanuais é perceptível uma linha de evolução: da utilização de alfaia manuais e que utilizam a força do trabalhador, como foices e

machados, passou-se, maioritariamente a utilizar motorroçadouras, no sentido de tornar mais eficiente, rápido e menos desgastante para o trabalhador todo o processo. As motorroçadouras, porém, estão associadas a diversos riscos para os seus utilizadores, principalmente em altas pendentes, o que leva a que a próxima evolução do método seja no sentido de aumentar/assegurar a segurança dos trabalhadores.

Uma forma de alcançar tal objetivo, e que tem vindo a ganhar maior preponderância em diversos campos de atuação, é através de uma solução comandada por controlo remoto. A utilização de um cortador de mato rádio-controlado permite que o operador o controle a uma distância que o mantenha em segurança dos elementos cortantes da máquina e, simultaneamente, lhe permita uma maior visibilidade de todo o processo. De igual forma, através de um comando de interface simples poder-se-á permitir a sua utilização por operadores sem formação técnica em operações deste tipo. Por outro lado, um método de tratamento florestal de reduzido esforço físico, como o é a utilização de uma máquina controlada remotamente, vem dar resposta ao crescente envelhecimento da população ligada a esta atividade. De facto, a troca de atividades agrícolas e florestais por outras mais citadinas teve impacto não só nos terrenos, que foram abandonados, mas também no grupo de pessoas empregadas neste setor, que se viu diminuído e com reduzida adesão ao longo das últimas décadas, o que resultou numa relativa uniformidade de trabalhadores mais velhos e com menor capacidade física para exercer os esforços necessários ao seu labor. Com uma solução radio-comandada, tal aspeto seria bastante reduzido.

Deve referir-se, ainda, que seguindo esta via não se parte do zero, visto já anteriormente ter havido esforços no sentido de desenvolver, teoricamente, uma máquina de corte de mato controlada remotamente, nomeadamente na dissertação de mestrado de Diogo Vieira, também com a orientação do Professor António Torres Marques e do Doutor António Baptista, de título *"Conceção de equipamento radio-comandado para limpeza de terrenos"*. Aqui, desenvolveu-se uma máquina de raiz, projetando toda a estrutura com atenção aos mecanismos de corte, de locomoção, e às fontes de energia, tendo-se, porém, deixado todo o projeto elétrico e eletrónico por formular.

No entanto, na pesquisa de soluções controladas remotamente encontrou-se uma possibilidade diferente do desenvolvimento e construção integral de uma nova máquina: adaptação de um motocultivador. O projeto encontrado, desenvolvido por Prajwal Kuma, teve a intenção de contrabalançar a falta de mão-de-obra especializada e, simultaneamente, facilitar o trabalho dos agricultores. Neste projeto construiu-se simplesmente um *kit* que se aplicou ao motocultivador pré-existente e que permitia o controlo desta máquina, através de um comando controlado à distância pelo operador [17][18].

Esta ideia é particularmente interessante por diversas razões. Primeiro, elimina-se a necessidade de projetar uma nova máquina, dado que a motocultivadores podem ser acopladas diversas alfaías, não só de função agrícola, mas também relativas ao corte de mato e limpeza de florestas. Segundo, estas máquinas são amplamente utilizadas no terreno português, há já vários anos, havendo, mesmo, vários modelos em lojas de maquinaria usada, o que faz com que se torne mais provável a aquisição de um produto de complementação que torne o processo de utilização mais seguro e cómodo e que potencie a sua reutilização, extendendo o seu período de vida. Há ainda que considerar o facto de não existir nenhum produto semelhante no mercado, sendo esta solução algo novo que criaria um nicho de mercado, que se poderia desenvolver.

1.4 Objetivos do projeto e estrutura da dissertação

O projeto terá, então, como objetivos:

- Estudar a oferta do mercado relativamente a motocultivadores e escolher o modelo que servirá de base

para o projeto de adaptação;

- Efetuar o projeto mecânico, selecionando os atuadores necessários e modelando os seus suportes;
- Estabelecer os requisitos e as funcionalidades do sistema de controlo.

Este trabalho encontra-se dividido em seis capítulos, incluindo o presente de Introdução, onde se abordou a questão dos incêndios florestais no país e os métodos e equipamentos de silvicultura empregados. Os dois capítulos seguintes abordam temas que giram em torno do modelo base para o projeto de adaptação.

No capítulo dois procede-se à escolha deste modelo, discutindo a opção entre motoenxadas e motocultivadores, quais as alfaías de interesse a acoplar à máquina base para tratamento florestal e, por fim, a escolha do modelo específico. No capítulo 3 estuda-se o modelo escolhido, no que toca ao seu modo de funcionamento e às suas características a automatizar.

Nos dois capítulos seguintes é desenvolvido o projeto de adaptação. O capítulo quatro expõe o projeto mecânico, onde são escolhidos os componentes de atuação mecânica e modelados os seus suportes para acoplagem ao modelo base, os quais irão permitir a automatização das suas funcionalidades. No capítulo cinco procede-se ao desenvolvimento do projeto eletrónico do sistema de controlo remoto, resultando nos esquemas eletrónicos dos recetor e transmissor e nos conceitos base para codificação do sistema de controlo.

Por fim, no capítulo seis abordam-se as principais conclusões do trabalho e perspetivas de trabalhos futuros.

2 Escolha do modelo de base para o projeto

2.1 Motoenxadas vs motocultivadores

Pensando, em termos das operações, na área da agricultura, é bastante fácil encontrar-se um paralelismo forte entre esta área e a área silvícola. Afinal de contas, pode-se recorrer, na lavoura, a métodos manuais, utilizando foices, enxadas, forquilha e outras alfaia de complexidade variável, através do emprego de força humana ou animal, ou a métodos mecânicos, recorrendo a tratores com atrelados específicos e mecanismos próprios mais ou menos automatizados. Num ponto intermédio situam-se as motoenxadas e os motocultivadores, cuja utilização poderá ser considerada como um método motomanual.

Estas máquinas, representadas na Figura 5, são bastante práticas em utilizações agrícolas, dado que, apesar de não serem pequenas/leves, conseguem ser de relativamente fácil transporte, principalmente quando comparadas a tratores com atrelados, e também porque permitem a acoplagem de diversas alfaia, sendo, assim, possível executar diversas operações. Neste último aspeto deve-se referir, porém, que para as motoenxadas há uma menor diversidade de alfaia que podem ser utilizadas. Como se pode observar na Figura 5a, consegue-se, meramente, rodar o eixo da fresa representada, limitando, assim, o tipo de alfaia que se podem utilizar.



(a) Exemplo de motoenxada.



(b) Exemplo de motocultivador.

Figura 5: Máquinas agrícolas de interesse [19].

Por outro lado, há ainda que referir um aspeto extremamente relevante e que foi determinante para a opção de um motocultivador, em detrimento de uma motoenxada, como ponto de partida para o projeto a desenvolver, que se prende no guiamento da máquina. Nos motocultivadores verifica-se a existência de um sistema de guiamento e locomoção independente do funcionamento da alfaia, ao contrário do sucedido com as motoenxadas. De facto, numa motoenxada, havendo uma fresa, ou outra alfaia, acoplada, terá que ser o operador a impelir a máquina em frente ou trás, o que não só resulta em mais elevados esforços e desconforto para este, como dificulta o projeto de um sistema de controlo remoto. Caso se optasse por modificar uma motoenxada, ter-se-ia que desenvolver todo um sistema de locomoção adicional. Ora, após uma pequeníssima reflexão, é possível perceber que optando por um motocultivador se elimina essa dificuldade de projeto. Foi,

portanto, essa a opção, sendo, no entanto, ainda necessário decidir qual o modelo específico de motocultivador a usar como ponto de partida para a modificação.

2.2 Alfaias de interesse florestal

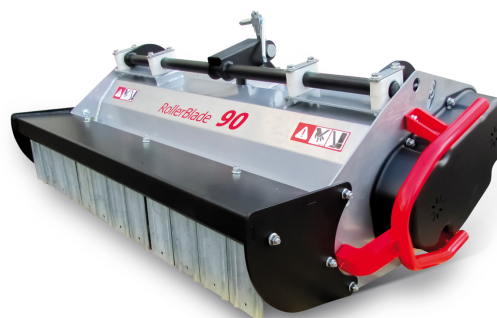
Antes, porém, de averiguar quanto ao motocultivador a considerar, revela-se necessário fazer um levantamento das alfaías existentes, para uso conjunto com um motocultivador, que se poderão empregar na limpeza florestal. Como anteriormente referido, a gama de alfaías é variadíssima, podendo-se agrupá-las em três grupos distintos consoante a sua função.

As mais utilizadas estão associadas ao processo de lavoura e, portanto, a sua principal característica é efetuarem o movimento da terra; aqui podem-se referir as fresas, charruas, abre-regos, etc. As que são de maior interesse para a temática em causa distinguem-se por serem ferramentas de corte: corte de erva e limpeza de mato. Aqui destacam-se as alfaías representadas na Figura 6, havendo outras cuja utilização se adequa mais à limpeza e manutenção de jardins e parques, por resultarem na obtenção de um relvado mais ou menos curto e nivelado.

Na Figura 6a pode-se observar uma destroçadora *Bladerunner*, a qual atua com facilidade no corte de variada vegetação não muito densa, como arbustos e restos de poda, depositando no terreno e ao longo da largura de corte os restos da operação, uniformemente [20]. Mais interessante ainda é a destroçadora *Rollerblade*, observável na Figura 6b, mais adequada à manutenção intensiva de matas florestais, com uma certa versatilidade para terrenos inclinados. Esta alfaia é capaz de triturar silvas, arbustos, ervas daninhas e restos de poda, sendo a deposição dos restos efetuada de igual forma ao sucedido com *Bladerunner* [21]. Por fim, a trituradora de erva, representada na Figura 6c, será, porventura, a alfaia com menor interesse, mas ainda assim não completamente inútil, sendo utilizada em zonas de arbustos para o corte de vegetação mais rasteira, revelando, ainda, a faculdade de regular a altura de corte [22].



(a) Destroçadora Bladerunner [20].



(b) Destroçadora Rollerblade [21].

Figura 6: Alfaias para manutenção de terrenos florestais.



(c) Trituradora de erva [22].

Figura 6: Alfaias para manutenção de terrenos florestais (cont.).

Visando a completude, dever-se-á, ainda, referir a área de ação do terceiro grupo de alfaias utilizadas com motocultivadores. Estas últimas singularizam-se pelo seu carácter complementar, tendo como função maior a limpeza e a manutenção. Nelas incluem-se as varredoras, para a limpeza geral de estradas e calçadas, e limpa neves, que poderão, também, limpar areia e cascalho.

2.3 Estudo da oferta de motocultivadores

A escolha do modelo de motocultivador a servir de base para o projeto de adaptação baseou-se numa procura nacional, ou seja, foram apenas considerados modelos presentes no mercado português e que fossem de fácil aquisição por qualquer indivíduo. Assim, começou-se por pesquisar a oferta em lojas de bricolage e construção de grande superfície presentes em diversas zonas do território português, sendo a Leroy Merlin a única com oferta de motocultivadores. A segunda fase de procura incidu em lojas de venda de material e maquinaria agrícola, as quais, como seria de esperar, apresentaram um maior número de modelos, mais versáteis e de maior relevância para o projeto em mãos.

Mesmo assim, há que explicar a razão pela qual os motocultivadores encontrados inicialmente não foram considerados como sendo viáveis. Nas Figuras 7 e 8 encontram-se representados dois motocultivadores possíveis de adquirir em lojas Leroy Merlin, e cujas características tomadas mais em conta se indicam nas Tabelas 2 e 3. O motocultivador MCCULLOCH MRT6 foi imediatamente posto de parte pelo simples facto de não permitir a acoplagem de diversas alfaias - a fresa com que está instalado é-lhe inseparável.

Quanto ao motocultivador ASHICO MF360 196CC, apesar de permitir a acoplagem de diferentes alfaias, tem como modo de arranque um mecanismo manual, o que revela um obstáculo ao desenvolvimento do sistema de controlo remoto, impondo a escolha de uma bateria e adaptação do método de arranque. Assim, a fase seguinte de procura teve em especial atenção o modo de arranque e a possibilidade de utilização de múltiplas alfaias.



Figura 7: Motocultivador MCCULLOCH MRT6 [23].

Tabela 2: Características relevantes do motocultivador MCCULLOCH MRT6 [23].

Número de velocidades para a frente	1
Número de velocidades marcha-atrás	1
Modo de arranque	Manual
Potência [kW]	4.8
Tipo de fresa	Monobloco



Figura 8: Motocultivador ASHICO MF360 196CC [24].

Tabela 3: Características relevantes do motocultivador ASHICO MF360 196CC [24].

Número de velocidades para a frente	2
Número de velocidades marcha-atrás	2
Modo de arranque	Manual
Potência [kW]	4.23
Tipo de fresa	Separável

Os motocultivadores que despoletaram maior interesse são representados e caracterizados nas Figuras 9 e 10 e nas Tabelas 4 e 5. Ambos permitem a utilização de diferentes alfaia e têm um modo de arranque elétrico. A distinção entre estas duas máquinas terá, então, que ser feita considerando as suas restantes características. Por observação das tabelas referidas, verifica-se que o motocultivador SG MTC 01135 DAE tem um maior número de velocidades, em ambos os sentidos de marcha, mas o motocultivador GROWAY D1000R possui uma mais elevada potência. Ora, como este projeto visa a utilização de motocultivadores em áreas de declive significativamente acentuado, a velocidade a que se move não se assume como uma prioridade, mas sim a sua capacidade de efetuar a própria locomoção em tais terrenos, aspeto em que este último modelo se revela mais promissor.

Um outro fator que determinou a escolha do motocultivador GROWAY D1000R como modelo base para o projeto de adaptação foi o seu preço, inferior ao do motocultivador SG MTC 01135 DAE.

Uma vez escolhido o motocultivador de maior interesse, torna-se necessário fazer um levantamento de todas as suas funcionalidades, de atuação manual, que deverão ser automatizadas.



Figura 9: Motocultivador SG MTC 01135 DAE [19].

Tabela 4: Características relevantes do motocultivador SG MTC 01135 DAE [19].

Número de velocidades para a frente	4
Número de velocidades marcha-atrás	3
Modo de arranque	Elétrico
Potência [kW]	6.71
Tipo de fresa	Separável
Preço [€]	2746.70



Figura 10: Motocultivador GROWAY D1000R [25].

Tabela 5: Características relevantes do motocultivador GROWAY D1000R [25].

Número de velocidades para a frente	3
Número de velocidades marcha-atrás	2
Modo de arranque	Elétrico
Potência [kW]	7.3
Tipo de fresa	Separável
Preço [€]	1949.00

3 Análise de manípulos e planeamento do projeto de adaptação para controlo remoto

Por forma a automatizar o funcionamento do motocultivador, ter-se-á que fazer um levantamento de todos os manípulos e manetes existentes, quais as suas funcionalidades, e que terão de ser adaptados para o controlo remoto. Destes, como se verá mais à frente, nem todos terão que ser considerados no projeto de controlo remoto, uma vez que intervêm, apenas, na estrutura do motocultivador e não no seu funcionamento.

A análise dos manípulos dividir-se-á em dois blocos, dada a sua localização relativa — manípulos no guiador e manípulos no corpo. Há, também, que ter em conta outros dois fatores nesta fase de planeamento do projeto — guiamento da máquina à distância, ou seja, como serão efetuadas as mudanças de direção, e subida/descida em altas pendentes.

3.1 Funcionalidades no guiador

Na Figura 11 é possível observar as várias manetes existentes no guiador do motocultivador escolhido. A sua análise assenta na determinação das suas funcionalidades — em que circunstâncias são utilizadas e de que forma é que o seu acionamento se traduz no comportamento do motocultivador — e do(s) movimento(s) a efetuar na sua utilização. Com tal análise, pode-se, então, passar ao projeto de automatização das manetes necessárias. Formulou-se a Tabela 6 com as informações reunidas.

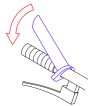
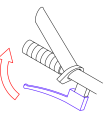
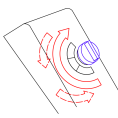
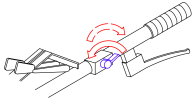
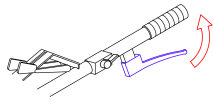
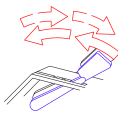
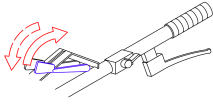


Figura 11: Guiador do motocultivador GROWAY D1000R [25].

Iniciando a análise pelo arranque do motor, encontra-se o manípulo C (índice atribuído na Tabela 6), chave que permite o arranque do motor por método elétrico. Esta apresenta três posições: *Off*, na qual se encontra antes de utilização e na qual deverá sempre ficar após utilização, de forma a não consumir bateria; *Start*, posição que se deverá manter durante alguns segundos para executar o arranque do motor, transitando de seguida para a posição *On*, a qual será mantida durante todo o funcionamento do motocultivador, até se o desligar.

Ainda relativamente ao arranque da máquina, é necessário ter em conta o manípulo D, acelerador do motor, que deverá ser rodado um pouco antes de se proceder ao arranque (por posicionamento da chave em *Start*), sendo que apenas se retorna para a posição mínima no fim da utilização do motocultivador, estrangulando a bomba ligada ao motor, desligando-o.

Tabela 6: Manípulos no guiador: suas funcionalidades e acionamentos.

Índice	Manípulos	Funcionalidade	Movimento de acionamento
A		Manete de emergência — apenas é possível o movimento do motocultivador e da alfaia com ela acionada.	
B		Manete de paragem — o seu acionamento interrompe a transmissão de movimento ao eixo das rodas e à alfaia.	
C		Chave de arranque — executa o arranque, elétrico, do motor; apresenta três posições.	
D		Acelerador do motor.	
E		Manete para regulação da coluna do motocultivador — o seu acionamento permite alterar a posição do guiador por rotação da coluna.	
F		Alavanca de marcha — impõe o sentido de marcha do motocultivador; apresenta três posições.	
G		Alavanca de diferencial — permite o bloqueio/desbloqueio do diferencial.	

Uma vez estando o motor em funcionamento e o motocultivador pronto a ser utilizado, depara-se com as manetes A e B. Para se iniciar a transmissão de movimento a rodas e alfaia é necessário acionar estas manetes segundo uma ordem específica: acionar B, de seguida, e simultaneamente, A e por fim soltar B. Uma vez em movimento ter-se-á que manter a manete A premida, sendo que a sua libertação se traduz no completo interrompimento do funcionamento do motocultivador, apenas não desligando motor e bateria, e obrigando a uma nova execução da sequência B-A-B̄. A manete B atua de forma semelhante, suspendendo, de igual forma, o funcionamento do motocultivador; porém, esta interrupção é meramente momentânea e, uma vez solta esta manete, retoma-se o funcionamento interrompido.

O sentido de marcha do motocultivador é regulado pela alavanca F, com duas posições extremas e uma intermédia. A posição em que se encontra na Figura 11 corresponde à de marcha em frente; encontrando-se no outro extremo corresponderia à posição de marcha atrás. A posição intermédia corresponde a ponto morto, não havendo, portanto, movimento do motocultivador, podendo a alfaia, porém, estar em funcionamento. Deve-se referir, ainda, que a alteração de posição desta alavanca só deverá ser feita estando a manete B premida.

A alavanca G está envolvida na mudança de direção da marcha. Estando na posição em que se encontra representada na Figura 11, o diferencial das rodas encontra-se desbloqueado e, como tal, a mudança de direção é facilitada; caso esteja na posição oposta, o diferencial encontrar-se-ia bloqueado, sendo qualquer mudança de direção bastante dificultada, o que permite a movimentação do motocultivador segundo uma trajetória quase retilínea. Esta faceta torna-se importante nos casos de subida e descida das pendentes elevadas, nas quais este tipo de trajetória retilínea se torna mais desejada.

Por fim, a manete E não está envolvida em nenhum aspeto de funcionamento do motocultivador (quanto ao movimento e à alfaia), sendo utilizada para regular a orientação da coluna relativamente ao resto do corpo da máquina, para melhor posicionamento do operador aquando da operação.

3.2 Funcionalidades no corpo

Os restantes manípulos encontram-se instalados na coluna do motocultivador, afastados do guiador mas, como seria de esperar, facilmente alcançáveis pelo operador. São representados na Figura 12, segundo uma perspetiva de cima. Destes três manípulos, o menos relevante ao funcionamento da máquina é o do meio, o qual permite o ajuste da altura da coluna do motocultivador, para um maior conforto e controlo do operador. Contrariamente a esta, as outras duas alavancas são de extrema importância para qualquer operação.



Figura 12: Alavancas do motocultivador GROWAY D1000R, instaladas na coluna [25].

A alavanca da direita diz respeito à locomoção do motocultivador, ou seja, define as velocidades de

movimento. A Figura 13a dá uma melhor percepção do seu posicionamento e de que forma o operador interage com ela. Esta interação consiste no posicionamento da alavanca em diferentes posições correspondentes às velocidades do motocultivador, segundo os limites visíveis na Figura 13b. Aqui verifica-se a existência de cinco posições diferentes, sendo a mudança entre estas feita segundo um percurso em *zig-zag*, de forma a dificultar mudanças indesejáveis de posição. As posições identificadas com um número correspondem, naturalmente, às três velocidades possíveis, ao passo que as duas posições com o identificador N correspondem a ponto morto, havendo, assim, em cada alteração da velocidade uma passagem obrigatória por esta situação de imobilização.



(a) Perspetiva lateral da alavanca de mudanças de velocidade.



(b) Posições, e percurso entre si, da alavanca de mudanças de velocidade.

Figura 13: Pormenores da alavanca de mudanças de velocidade do motocultivador GROWAY D1000R [25].

A última alavanca a analisar, a mais à direita da Figura 12 é relativa à alfaia. A Figura 14 permite uma melhor percepção da sua estrutura. O seu uso determina a transmissão, ou a interrupção desta, de movimento ao eixo da alfaia, apresentando, portanto duas posições — uma com uma inclinação no sentido do guiador, estado em que se encontra na Figura 14, em que não há transmissão de movimento à alfaia; a outra, de inclinação no sentido oposto, na qual já se assegura o funcionamento da alfaia. Ao contrário do ocorrido com a alavanca das velocidades, para se alterar a posição desta alavanca é necessário manter premeida a manete B, do guiador.



(a) Perspetiva lateral da alavanca da alfaia.



(b) Perspetiva aproximada da alavanca da alfaia.

Figura 14: Alavanca da alfaia do motocultivador GROWAY D1000R [25].

3.3 Considerações para a adaptação para controlo remoto

Uma vez efetuada a análise dos manípulos do motocultivador, é, então, possível fazer-se um levantamento daquelas que são inteiramente necessárias para o seu normal funcionamento e que deverão ser consideradas no projeto de adaptação para controlo remoto. Facilmente se chega à conclusão de que quer a manete E do guiador, quer a alavanca média do corpo não interferem no funcionamento do motocultivador, por apenas estarem envolvidas no posicionamento da sua coluna, não sendo, portanto, consideradas no projeto. Também a chave de arranque não será alvo de adaptação, por apenas efetuar o arranque do motor, não se traduzindo no imediato funcionamento do motocultivador, em termos de locomoção e trabalho da alfaia. De resto, todos os manípulos serão considerados neste projeto de adaptação para controlo remoto.

Outro ponto de grande importância para o projeto é a questão de guiamento. Em situação normal é o operador que efetua a mudança de direção, exercendo o próprio, no guiador, a força necessária para tal. Em condições de controlo remoto não há, assim, forma de guiar o motocultivador. Será, então, necessário modificar o motocultivador no sentido de permitir tal guiamento. Há ainda a considerar o facto de se pretender que estas máquinas trabalhem em áreas de declive acentuado, para o qual elas não se encontram adaptadas, tornando-se essencial acrescentar-lhe um mecanismo que permita a sua utilização em tais condições, recorrendo, por exemplo, a um guincho que facilite as subidas/descidas.

Antes, porém, de se proceder ao desenvolvimento deste projeto importa definir o modo em que as adaptações serão acrescentadas. O que se propõe a desenvolver é um sistema que seja de fácil integração na máquina já existente e que permita, sem desacoplar, a utilização do motocultivador em modo manual. Pretende-se, também, que seja o mais barato possível, de cerca de 25-40% do valor do motocultivador, uma vez que será uma adição, e que seja de fácil utilização, não sendo necessária nenhuma aprendizagem especializada, isto é, podendo ser usado por qualquer indivíduo.

4 Projeto mecânico

O desenvolvimento do sistema, em termos mecânicos, consistiu, primeiramente, na escolha dos atuadores que iriam permitir efetuar, automaticamente, os movimentos normalmente realizados pelo operador e, de seguida, na modelação concetual dos seus suportes para integração no modelo de motocultivador escolhido. Para cada manípulo a automatizar verificou-se qual o tipo de movimento(s) a que está normalmente sujeito, se linear, se rotacional, escolhendo o atuador que melhor o(s) efetua, tendo em atenção a força capaz de exercer, assim como o curso disponível.

Antes, porém, de se poder escolher os componentes, todos de accionamento elétrico, é necessário verificar qual a fonte de energia que os irá alimentar. A ideia inicial, seguindo o interesse anteriormente referido de minimizar os custos, foi a de utilizar a bateria já instalada no motocultivador. Na Figura 15 representa-se uma bateria tipo, utilizada neste motocultivador, e na Tabela 7 expõem-se os dados relevantes ao projeto. Assim, sabe-se que os atuadores a pesquisar deverão ter uma tensão nominal de 12V e, no fim, poder-se-á calcular a duração da bateria com base na sua capacidade e nas necessidades dos componentes escolhidos.



Tabela 7: Características da bateria do motocultivador.

Tensão nominal [VDC]	12
Corrente de arranque a frio [A]	340
Capacidade [Ah]	40

Figura 15: Exemplo de bateria usada no motocultivador [26].

Quanto à força/binário que cada atuador deverá ser capaz de exercer, apenas através de testagens é que seria possível saber os valores adequados a cada manípulo do motocultivador. A sua medição poderia ser efetuada com recurso a células de carga, obtendo valores fidedignos, permitindo uma escolha acertada dos atuadores. No entanto, não foi possível encontrar dados relativos a tais medições, nem efetua-las. A solução que se encontrou para contornar este obstáculo na obtenção de dados tão importantes para o projeto a desenvolver foi a utilização de uma balança vertical, como a representada na Figura 16, normalmente utilizada na medição da massa de bagagens, não correspondendo, portanto, a um método muito preciso mas que poderá servir de base para a escolha dos componentes a utilizar, recorrendo a coeficientes de segurança. Esta balança tem como limites as cargas mínima de 10 g e máxima de 50 kg. Uma outra solução ponderada passaria pelo cálculo das forças das molas utilizadas nos sistemas de ligação dos vários manípulos ao motocultivador; porém, nem todos estes revelam a presença de molas, veja-se, por exemplo, o caso das alavancas e velocidade e da alfaia, para além do facto de não haver informação específica quanto ao modelo e dimensões das molas utilizadas.



Figura 16: Balança vertical utilizada na medição e cálculo das forças a exercer nos diversos manípulos do motocultivador.

Um outro obstáculo à correta determinação das forças em questão prende-se no facto de não ter sido possível o acesso ao modelo de motocultivador escolhido, tendo todas as medições sido efetuadas em modelos semelhantes. Esta impossibilidade revelou-se, também, um obstáculo à medição das dimensões do motocultivador, daí que os sistemas de acoplamento modelados serem meramente concetuais.

Há, ainda, que atender à questão do controlo destes atuadores, o qual atenderá não só à sua direção e velocidade mas também à sua posição, o que torna necessário, na sua maioria, a escolha de atuadores com *encoders*.

4.1 Escolha dos componentes mecânicos

4.1.1 Alavancas de velocidade e alfaia

As alavancas representadas nas Figuras 13 e 14 apresentam acionamentos muito semelhantes. Ambas apresentam várias posições fixas — a de velocidade apresenta 5 e a de alfaia 2 — sendo que a alternância entre elas se efetua exercendo uma força linear nos manípulos a elas ligados. Na alavanca de velocidade há a particularidade do movimento de *zig-zag*, no entanto, este nada mais é do que dois movimentos lineares perpendiculares e intercalados entre si, sendo o que dita as posições (1-N-2-N-3) paralelo ao da alavanca de alfaia e de igual força de mobilização.

Tabela 8: Medições da força necessária para acionar as alavancas.

Medição	Massa [kg]	Peso [N]
1 ^a	6.60	64.75
2 ^a	7.21	70.73
3 ^a	6.85	67.20
4 ^a	7.02	68.87
5 ^a	7.32	71.81
Média	7.00	68.67

Na Tabela 8 apresentam-se os valores medidos com a balança vertical referida na mudança de velocidade, segundo a direção paralela à de acionamento da alfaia, e respetivo peso. Devido a todas as imprecisões associadas às medições, aplicou-se um coeficiente de segurança de valor igual a 5, obtendo-se, então, o valor $F = N \cdot F_g = 5 \cdot 68.67 = 343.35$ N. Quanto ao movimento lateral da alavanca de velocidade, verificou-se que esta se encontrava livre segundo tal direção e que se movia facilmente aplicando uma carga reduzida, correspondente a cerca de 0.5 kg.

Assim, optou-se pela utilização de dois atuadores lineares eléctricos para o acionamento da alavanca de alfaia e da de velocidade, segundo a mesma direção, e, dado o curso e a carga necessária serem reduzidos, de um solenóide para o movimento lateral da alavanca de velocidade.

Nas Figuras 17 e 18 representam-se os modelos escolhidos de atuador linear e solenóide, respetivamente, e nas Tabelas 9 e 10 indicam-se as suas características mais relevantes. O atuador linear escolhido tem a particularidade de possuir um *encoder*, dado que se pretende com ele controlar posições específicas.



Figura 17: Atuador linear com *encoder* de posição – SA-120-CH [27].

Tabela 9: Características do atuador linear SA-120-CH [27].

Tensão [VDC]	12
Corrente sem carga [A]	1.5
Corrente com carga máxima [A]	4
Força [N]	529.74
Curso [mm]	152.4
Massa [kg]	1.27
Preço [€]	114.03

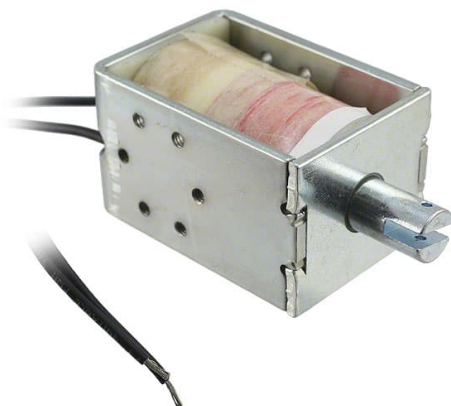


Figura 18: Solenóide Pontiac Coil Inc. F0461A [28].

Tabela 10: Características do solenóide Pontiac Coil Inc. F0461A [28] [29].

Tensão [VDC]	12
Corrente [A]	1.1
Força [N]	58.96
Curso [mm]	31.75
Preço[€]	29.22

4.1.2 Manetes e manípulos do guiador

Os manípulos no guiador, ao serem acionados, apresentam todos o mesmo tipo de movimento — rotacional segundo um único plano. Assim, decidiu-se que a automatização dos cinco manípulos de interesse no guiador seria alcançada recorrendo a motores, aplicados segundo o seu eixo de rotação. Nas Tabelas 11, 12, 13 e 14 apresentam-se as medições efetuadas, assim como os resultados dos cálculos de peso e binário equivalentes; note-se que no cálculo do binário os valores utilizados para o braço foram, respetivamente, $d_{emergencia} = 175$ mm, $d_{paragem} = 145$ mm, $d_{acelerador} = 65$ mm, $d_{marcha} = 90$ mm, valores estes obtidos por medição da distância entre o ponto de teste e o eixo de rotação dos manípulos.

Tabela 11: Medições da força necessária para acionar a manete de emergência.

Medição	Massa [kg]	Peso [N]	Binário [N·m]
1 ^a	1.71	16.78	2.94
2 ^a	1.78	17.46	3.06
3 ^a	1.67	16.38	2.87
4 ^a	1.80	17.66	3.09
5 ^a	1.76	17.27	3.02
Média	1.74	17.11	2.99

Tabela 12: Medições da força necessária para acionar a manete de paragem.

Medição	Massa [kg]	Peso [N]	Binário [N·m]
1 ^a	2.73	26.78	3.88
2 ^a	2.00	19.62	2.84
3 ^a	2.70	26.49	3.84
4 ^a	3.01	29.53	4.28
5 ^a	2.19	21.48	3.12
Média	2.526	24.78	3.59

Tabela 13: Medições da força necessária para acionar o acelerador.

Medição	Massa [kg]	Peso [N]	Binário [N·m]
1 ^a	1.65	16.19	1.05
2 ^a	1.85	18.15	1.18
3 ^a	1.76	17.27	1.12
4 ^a	1.75	17.17	1.12
5 ^a	1.92	18.84	1.22
Média	1.79	17.52	1.14

Tabela 14: Medições da força necessária para acionar a alavanca de marcha/diferencial.

Medição	Massa [kg]	Peso [N]	Binário [N·m]
1 ^a	2.13	20.90	1.88
2 ^a	2.04	20.01	1.80
3 ^a	1.89	18.54	1.67
4 ^a	2.26	22.17	2.00
5 ^a	1.91	18.74	1.69
Média	2.05	20.07	1.81

Como as medições destes valores foram de mais fácil execução do que no caso anterior, os valores utilizados para os coeficientes de segurança foram $N = 2$ para as manetes de emergência e de paragem, obtendo os respetivos binários, $\tau_{emergencia} = 5.99 \text{ N·m}$ e $\tau_{paragem} = 7.19 \text{ N·m}$, e $N = 3$ para o acelerador e para a alavanca de marcha/diferencial, obtendo-se $\tau_{acelerador} = 3.42 \text{ N·m}$ e $\tau_{marcha} = 5.43 \text{ N·m}$.

Como os valores são todos relativamente próximos, optou-se pelo mesmo modelo de motor para os cinco manípulos, o qual apresenta *encoder*, por, mais uma vez, ser necessário controlar a posição de cada um deles. Na Figura 19 representa-se o modelo escolhido, estando as suas características de interesse na Tabela 15.

Como exceção a este uniformismo na automatização do guiador, surge a alavanca de marcha, a qual, apesar de ser acionada de forma bastante semelhante à dos restantes manípulos considerados nesta secção, apresenta um pequeno desvio, a meio da sua rotação, como é perceptível na Figura 20. Assim, dever-se-á acrescentar ao sistema de automatização um componente que efetue tal translação, tendo-se optado, pelas mesmas razões que no caso da alavanca de velocidade, pela utilização de um solenóide. O modelo escolhido

foi, porém, diferente do anterior, por não ser necessário um curso tão longo. A Figura 21 e a Tabela 16 apresentam-no.



Figura 19: 5202 Series Yellow Jacket Planetary Gear Motor [30].

Tabela 15: 5202 Series Yellow Jacket Planetary Gear Motor — Características [30].

Tensão [VDC]	12
Corrente sem carga [A]	0.25
Corrente com carga máxima [A]	9.2
Binário [N·m]	13.06
Velocidade máxima [rpm]	60
Massa [g]	456
Preço [€]	33.78



Figura 20: Desvio na rotação de acionamento da alavanca de marcha [25].

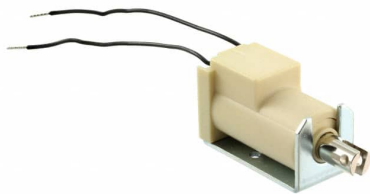


Figura 21: Solenóide DSOL-0844-12 [31].

Tabela 16: Características do solenóide DSOL-0844-12 [31].

Tensão [VDC]	12
Corrente [A]	1.55
Força [N]	6.67
Curso [mm]	12.70
Massa [g]	95.25
Preço [€]	14.09

A adição deste componente irá, como se verificará mais à frente na secção referente à modelação concetual, acrescentar esforços ao motor utilizado na mobilização da alavanca de marcha. Assim, convém assegurar que este motor apresenta a capacidade para os sustentar. Na Figura 22 encontra-se representada esquematicamente a situação em causa, correspondendo o ponto O à posição da haste do motor e estando a força $F = m_{\text{solenóide}} \cdot g$ aplicada no mesmo ponto onde se efectuaram as medições da Tabela 14, ou seja, 90 mm.

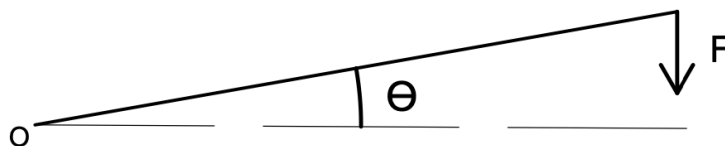


Figura 22: Esforço adicional provocado pelo solenóide.

O valor do momento em O causado pela força F será, então, dado por $M_O = 8.41 \cdot 10^{-2} \cdot \sin \theta$. Este valor será máximo para $\theta = 0$, o que na realidade nunca acontecerá, obtendo-se $M_O = 8.41 \cdot 10^{-2}$ N·m, valor este que provoca um aumento muito reduzido do binário previamente determinado para a mobilização da alavanca de marcha e, como tal, não põe em causa o funcionamento do motor escolhido.

4.1.3 Guincho

Como foi já referido, para que o motocultivador possa trabalhar em altas pendentes irá necessitar de um mecanismo que facilite a sua locomoção nestas condições, tendo-se, então, optado pela utilização de um guincho. Este terá que ser capaz de mover a massa de 118 kg do motocultivador e a velocidade do motor terá que estar sincronizada com a velocidade do próprio motocultivador.

Apesar de a oferta de guinchos com uma capacidade de carga igual ou superior à requerida ser vasta, a maior parte possui uma unidade de controlo associada, a qual não é de fácil adaptação a outro sistema, sendo que o seu acionamento é feito a pouca distância ou, caso disponha de um sistema de controlo remoto, com um comando pré-existente e que não permite a sincronização de velocidades das duas máquinas. Os

valores das três velocidades do motocultivador, conforme indicado no catálogo, são:

$$v = \begin{Bmatrix} 1.5 \\ 3.0 \\ 4.5 \end{Bmatrix} \text{ [km/h]}$$

Tendo em conta que o diâmetro das rodas é $\phi_{rodas} = 10'' = 0.254 \text{ m}$, então obtém-se:

$$v = \begin{Bmatrix} 1.5 \\ 3.0 \\ 4.5 \end{Bmatrix} \text{ [km/h]} = \begin{Bmatrix} 25 \\ 50 \\ 75 \end{Bmatrix} \text{ [m/min]} \approx \begin{Bmatrix} 31.330 \\ 62.659 \\ 93.989 \end{Bmatrix} \text{ [rpm]}$$

Escolheu-se, então, o guincho representado na Figura 23, o qual é capaz de suportar até 907 kg e apresenta uma unidade de controlo possível de desacoplar, permitindo a integração do motor do guincho na unidade de controlo a desenvolver. Na Tabela 17 apresentam-se outras características de interesse.



Figura 23: Guincho *Warrior Ninja 2000lb 12v Steel Cable* [32].

Tabela 17: Características do guincho *Warrior Ninja 2000lb 12v Steel Cable* [32].

Tensão [VDC]	12
Corrente sem carga [A]	12
Corrente com carga máxima [A]	90
Carga máxima [kg]	907
Massa [kg]	6.8
Preço [€]	66.93

4.1.4 Mudança de direção

A opção mais comum para a mudança de direção, em projetos de controlo remoto de veículos, consiste na imobilização de uma das rodas, agindo esta, portanto, por tração, como centro de rotação do sistema.

No entanto, tais casos apresentam a particularidade de possuir motores diferentes para cada roda, havendo acionamento de ambos em simultâneo aquando de uma trajetória retilínea e interrompendo o funcionamento de um deles quando se pretende mudar de direção. Como, no projeto em mãos, se transmite rotação às rodas através do mesmo motor, tal solução não é viável.

Porém, o que se torna viável é a interrupção de transmissão de movimento no eixo de ligação do motor à roda, recorrendo a freios eletromagnéticos. Estes dispositivos, no seu estado normal (não ligados a fonte elétrica), não interferem no movimento de rotação do semi-eixo em que estão instalados, mas, ao serem energizados, provocam a sua imobilização.

Assim, ao adaptar-se o veio de ligação de cada roda ao motor, de forma a que, entre estes dois componentes do motocultivador, se inclua um freio eletromagnético, pode-se, então, regular a transmissão de rotação às rodas, interrompendo-a quando necessário. De referir, contudo, que, como se pretende que a situação normal de funcionamento corresponda à transmissão, simultânea, de movimento do motor às rodas, estes freios não estarão ligados à fonte de energia eléctrica, sendo as situações de fornecimento de energia pontuais e de curta duração.

Na escolha do modelo a usar, dever-se-á ter em conta a velocidade de rotação máxima e o binário do motor, do motocultivador. Os dados do motor, fornecidos no catálogo, apresentam-se na Tabela 18.

Tabela 18: Dados técnicos do motor do motocultivador [33].

Motor	Cilindrada [cm ³]	Potência [kW]	Velocidade [rpm]
Kama	456	7.4	3000

A partir destes dados, é possível calcular o binário do motor,

$$\tau = \frac{P}{\omega} = \frac{P \cdot 60}{2\pi \cdot RPM} = \frac{7400 \cdot 60}{2\pi \cdot 3000} = 23.55 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Na Figura 24 representa-se o modelo escolhido, cujas características são apresentadas na Tabela 19.



Figura 24: Freio eletromagnético DZD2-40 [34].

Tabela 19: Características do freio eletromagnético DZD2-40 [34].

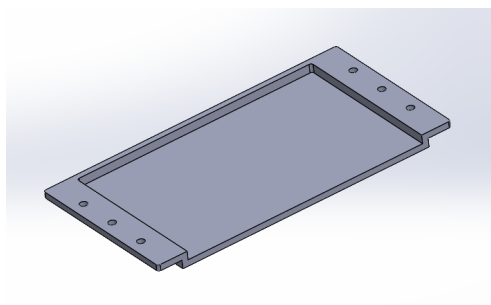
Tensão [VDC]	12
Corrente [A]	2.08
Binário [N·m]	40
Velocidade máxima [rpm]	3500
Preço [€]	38.28

4.2 Modelação concetual

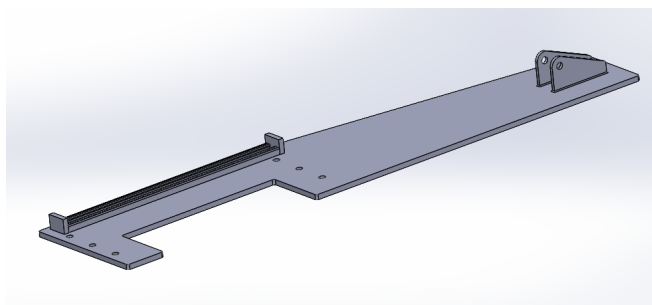
4.2.1 Mudança de velocidade

Como foi admitido, a movimentação da alavanca de velocidade será feita segundo duas direções perpendiculares, faseadamente, com recurso a um atuador linear e a um solenóide. No entanto, há que ter em conta que apesar de apenas existirem duas direções de movimento, os eixos segundo estes são efetuados variam. Enquanto que o atuador linear irá atuar unicamente segundo um eixo, o solenóide terá que atuar segundo três eixos paralelos. Como estes três eixos correspondem a três das cinco posições assumidas pelo atuador linear, então decidiu-se que este estaria implicado no movimento da alavanca e do solenóide, permitindo o alinhamento deste último nas três posições requeridas.

A ligação do atuador linear ao motocultivador será efetuada através de dois suportes fixados na plataforma da Figura 13b por aperto com recurso a parafusos. Na Figura 25 apresentam-se estes dois suportes, um inferior — Figura 25a — que permitirá o alinhamento com a referida plataforma, e um superior — Figura 25b — que permitirá a fixação do atuador linear e que apresenta uma calha para o deslizamento do solenóide. O suporte superior apresenta ainda a particularidade de um recorte, para que seja possível o acionamento da alavanca.



(a) Suporte inferior para alinhamento.



(b) Suporte superior para fixação do atuador.

Figura 25: Placas de ligação do atuador linear e do solenóide ao motocultivador.

A ligação do solenóide ao atuador linear será efetuada por duas pequenas placas, com ressaltos para a sua fixação e um, novamente, um recorte que permita o movimento lateral da alavanca. Na ligação desta ao solenóide utiliza-se um eixo de aperto, através de um único furo, de forma a permitir pequenas inclinações da alavanca aquando do seu acionamento. As placas de ligação do solenóide podem, ainda, ser ligadas a rodas, para melhor suporte e alinhamento no suporte. Todas estas características são visíveis na Figura 26.

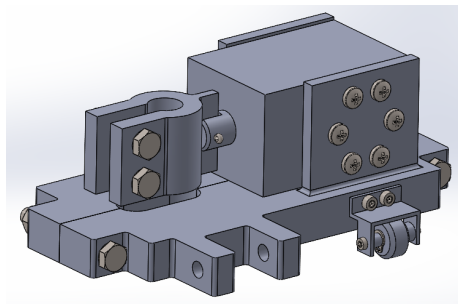
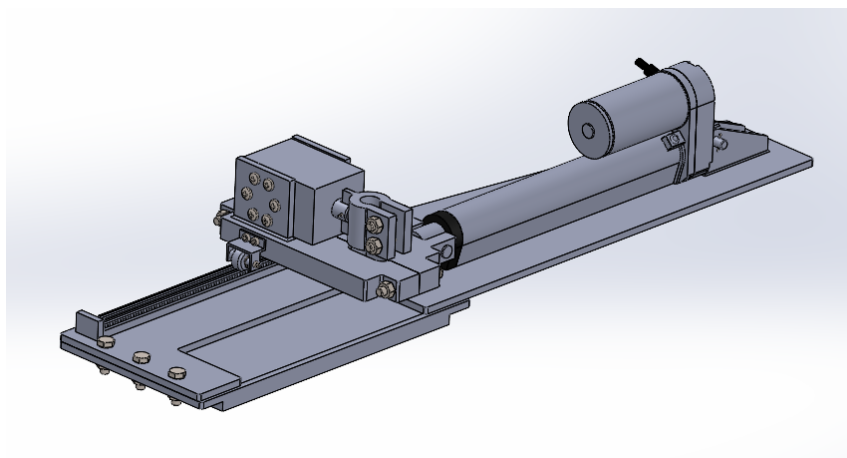
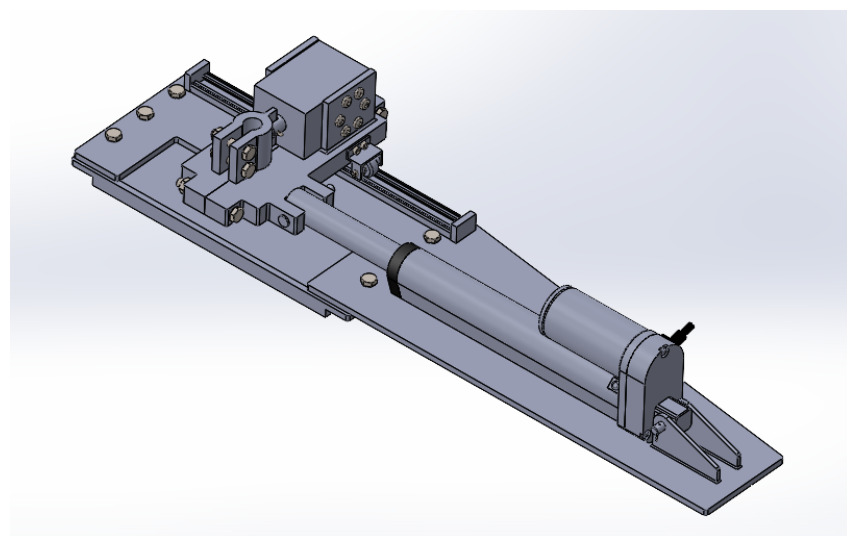


Figura 26: Solenóide fixo nas placas de ligação ao atuador linear e com peça de acoplagem à alavanca.

A Figura 27 apresenta o sistema de automatização da mudança de velocidades, com todas as partes referidas acopladas, em duas posições distintas.



(a) Posição inicial.



(b) Atuador acionado.

Figura 27: Sistema de automatização da mudança de velocidades.

No caso de não se pretender utilizar a solução automatizada, isto é, querendo utilizar o motocultivador manualmente e não remotamente, seria, apenas, remover o pino que faz a ligação entre o atuador e o suporte do solenóide, dado que não seria possível mover o atuador sem este ser acionado eletricamente.

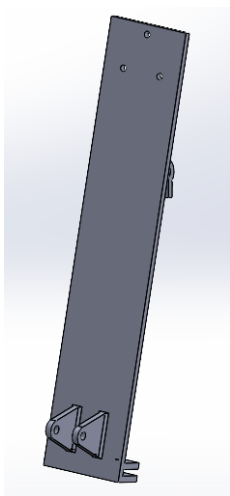
4.2.2 Ativação da alfaia

Tal como no caso anterior, o motocultivador apresenta uma plataforma que poderia servir de ligação ao atuador linear a utilizar no acionamento da alfaia. No entanto, numa situação em que se pretendesse a utilização manual desta máquina, o atuador ficaria numa posição pouco segura, principalmente pelo facto de, na ativação da alfaia, haver um retrocesso do seu curso, ao contrário do sucedido anteriormente — ao ser desacoplado da alavanca, ficaria solto de tal forma que interferiria com o desempenho do motocultivador.

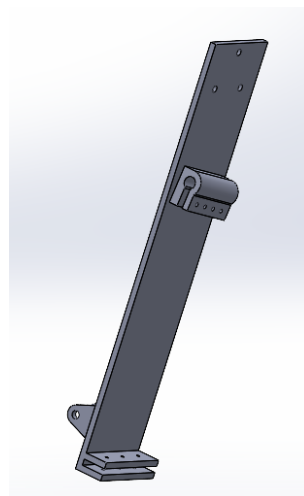
Assim, desenvolveu-se um suporte que permitiria fixar o atuador, durante as utilizações manuais. Este suporte seria fixado ao motocultivador nas zonas indicadas na Figura 28c, mais uma vez, por aperto das saliências representadas na Figura 28b.

A ligação do atuador ao suporte será feita com recurso a uma placa intermédia, para que seja possível posicioná-lo segundo duas formas distintas, correspondentes aos dois modos de utilização do motocultivador. Esta dualidade de posicionamento é assegurada por três furos no suporte, que, por a placa intermédia apenas ter dois furos, ditarão o posicionamento do atuador, como é possível verificar na Figura 29.

A ligação da alfaia ao atuador é realizada por um eixo de aperto bastante semelhante ao utilizado na ligação do solenóide à alavanca de velocidade.



(a) Pontos de ligação ao atuador linear.

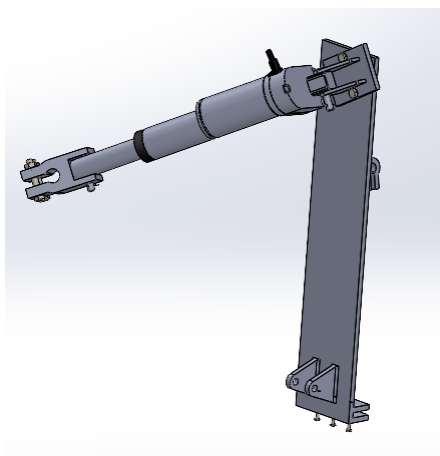


(b) Fixação ao motocultivador.

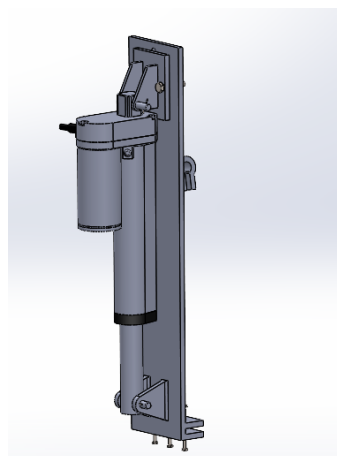


(c) Zonas de ligação no motocultivador.

Figura 28: Placa de ligação ao motocultivador.



(a) Modo de controlo remoto — atuador ligado à alavanca de alfaia.



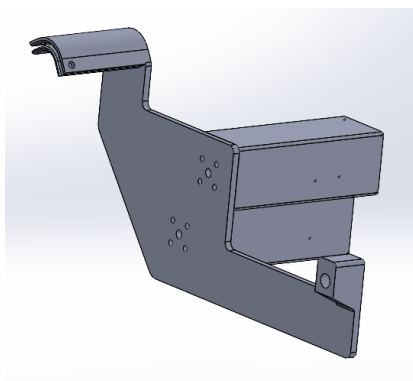
(b) Modo manual — atuador ligado ao suporte.

Figura 29: Sistema de automatização da ativação da alfaia.

4.2.3 Guiador

No guiador o desenvolvimento do sistema de automatização dividiu-se em dois — um para acionamento das manetes de emergência e de paragem, à esquerda, e outro para o acionamento das alavancas do diferencial e de marcha e do acelerador, à direita — por se encontrarem afastados.

Começando pelo caso das manetes, o suporte desenvolvido, representado na Figura 30a, apoiar-se-á na extremidade do guiador e na ranhura do suporte da chave de arranque, conforme indicado na Figura 30b. A sua fixação será novamente por aperto. As extensões paralelepípedicas visíveis no suporte são caixas que albergaram os motores escolhidos para o acionamento das manetes, os quais são posicionados segundo o eixo de rotação das manetes. Na Figura 31 é possível observar uma destas caixas, em corte, com um motor no seu interior.



(a) Suporte dos motores e de ligação ao motocultivador.



(b) Zonas de fixação do suporte no motocultivador.

Figura 30: Ligação do sistema de automatização das manetes ao motocultivador.

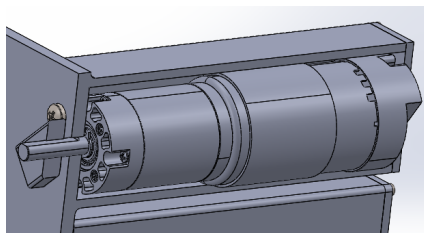
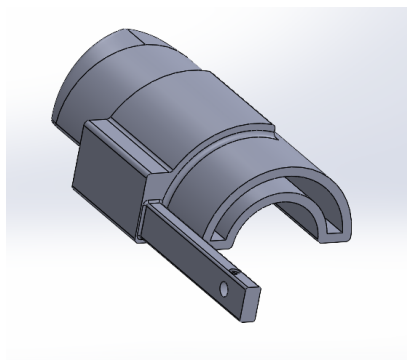
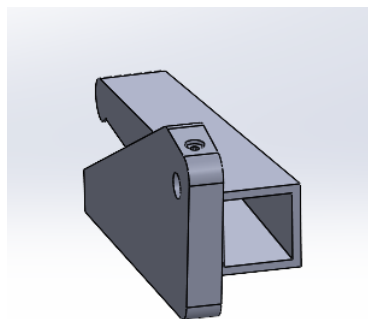


Figura 31: Motor de acionamento de uma manete, fixo no suporte — vista em corte.

A mobilização das manetes é efetuada por intermédio de umas mangas rígidas, nas quais seriam inseridas, sendo, depois, ligadas à haste do motor correspondente. Estas peças de ligação encontram-se representadas na Figura 32.



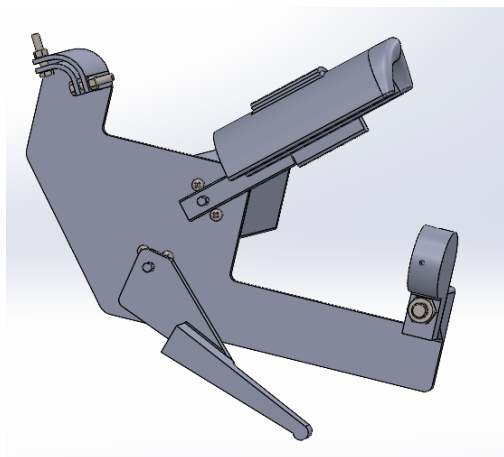
(a) Manete de emergência.



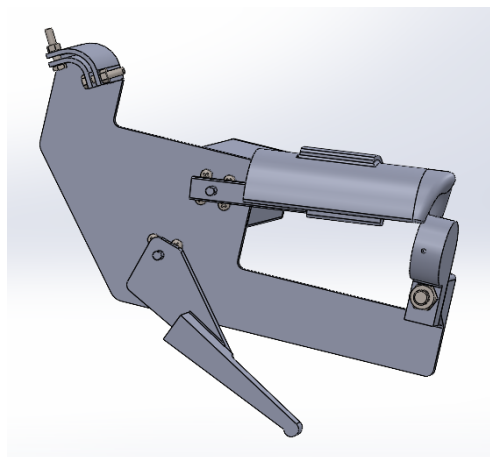
(b) Manete de paragem.

Figura 32: Peças de ligação e mobilização das manetes.

O sistema de automatização das manetes do guiador esquerdo é observável, no seu conjunto, na Figura 33, segundo todos os estados possíveis de acionamento das manetes. A Tabela 20 indica a posição de cada manete para cada estado — 0: manete livre, 1: manete acionada.

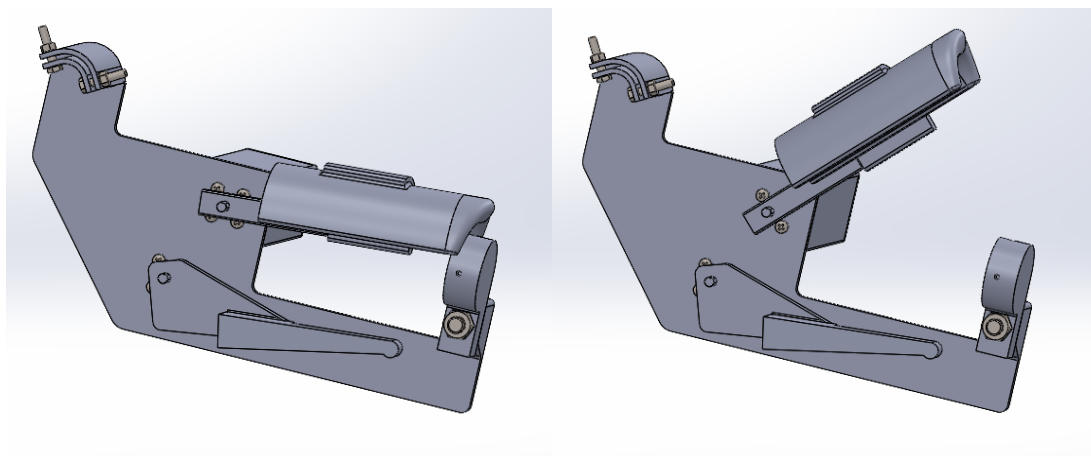


(a) Estado 1.



(b) Estado 2.

Figura 33: Sistema de automatização das manetes de emergência e de paragem — estados de acionamento.



(c) Estado 3.

(d) Estado 4.

Figura 33: Sistema de automatização das manetes de emergência e de paragem — estados de acionamento. (cont.)

Tabela 20: Valor lógico do acionamento das manetes em cada estado.

Estado	Emergência	Paragem
1	0	0
2	1	0
3	1	1
4	0	1

Quanto ao lado direito do guiador, o suporte desenvolvido para a automatização dos seus manípulos segue uma linha de pensamento semelhante. No entanto, como não será considerada a automatização da manete de regulação da coluna, um dos pontos de fixação não necessita de ser o extremo do guiador. Igualmente, a estrutura correspondente ao suporte da chave de arranque não poderá ser utilizada na mesma zona dado interferir com o movimento das alavancas de marcha e de diferencial, passando-se a utilizar um ponto mais próximo da coluna do motocultivador. A Figura 34b indica estas zonas de fixação do suporte desenvolvido, sendo este visível na Figura 34a.

Também a peça de ligação do acelerador ao motor que o mobilizará se revela semelhante às peças desenvolvidas para ligação das manetes de emergência e paragem. A Figura 35a apresenta esta peça de ligação, que consiste numa manga onde se insere o acelerador e que o fará acompanhar o seu movimento de rotação. Em contrapartida, as peças de ligação das alavancas do guiador não apresentarão apenas um orifício para encaixe do manípulo, dado estas serem muito compridas e não ser necessário envolver toda a sua extensão. Assim, a ligação da alavanca do diferencial será executada, na realidade, por duas peças aparafusadas, conforme representado na Figura 35b, permitindo a transmissão de rotação em ambos sentidos.

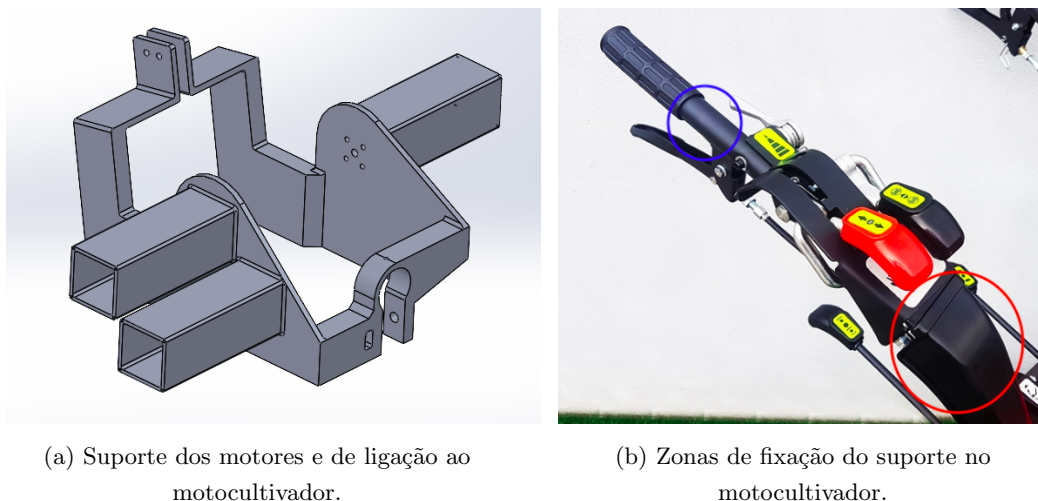


Figura 34: Ligação do sistema de automatização do lado direito do guiador ao motocultivador.

As peças de ligação da alavanca de marcha são praticamente iguais às da de diferencial, com o acrescento de uma estrutura deslizante que será ligada ao solenóide e permitirá o pequeno desvio a meio da rotação da alavanca. Também as dimensões das outras peças são diferentes das anteriores, de forma a poderem albergar tal estrutura e permitir o seu deslize, para além de furos que permitam a ligação do suporte do solenóide. Na Figura 36 representam-se as peças de ligação da alavanca de marcha, antes e após ligação ao solenóide.

Na Figura 37 representa-se o sistema de automatização dos manípulos do lado direito do guiador, com todas as peças conectadas. Nas Figuras de 38 a 40 apresentam-se as posições deste sistema consoante as diversas posições dos manípulos, a alcançar durante o controlo remoto.

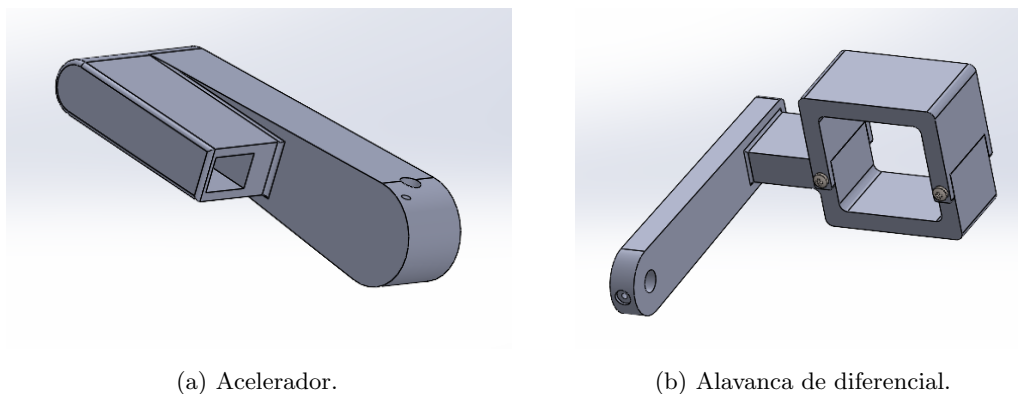
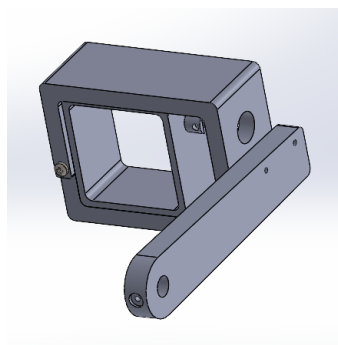
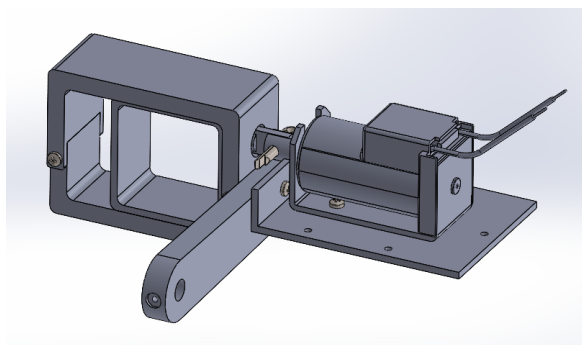


Figura 35: Peças de ligação e mobilização do acelerador e da alavanca de diferencial.



(a) Peças de ligação ao motor e solenóide.



(b) Ligação ao solenóide

Figura 36: Peças de ligação e mobilização da alavanca de marcha.

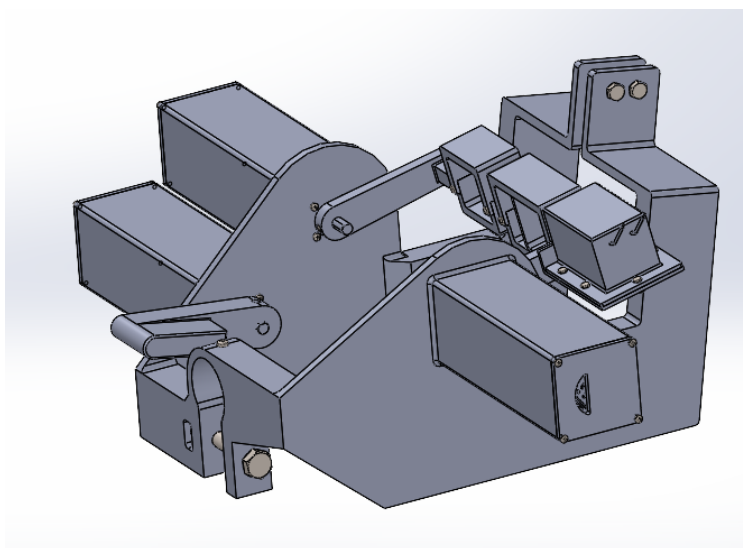
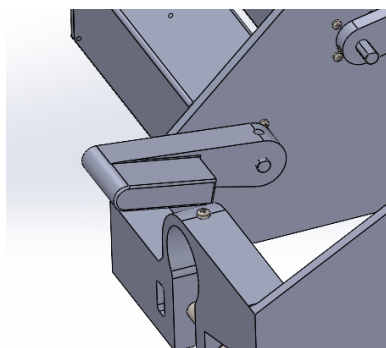
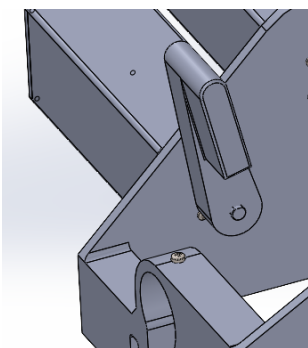


Figura 37: Sistema de automatização do acelerador e das alavancas de diferencial e de marcha.

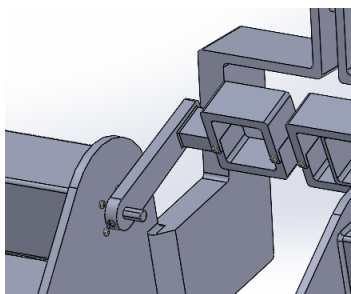


(a) Limite mínimo.

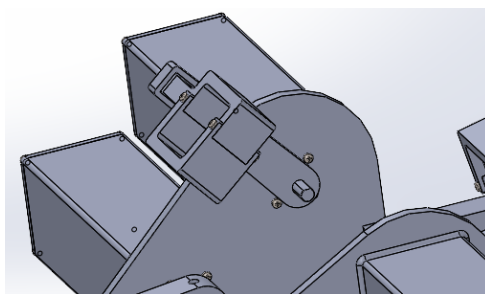


(b) Limite máximo.

Figura 38: Limites de posição do acelerador.

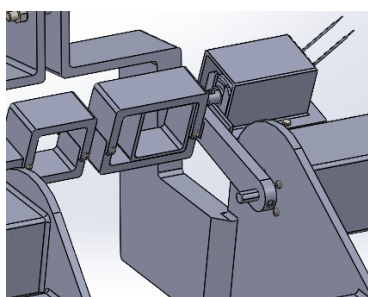


(a) Diferencial desbloqueado.

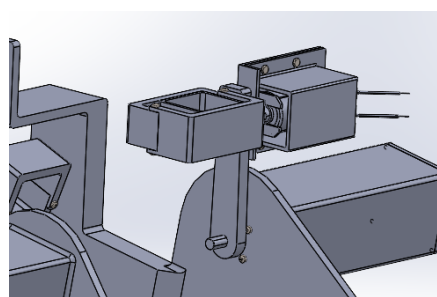


(b) Diferencial bloqueado.

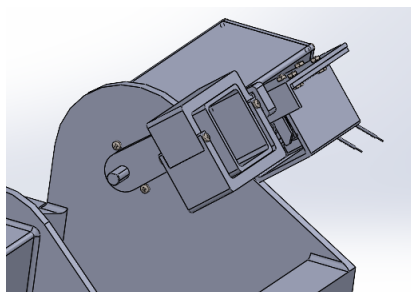
Figura 39: Posições da alavanca de diferencial



(a) Marcha à frente.



(b) Ponto morto.



(c) Marcha atrás.

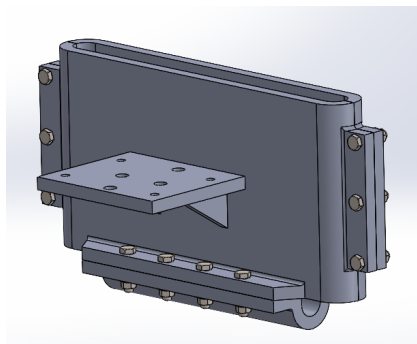
Figura 40: Posições da alavanca de marcha

Deve-se referir que, ao contrário do sucedido com os atuadores lineares, os motores utilizados neste sistema, assim como o solenóide, não recebendo energia eléctrica, encontram-se livres, o que permite que, numa situação de utilização manual do motocultivador, não seja necessária nenhuma alteração aos dois sistemas aqui expostos.

4.2.4 Guincho

Para se acoplar o guincho, considerou-se que a melhor zona do motocultivador seria o seu pára-choques frontal, visível na Figura 41b, por aparentar ser de fácil acoplamento e, pela função desempenhada, rígido e seguro o suficiente. O suporte desenvolvido consiste em duas peças que encaixam na estrutura do pára-choques lateralmente e por baixo, sendo fixadas por aperto, conforme representado na Figura 41a.

O modelo de guincho escolhido possui uma estrutura de ligação própria, por intermédio da placa representada na Figura 42b. Assim, a plataforma do suporte foi modelada de forma a permitir a ligação a tal placa, como é observável na Figura 42a.

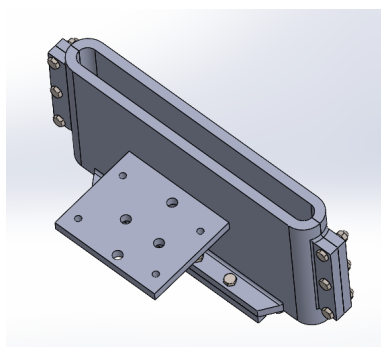


(a) Suporte do guincho.



(b) Pára-choques do motocultivador —
Ligação a guincho [25].

Figura 41: Suporte do guincho e ligação ao motocultivador.



(a) Plataforma do suporte para ligação ao
guincho.



(b) Placa de ligação do guincho [32].

Figura 42: Estrutura de ligação ao guincho.

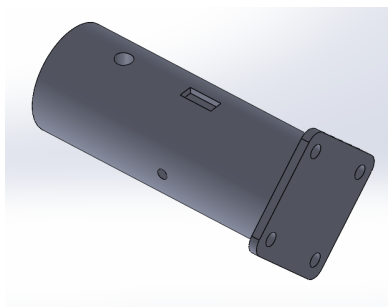
4.2.5 Ligação motor-rodas

A modelação do novo eixo das rodas, para acoplagem dos freios eletromagnéticos, encontrou um obstáculo até agora evitado, que foi o de não se ter obtido imagens ilustrativas do veio de ligação das rodas. Assim, o modelo concebido teve por base características que se verificaram em diversos outros modelos de motocultivadores.

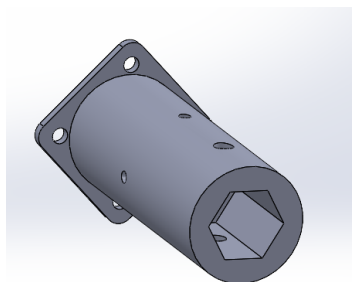
A transmissão de rotação é efetuada por um furo no veio, como o observável na Figura 43b, para ligação ao motor, a qual é fixa por um pino. A outra extremidade do veio termina numa placa rectangular, a qual serve de ligação à roda por aparafusamento, também observável na Figura 43. Este veio apresenta, ainda, um escatel e dois furos roscados para ligação ao freio eletromagnético, por intermédio de uma outra peça, como representado na Figura 44. Para que este veio possa passar pelo furo do freio, de diâmetro de 62 mm, procurou-se utilizar um diâmetro não muito inferior, 60 mm. De forma a permitir todas as ligações necessárias, o comprimento final do veio é de 160 mm.

Para fixação da parte não rotativa do freio eletromagnético, modelou-se um suporte que será fixo por aperto na extensão da estrutura do motocultivador, segundo o eixo de rotação, como representado na Figura 45.

Na Figura 46 representa-se o conjunto das peças modeladas. Em situação normal, efetua-se a transmissão de rotação ao veio e, conseqüentemente, à respetiva roda, sendo que a peça intermédia e a parte móvel do freio eletromagnético acompanham tal movimento. Acionando-se, eletricamente, o freio, a parte móvel deste aproximar-se-á da parte fixa, imobilizando-se. Esta imobilização será, simultaneamente, imposta à peça intermédia e ao veio, resultando na imobilização da roda. Ao voltar à situação normal, com o freio desacionado, a mola obriga ao retorno da parte móvel do freio à sua posição original, permitindo, novamente, a transmissão de rotação à roda.

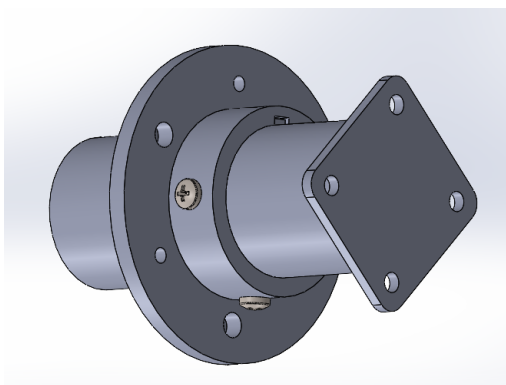


(a) Escatel de ligação ao freio.

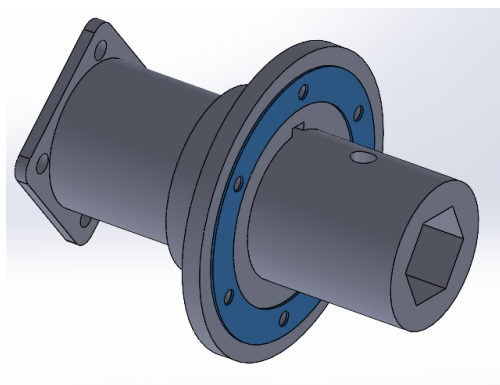


(b) Furo de ligação ao motor.

Figura 43: Veio para transmissão de rotação às rodas.



(a) Ligação da peça intermédia ao veio.



(b) Ligação da peça intermédia à mola (a azul) do freio.

Figura 44: Ligação ao freio eletromagnético através de uma peça intermédia.

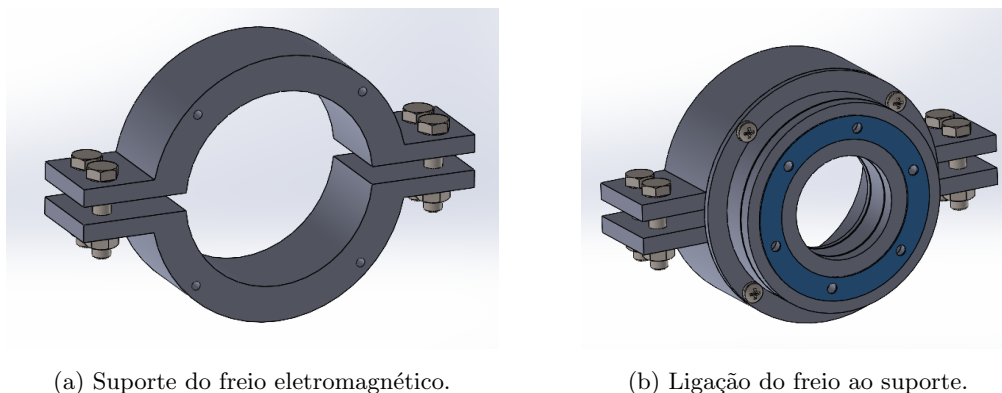


Figura 45: Fixação do freio eletromagnético.

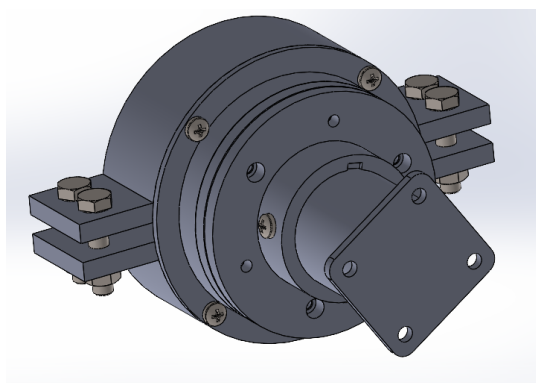


Figura 46: Conjunto veio-freio.

No fim deste documento encontram-se anexados os desenhos de conjunto dos sistemas de automatização desenvolvidos e expostos nesta secção.

4.3 Materiais

Após a modelação das várias peças que farão a ligação dos atuadores ao motocultivador, resta a questão do material em que estas serão fabricadas. As zonas mais críticas, isto é, as que estarão sujeitas a maiores esforços correspondem aos eixos das rodas, dado que estes terão que sustentar o peso do motocultivador e dos novos componentes adicionados, e ao suporte do guincho, durante a utilização em declives acentuados. Na Figura 47 representa-se esquematicamente a primeira situação — viga simplesmente apoiada, por poder existir rotação nas extremidades e pelo facto de as deformações se verificarem, essencialmente, segundo o eixo vertical —, sendo M a massa coletiva do novo sistema, calculada na Tabela 21 — note-se que, como não se encontrou informação quanto à massa do solenóide utilizado para automatização da alavanca de velocidade, a massa deste foi suposta como o dobro do solenóide aplicado no guiador, daí a quantidade de solenóides ser indicada com um asterisco; igualmente, a massa contabilizada para cada freio corresponde à de um modelo do mesmo tipo, mas de maiores dimensões —, e l o comprimento de cada um dos novos eixos desenvolvidos, anteriormente apresentados (160 mm).

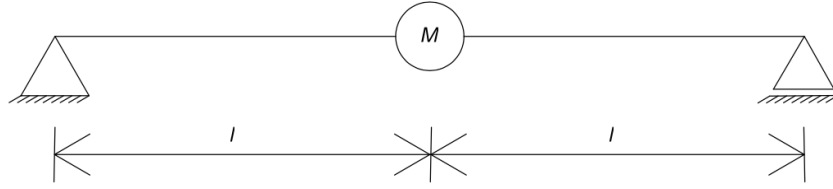


Figura 47: Esquema simplificado dos eixos das rodas — viga simplesmente apoiada.

Tabela 21: Massa total do motocultivador modificado.

Componente	Quantidade	Massa [kg]
Atuador linear	2	1.27
Motor DC	5	0.456
Solenóide	3*	$95.25 \cdot 10^{-3}$
Guincho	1	6.8
Freio eletromagnético	2	5*
Motocultivador	—	118
Total		139.91

Estando-se perante uma situação de flexão, o valor da tensão máxima na secção do eixo de cada roda será dado por,

$$\sigma = \frac{M_{máx}}{W_x}$$

onde $M_{máx}$ é o momento máximo no veio e W_x o módulo de resistência à flexão, tendo-se, para cada um,

$$M_{máx} = \frac{M}{2} \cdot g \cdot l = \frac{139.91}{2} \cdot 9.81 \cdot 0.16 = 109.80 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$W_x = \frac{\pi \cdot \phi^3}{32} = \frac{\pi \cdot 0.060^3}{32} = 21.206 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Assumindo um coeficiente de segurança de 1.5, a tensão obtida será,

$$\sigma = \frac{109.80}{21.206 \cdot 10^{-6}} \cdot 1.5 = 7.77 \text{ MPa}$$

Para o cálculo de esforços no suporte do guincho, aproximou-se este a uma placa retangular de dimensões $b \times h = 0.3 \times 0.2$ [m×m] e espessura de 10 mm. Para este caso, supôs-se uma inclinação de 90° e, novamente, um coeficiente de segurança de 1.5, obtendo-se,

$$M_{máx} = \frac{M}{2} \cdot g \cdot \frac{b}{2} = \frac{139.91}{2} \cdot 9.81 \cdot \frac{0.3}{2} = 102.94 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$W_x = \frac{h \cdot e^2}{6} = \frac{0.2 \cdot 0.01^2}{6} = 3.33 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\sigma = \frac{102.94}{3.33 \cdot 10^{-6}} \cdot 1.5 = 46.37 \text{ MPa}$$

Apesar de este último valor não ser muito elevado, optou-se pelo aço de construção ao carbono St 52-3 U, utilizado em construções soldadas, cujas características se apresentam na Tabela 22. No entanto,

apenas será utilizado nos suportes do guincho, dado que o valor obtido para a outra zona de risco ser bastante inferior. Assim, para os restantes sistemas, optou-se pela utilização de ligas de alumínio, por estarem sujeitos a cargas de menor magnitude e de forma a minimizar o seu peso. Em concreto, escolheu-se a liga 5005, por permitir fácil soldadura, estando as suas características expostas na Tabela 23.

Tabela 22: Características do aço St 52-3 U [35].

Aço	Composição Química			Propriedades Mecânicas ($63 \leq \phi \leq 80$)		
	C (%)	Si (%)	Mn (%)	ReH (MPa)	Rm (MPa)	A (%)
St 52-3 U	0.22	0.55	1.60	325	470-630	20

Tabela 23: Características da liga de alumínio 5005 [36].

Liga de alumínio	Composição Química (percentagem por massa — limites máximos)							
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Al
5005	0.30	0.7	0.20	0.20	0.50-1.1	0.10	0.25	Restante
	Propriedades Mecânicas							
	Rp0,2 (MPa)			Rm (MPa)			A (%)	
	41.4			124.1			20	

4.4 Observações pós-projeto mecânico

Na Tabela 24 expõem-se os preços e consumos máximos de corrente dos componentes escolhidos. Tendo em conta o valor inicial do motocultivador, €1949, verifica-se que, sem contabilização dos elementos eletrónicos, ainda a escolher, e das peças modeladas, o projeto desenvolvido corresponde a cerca de 30%, valor este que, apesar de próximo, se encontra dentro do limite estabelecido de 40%. No entanto, como se irá verificar, os componentes abordados neste capítulo correspondem à despesa maior do projeto.

Tabela 24: Consumo de corrente e preço total dos componentes escolhidos.

Componente	Quantidade	Corrente (máxima) [A]	Preço [€]
Atuador linear	2	4	114.03
Solenóide (velocidade)	1	1.1	29.22
Motor DC	5	9.2	33.78
Solenóide (marcha)	1	1.55	14.09
Guincho	1	90	66.93
Freio eletromagnético	2	2.08	38.28
Total		146.70	583.76

O consumo de energia elétrica, porém, faz surgir algumas reservas, dado o seu elevado valor. Apesar de o motocultivador possuir um alternador, que abastece a bateria durante a sua utilização, não foram encontrados dados a ele relativos, não sendo possível, para já, determinar se o consumo é excessivo ou não. No entanto, há que atender ao facto de alguns dos valores considerados neste cálculos serem muito superiores aos que se verificariam numa situação real. De facto, o valor considerado para o guincho, de 90 A, corresponde

à utilização de uma carga de 907 kg, valor este mais de sete vezes superior à massa do motocultivador. Um caso semelhante verifica-se com os motores DC, utilizados no guiador, cujo valor máximo de corrente se indica como 9.2 A — o que para os cinco corresponde a 46 A. Contudo, este valor reflecte a situação de binário máximo com velocidade nula (*Stall Torque*), o que nunca se sucede, visto que nenhum dos cinco motores utilizados estará sujeito ao seu binário máximo e apenas os utilizados na mobilização das manetes de emergência e de paragem serão solicitados a velocidade nula.

5 Projeto eletrónico e bases do controlo

Para o controlo remoto, decidiu-se utilizar o software Arduino, por permitir a transmissão e receção de sinais por radio-frequência, ser uma opção compacta, especificamente o modelo escolhido — Arduino Nano, representado na Figura 48 — e por permitir, através da linha de código, a especificação de posições, velocidades e direções de atuação dos componentes eletromecânicos escolhidos.

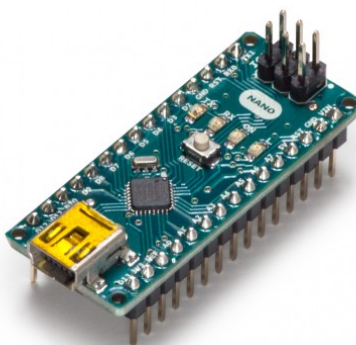


Figura 48: Arduino Nano [37].



**ARDUINO
NANO**

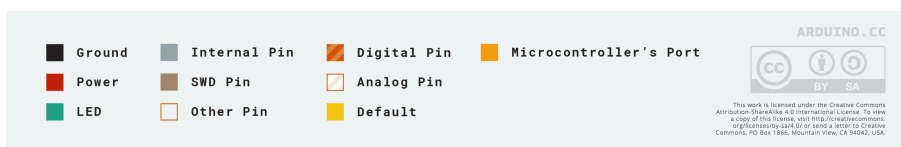
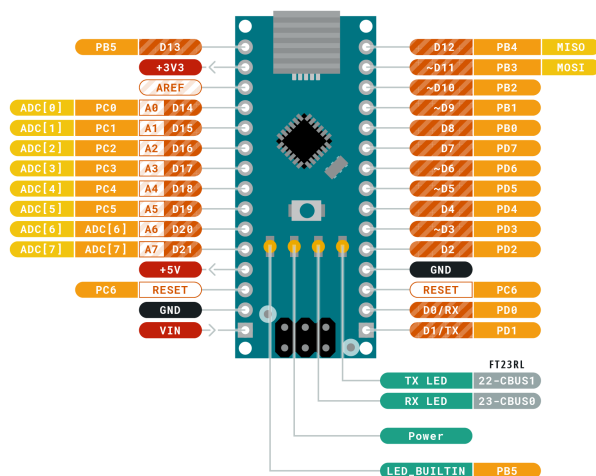
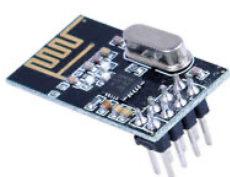


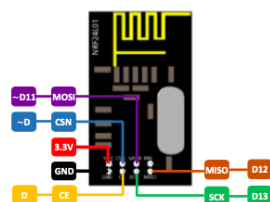
Figura 49: Ligações permitidas num Arduino Nano [37].

Na Figura 49 representam-se os tipos de ligação permitidos nos vários pinos do Arduino Nano, para entrada ou saída. Uma situação que não foi antecipada, foi a utilização de todos estes pinos, no recetor, antes de serem ligados todos os componentes. Tal deveu-se à utilização de vários *encoders*, havendo uma maior utilização de pinos por componente. Assim, no recetor, foram utilizados três Arduinos, cujas ligações serão, mais à frente, expostas.

Para a comunicação transmissor-recetor optou-se pela utilização do módulo nRF24L01, representado, real e esquematicamente com o tipo de ligações ao Arduino, na Figura 50, por ser rápido, barato e permitir a transmissão de sinal até cerca de 100 m (sem antena). Este módulo apresenta a particularidade de funcionar a uma tensão de 3.3V, o que torna necessária a utilização de um regulador de tensão, em conjunto com capacitores para estabilizar o sinal.



(a) Módulo nRF24L01 [38].



(b) Ligações no módulo nRF24L01.

Figura 50: Módulo de comunicação por rádio-frequência nRF24L01.

Na Figura 51 representa-se a ligação do módulo nRF24L01 ao Arduino, para o caso específico do recetor, alimentado pela bateria de 12V — no transmissor, a alimentação é a única diferença, utilizando-se uma fonte de 9V. Utiliza-se, ainda, um interruptor, para que os componentes do recetor apenas sejam alimentados quando se optar pela solução de controlo remoto; também o transmissor está dotado deste interruptor.

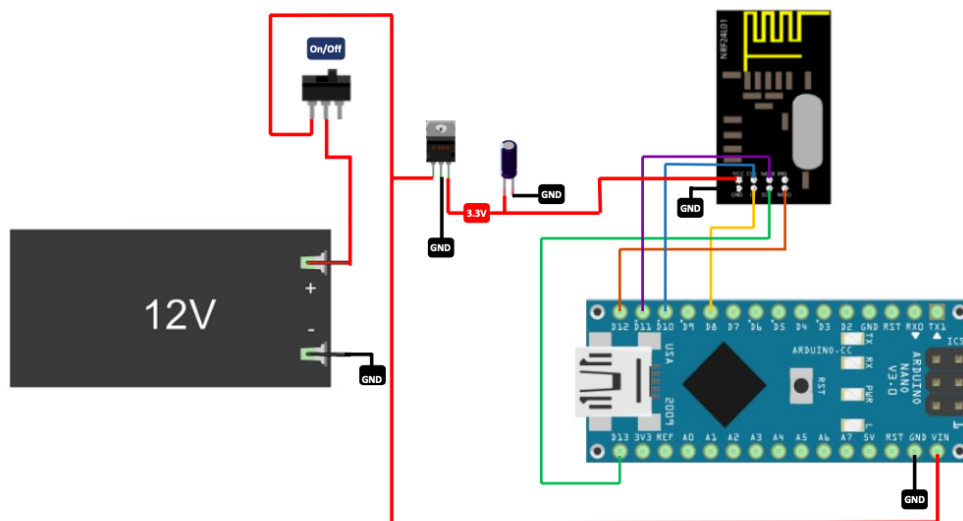


Figura 51: Ligação do módulo nRF24L01 ao Arduino, no recetor.

O preço de cada Arduino Nano é de €20 — utilizando-se quatro neste sistema de controlo, chega-se a uma despesa de €80. Por sua vez os interruptores, reguladores de tensão e capacitores correspondem a uma despesa que não alcança €1, cada um, sendo que apenas se utilizam dois exemplares de cada — um no recetor e outro transmissor. Por fim, o módulo de comunicação nRF24L01 pode ser adquirido por menos de €2, dependendo do website de compra. Assim, o sistema de comunicação corresponderá a uma despesa total de cerca de €90.

De seguida, procede-se à explicação das ligações dos componentes de atuação mecânica à unidade de controlo no recetor, e dos manípulos de interface e respetivas ligações no transmissor. Segue-se a apresentação dos esquemas gerais de ligação aos Arduinos utilizados e os requisitos do código a desenvolver para controlo do sistema de automatização desenvolvido.

5.1 Recetor

5.1.1 Controlo dos atuadores lineares e motores DC

As ligações dos atuadores lineares e dos motores DC processa-se de forma bastante semelhante, visto ambos terem *encoders* integrados para controlo de posição. As Figuras 52 e 53 apresentam os tipos de ligação destes componentes. Os *encoders* são alimentados pelo Arduino (alimentado pela bateria) a 5V e o controlo de posição é efectuado conectando-os a um pinos digital (D) e a um pinos digital com capacidade de modulação da largura de pulso (~D).

O controlo da direção do movimento destes componentes é efectuada com recurso a um módulo de controlo de motores, o módulo L298N, Figura 54a, cujas ligações se representam na Figura 54b. Este módulo permite o controlo de dois motores/atuadores em simultâneo, relativamente às suas velocidades e direções de atuação. Os cabos de alimentação e GND do atuador/motor são-lhe ligados na zona com indicação *Motor A* ou *B*; o controlo de direção será efectuado através dos pinos *IN1* e *IN2*, ligados ao Arduino para controlo digital (D), e o controlo de velocidade através do pino *Enable*, com controlo digital com capacidade de modulação da largura de pulso (~D). Como, neste projeto, apenas se pretende controlar os atuadores e motores quanto à sua posição, não será necessária a conexão dos pinos *Enable*.

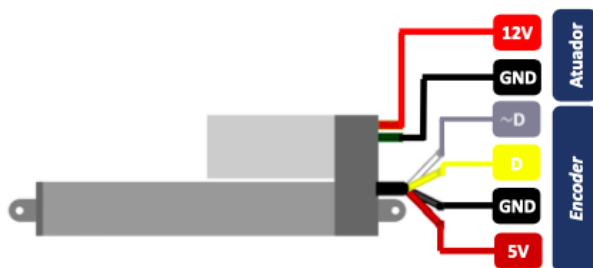


Figura 52: Tipos de ligação do atuador linear e respetivo *encoder*.

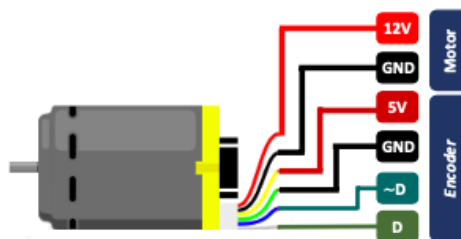
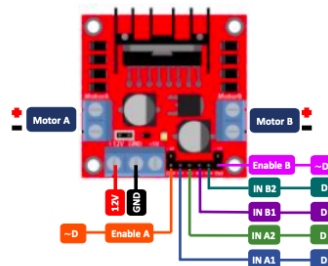


Figura 53: Tipos de ligação do motor DC e respetivo *encoder*.



(a) Módulo L298N [39].



(b) Ligações no módulo L298N.

Figura 54: Módulo de controlo de motores L298N.

5.1.2 Controlo dos solenóides

O controlo dos solenóides, representados esquematicamente na Figura 55, é bastante mais simples que o dos atuadores lineares e motores DC. Este controlo consiste, simplesmente, na conexão, ou interrupção desta, dos solenóides à fonte de alimentação. Tal é alcançado com recurso a um módulo de relé, alimentado a 5V pelo Arduino, dotado de dois contactos, um normalmente aberto (*NA*) e outro normalmente fechado (*NF*) com. Tendo em conta que os solenóides são atuados momentaneamente, utiliza-se o contacto normalmente aberto, ligando a bateria a *NA* e o cabo positivo do solenóide a *Comum*. O controlo posição do contacto será executado pelo Arduino, ao qual o relé se encontra ligado por um pino digital (D). Apesar da representação utilizada para o módulo de relé corresponder a um módulo de um canal, na realidade utiliza-se um de dois, tal como o que se utilizará mais à frente. Empregou-se esta representação pelo facto de, nos esquemas elaborados (Figuras 67 a 70), os solenóides estarem separados.

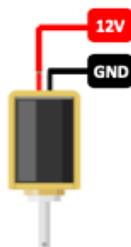


Figura 55: Representação esquemática dos solenóides.



Figura 56: Ligações no relé — solenóides.

5.1.3 Controlo do guincho

O controlo do guincho consiste no controlo da velocidade e direção do seu motor. Assim, será utilizado, tal como anteriormente, o módulo L298N, sendo que, agora, utilizar-se-á o pino de controlo da velocidade *Enable*. Na Figura 57 representa-se esquematicamente o motor do guincho.



Figura 57: Representação esquemática do motor do guincho.

5.1.4 Controlo dos freios eletromagnéticos

Tal como no caso dos solenóides, o funcionamento dos freios eletromagnéticos, representados esquematicamente na Figura 58, consiste no fornecimento, ou corte deste, de energia elétrica. Assim, também se utilizará um relé, agora de dois canais, para controlo da ligação destes componentes à bateria. Também nesta situação, o contacto a utilizar será normalmente aberto, dado os freios serem utilizados para interrupção momentânea da transmissão de movimento às rodas, na mudança de direção, sendo o fornecimento de energia elétrica aos freios, igualmente, momentâneo. O relé a utilizar, representado na Figura 59, possui dois canais, de controlo independente através de dois pinos digitais.

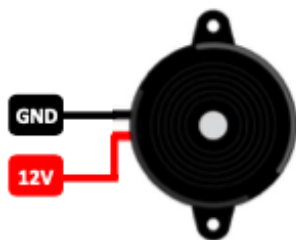
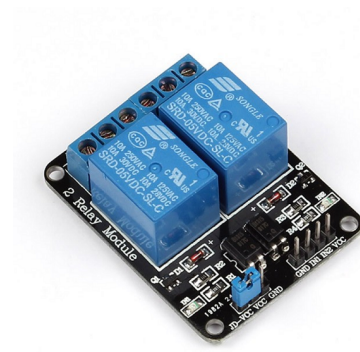
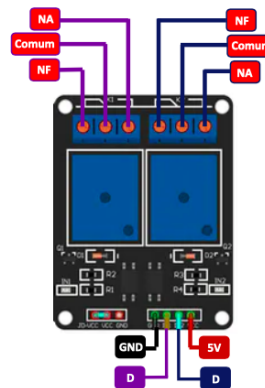


Figura 58: Representação esquemática dos freios eletromagnéticos.



(a) Módulo de relé [40].



(b) Ligações no módulo de relé — freios.

Figura 59: Módulo de relé 5V — 2 canais.

Tal como o módulo de comunicação, os módulos de controlo de motores e de relés podem ser obtidos a diferentes preços. Porém, é possível admitir que o seu preço não ultrapassará os €2.5, obtendo-se um total de €15.

5.2 Transmissor

O transmissor consiste nos manípulos de interface com o operador para controlo remoto do motocultivador. No seu conjunto, estes manípulos terão que permitir:

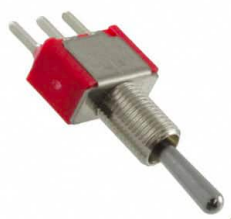
- a seleção da velocidade,
- a ativação da alfaia,

- a seleção do sentido de marcha,
- o bloqueio do diferencial,
- a regulação do acelerador,
- a utilização do guincho,
- a mudança de direção,
- o início do funcionamento do motocultivador,
- a interrupção do funcionamento do motocultivador,
- a paragem do funcionamento do motocultivador.

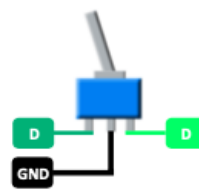
Para a seleção de velocidade e de sentido de marcha, escolheu-se o interruptor de três posições representado na Figura 60a, cujas ligações a realizar se representam esquematicamente na Figura 60b. Cada um destes interruptores estará ligado a dois pinos digitais do Arduino, permitindo a seleção de um de entre três estados — a receção de sinal num dos pinos indica uma posição, a receção noutro indica uma segunda e a inexistência de receção de sinal em ambos indica uma terceira.

Para a ativação da alfaia e do bloqueio de diferencial, optou-se por um interruptor semelhante ao anterior, mas com apenas duas posições, conforme representado na Figura 61. O funcionamento deste interruptor segue os mesmos moldes do de três posições, sendo, porém, ligado a apenas um pino digital do Arduino.

Como a utilização do acelerador não se reflete em posições discretas mas sim numa trajectória contínua, optou-se pela utilização de um potenciómetro, conforme representado na Figura 62. Este, ao contrário do sucedido com os interruptores estará ligado ao Arduino por um pino de entrada analógica (A), devendo estar ligado a uma fonte de energia elétrica.



(a) Interruptor de três posições
100SP3T1B1M2QEH [41].

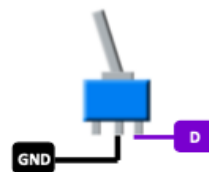


(b) Ligações nos interruptores de três posições.

Figura 60: Interruptor para seleção de velocidade e de sentido de marcha.



(a) Interruptor de duas posições 100SP1T1B4M2QE [42].

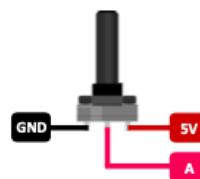


(b) Ligações nos interruptores de duas posições.

Figura 61: Interruptor para ativação de alfaia e bloqueio de diferencial.



(a) Potenciômetro P170S-FC20BR10K [43].



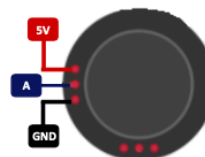
(b) Ligações no potenciômetro.

Figura 62: Potenciômetro para regulação do acelerador.

Para a mudança de direção utiliza-se um *joystick*, que será, tal como no caso do potenciômetro, conectado ao Arduino como entrada analógica, estando também ligado à corrente. Como apenas se pretende, com este manípulo, alterar a direção de movimentação do motocultivador, estando a marcha definida pelo interruptor da Figura 60, apenas um dos eixos do *joystick* estará ligado ao Arduino. Na Figura 63 apresenta-se o *joystick* escolhido e respectivas ligações.



(a) Joystick COM-09032 [44].



(b) Ligações no joystick.

Figura 63: Joystick para mudança de direção.

Nas Figuras 64 e 65 apresentam-se os botões escolhidos para executarem as restantes funções acima listadas, sendo todos eles de atuação momentânea e ligados ao Arduino por um pino digital.



Figura 64: Botões de paragem/emergência e START.



Figura 65: Botões de interrupção de atividade e de ativação do guincho.

Para a alimentação do circuito do transmissor optou-se pela utilização de duas baterias de 4.5V em série, perfazendo 9V, com capacidade de 3000mAh, como a representada na Figura 66. Para cálculos de duração, considerou-se que todos os pinos de entrada/saída do Arduino são utilizados, correspondendo a um consumo de $22 \text{ [pinos]} \cdot 40 \text{ [mA/pino]} = 880 \text{ mA}$, o que corresponde a cerca de 3.4 horas de utilização máxima. Na Tabela 25 expõem-se os custos do transmissor com os componentes escolhidos.

Tabela 25: Preço total dos manípulos escolhidos para o transmissor.

Componente	Quantidade	Preço [€]
Interruptor 3P	2	1.98
Interruptor 2P	2	1.69
Potenciómetro	1	0.86
<i>Joystick</i>	1	3.35
Botão de paragem	1	1.56
Botão START	1	1.61
Botão de interrupção	1	0.16
Botão de guincho	1	0.50
Total		15.38



Figura 66: Bateria de 4.5V a utilizar no transmissor [49].

Assim, pode-se, agora, fazer um levantamento do preço geral do projeto. Com €583.76 do projeto mecânico, €90 do sistema de comunicação, €15 dos componentes eletrónicos do recetor e €15.38 do transmissor obtém-se €704.14, o que corresponde a, aproximadamente, 36.13% do valor do motocultivador escolhido, não se tendo, portanto, ultrapassado o valor limite.

5.3 Requisitos do código

O primeiro requisito a ter em conta ao escrever o código diz respeito à distância entre o transmissor e o recetor. Esta não deverá ser inferior a 10 m, de forma a assegurar a segurança do operador. Enquanto esta não for ultrapassada, a utilização do transmissor não se traduzirá em qualquer ação do recetor. Caso se esteja a meio da utilização do motocultivador e haja aproximação deste, ao ponto de a distância passar a ser inferior a 10m, é acionado o motor de mobilização da manete de emergência, libertando-a e, conseqüentemente, parando o funcionamento do motocultivador.

Após arranque do motor e do distanciamento do operador do motocultivador, os interruptores *on/off* do recetor e do transmissor ligados, poder-se-á utilizar o comando de controlo remoto. O funcionamento do motocultivador é iniciado premindo o botão START, que faz acionar as manetes de emergência e de paragem consoante a sequência estabelecida anteriormente (B-A- $\bar{B}$).

A posição base dos interruptores corresponde às situações de: velocidade 1, marcha à frente, diferencial desbloqueado e alfaia desativada. A utilização do interruptor de velocidade faz alternar as velocidades do motocultivador, não havendo paragem em posições de ponto-morto. Esta situação é assegurada pela posição intermédia do interruptor de marcha. Na mudança de velocidade apenas serão envolvidos o atuador linear e o solenóide do sistema de automatização da seleção de velocidade. O mesmo ocorre com a utilização do interruptor de diferencial — ao escolher se este é bloqueado ou desbloqueado, apenas o motor de mobilização da alavanca de diferencial será acionado. Por sua vez, ao utilizar o interruptor para seleção de marcha, será, primeiro, accionado o motor da manete de paragem e, de seguida, o da alavanca de marcha; uma vez estando esta na posição selecionada, o motor da manete é novamente acionado, de forma a libertá-la. O mesmo acontece com a ativação/desativação da alfaia — antes e depois de o atuador linear de alfaia ser acionado é-o o motor da manete de paragem.

A utilização do *joystick* irá comandar o funcionamento do freio eletromagnético correspondente. Esta correspondência é direta — girando o *joystick* para a esquerda, aciona-se o freio esquerdo, resultando na alteração de direção do motocultivador, também, para a esquerda, e vice-versa. Durante esta mudança

de direção, a alavanca de diferencial deverá estar na posição de desbloqueio.

A rotação do potenciômetro no sentido dos ponteiros do relógio irá acionar o motor de mobilização do acelerador, aumentando a aceleração do motor do motocultivador. Rodando-o no sentido oposto, acontecerá o oposto. Há que ter em conta as inclinações limite do acelerador, de forma a que, quando se alcança o seu valor máximo, a rotação do potenciômetro no sentido dos ponteiros do relógio não se traduza no acionamento do motor, e vice-versa. Deverá, ainda, existir indicação de proximidade ao limite de inclinação mínimo, pois uma vez alcançado o motor do motocultivador desligar-se-á, sendo necessário, para continuação da sua utilização, recorrer à chave de arranque.

Para se iniciar a utilização do guincho, após a sua corda ser esticada e fixa, pressiona-se o botão de guincho, uma vez, e para parar a sua utilização pressiona-se-o mais uma vez. Estando o guincho acionado, este irá apresentar a mesma velocidade e sentido selecionados para o motocultivador, com a particularidade de, em marcha atrás, não existir uma terceira velocidade. Como o modelo de motocultivador escolhido possui três velocidades em marcha à frente e apenas duas em marcha atrás, a selecção da terceira velocidade durante o movimento de marcha atrás é exatamente igual à selecção da segunda velocidade. Para além disto, durante a utilização do guincho, o diferencial das rodas deverá ser bloqueado, de forma a permitir uma trajetória mais retilínea.

O botão de interrupção funciona de forma semelhante à do guincho — pressionando-o uma vez aciona-se o motor de mobilização da manete de paragem; voltando a pressioná-lo, a manete retoma a posição anterior e o motocultivador pode retomar o seu funcionamento.

Ao pressionar o botão de paragem, o motor de mobilização da manete emergência é acionado, parando a utilização desta manete e, conseqüentemente, parando o funcionamento do motocultivador. Daquí, pretendendo-se retomar o seu funcionamento, será necessário pressionar o botão START novamente. Caso a utilização do motocultivador tenha terminado, roda-se o potenciômetro para a sua posição mínima, de forma a desligar o motor. De seguida, desligam-se os interruptores do transmissor e do recetor e move-se a chave de arranque para a posição *off*.

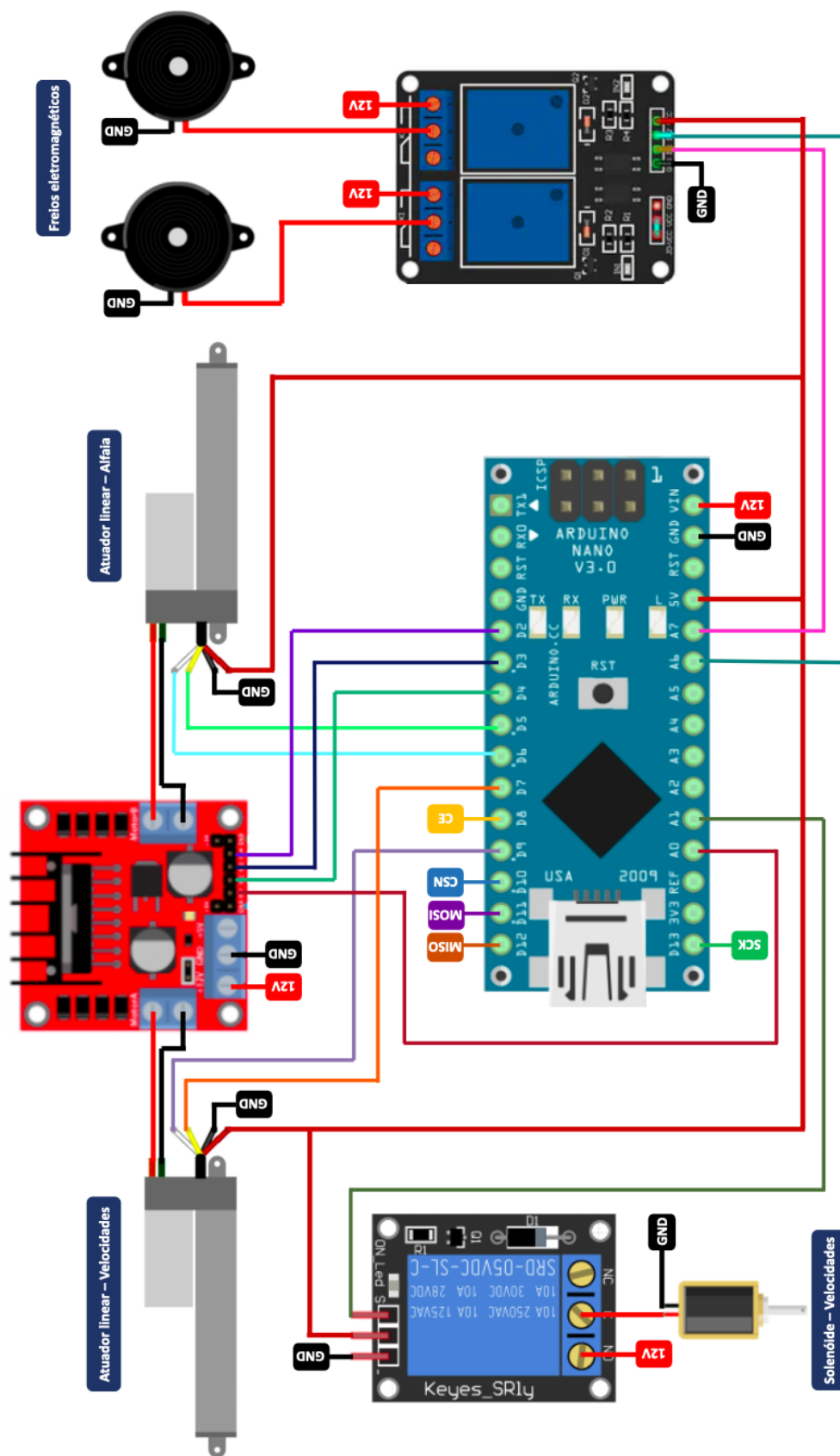


Figura 67: Recetor — Ligações dos atuadores lineares, solenóide de velocidade e freios eletromagnéticos (Arduino1).

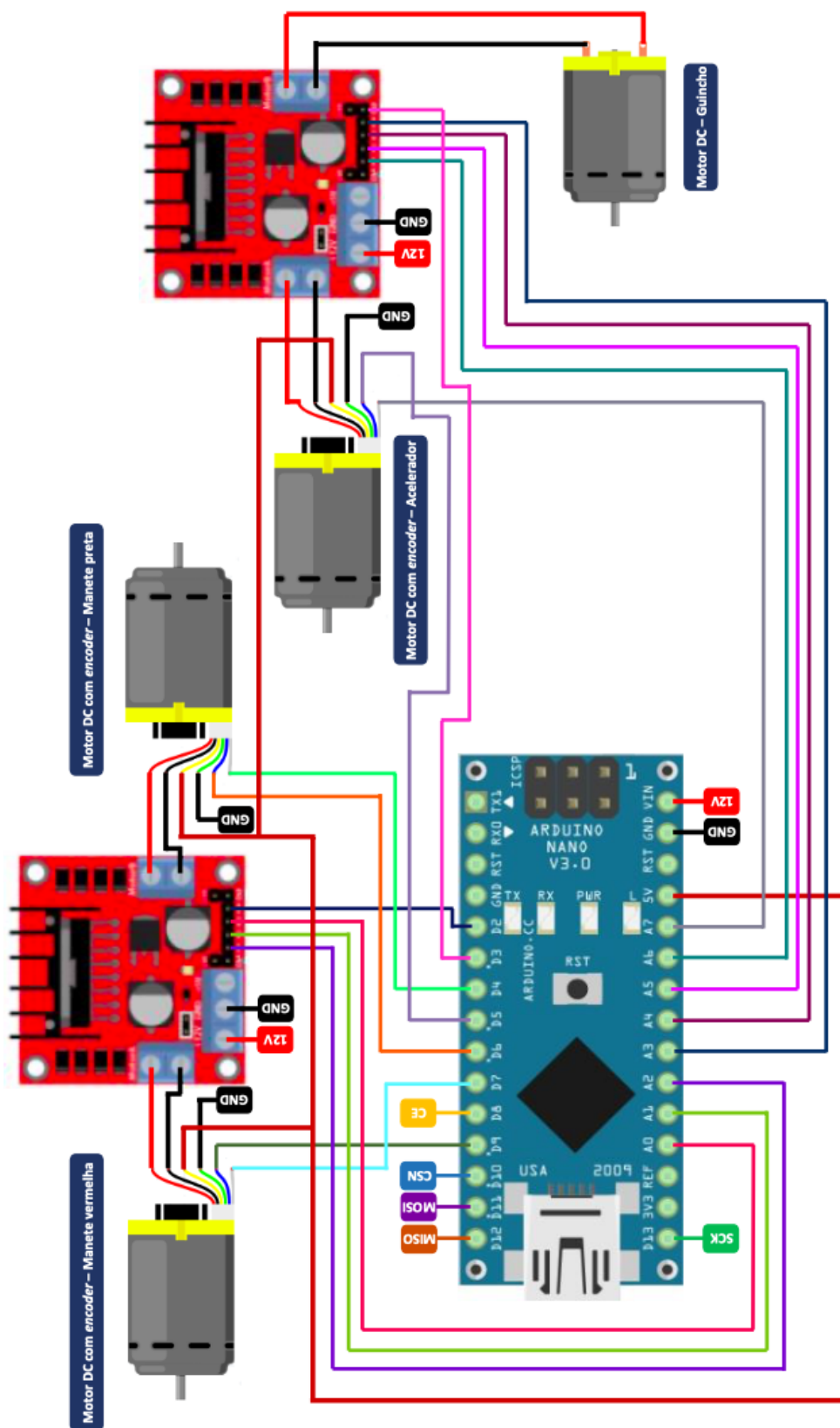
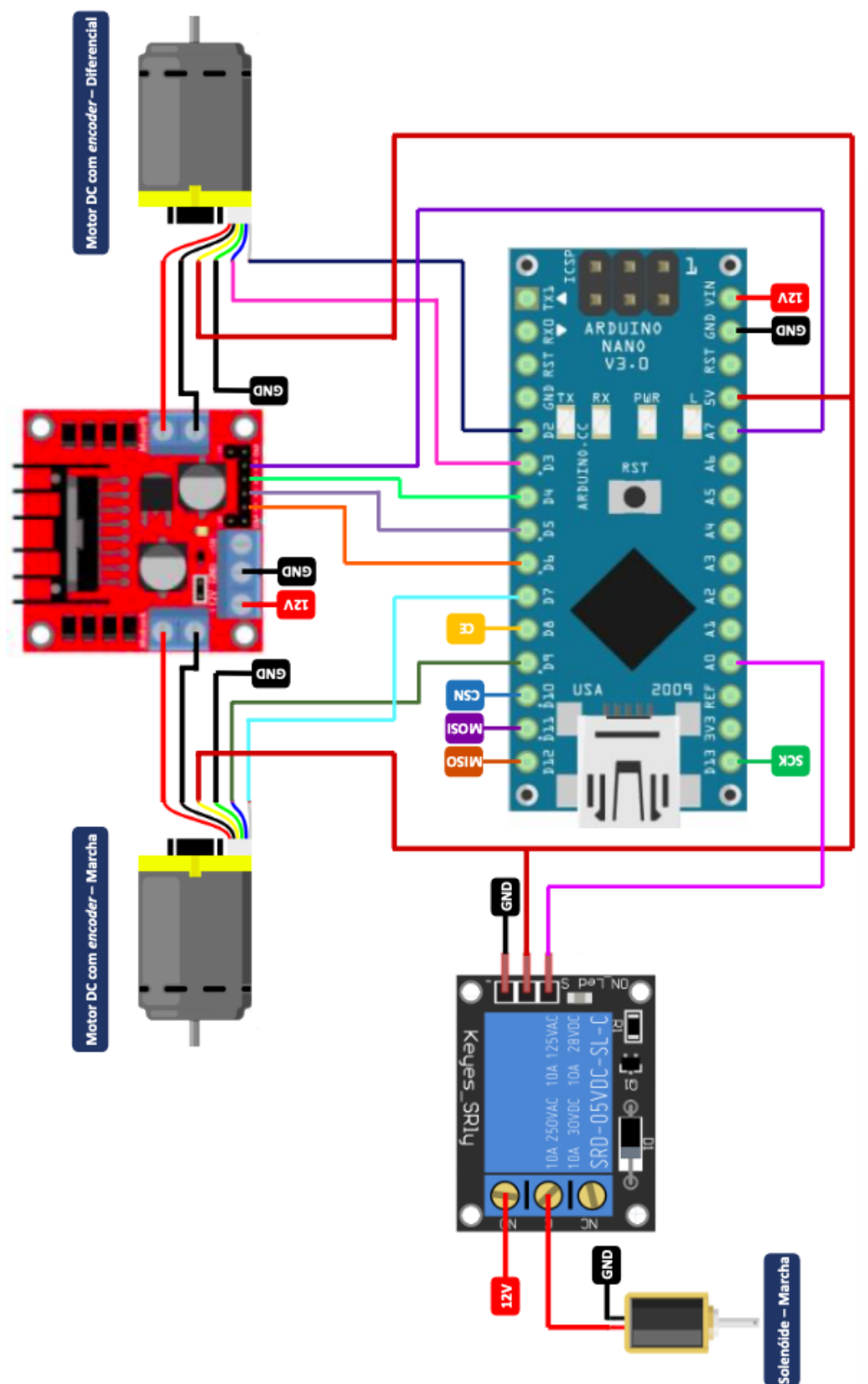


Figura 68: Recetor — Ligações dos motores das manetes, do acelerador e do guincho (Arduino2).



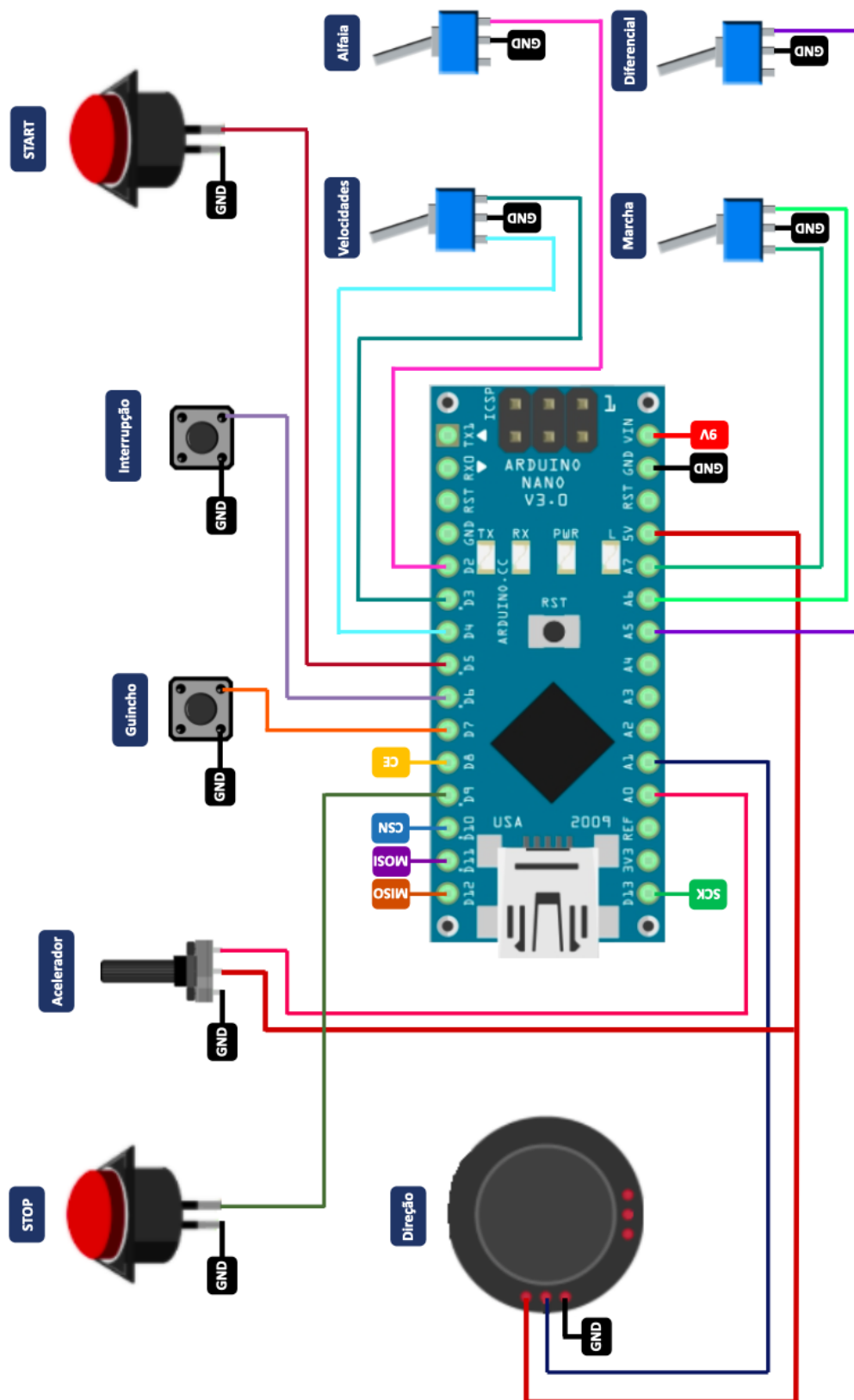


Figura 70: Transmissor — Ligações dos manípulos de interface.

6 Conclusões e trabalhos futuros

O tratamento silvícola dos terrenos florestais é importantíssimo na prevenção de incêndios florestais, principalmente em áreas de declive acentuado. Viu-se que o crescente abandono destes terrenos pelos seus proprietários, aliado a um envelhecimento geral da população, quer em Portugal quer no resto da Europa, que trabalha neste setor, resulta na acumulação de combustível que propicia a fácil propagação de incêndios florestais.

A utilização de maquinaria controlada remotamente poderá contrariar esta situação, pelo facto de não desgastar fisicamente o operador, como os meios correntemente utilizados, e por ser de fácil utilização. Simultaneamente, os motocultivadores são máquinas amplamente utilizadas em trabalhos de lavoura, podendo ser utilizados no corte de mato, e de preço bem mais acessível que tratores. Concluiu-se, assim, que o desenvolvimento de um *kit* adaptativo para controlo remoto de motocultivadores, a um preço acessível e de fácil utilização, se apresenta como uma solução com potencial, por não haver, ainda, nada que se lhe assemelhe no mercado.

O preço estimado para este *kit* ficou dentro dos requisitos estabelecidos no início do projeto, apesar de este não contabilizar as peças de suporte e ligação a produzir. Um aspeto importante a avaliar, numa futura fase, seria o consumo de energia elétrica, dado não ter sido possível obter dados quanto ao alternador presente no motocultivador, de forma a perceber se seria possível utilizá-lo com o sistema de controlo remoto desenvolvido sem descarregar a bateria, assegurando a sua autonomia. Antes de se decidir que a mudança de direção seria possibilitada pela utilização de freios eletromagnéticos, ponderou-se a utilização de outros métodos, acabando por não serem considerados por excederem o preço limite ou por consumirem bastante energia elétrica. A utilização destes freios corresponde, portanto, à melhor situação encontrada, levando a uma alteração decisiva, positivamente, da competitividade da solução proposta.

Há também que ter em conta a não possibilidade de contacto/interação com o modelo de motocultivador escolhido, levando à necessidade de validar os componentes escolhidos e remodelar as peças concetuais de forma a coincidirem com as dimensões reais do motocultivador. Uma vez redimensionadas, seria interessante efetuar simulações dos esforços a que as peças estariam sujeitas, de forma a obter previsões das deformações que nelas ocorrerão.

Para além do projeto mecânico, projetaram-se os esquemas eletrónicos do sistema de controlo — transmissor e recetor — com base na utilização de software Arduino. Um trabalho futuro poderá passar pela reavaliação do projeto eletrónico, dado que, pela falta de conhecimentos nesta área, se possa ter ignorado um método mais eficaz e barato. Seguindo o projeto eletrónico desenvolvido, o próximo passo seria a construção do código para controlo do sistema de automatização.

Ao continuar-se com o projeto seria, também, interessante um estudo do interesse do mercado por um *kit* deste tipo.

Referências

- [1] ICNF, “IFN6 – Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental. Resultados preliminares.” 2013.
- [2] ICNF, “8º Relatório Provisório de Incêndios Rurais de 2019.” 2019.
- [3] ICNF. Incêndios Rurais. Mapas. [Online]. Disponível em: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/inc/mapas>. [Acesso: 06-jun-2020].
- [4] ICNF, “ANÁLISE DAS CAUSAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS - 2003 - 2013,” 2014.
- [5] Decreto-Lei n.º 14/2019 de 21 de janeiro da Presidência do Conselho de Ministros. [Online]. Disponível em: <https://dre.pt/home/-/dre/118051707/details/maximized>. [Acesso: 06-jun-2020].
- [6] Resolução do Conselho de Ministros n.º 1/2018 da Presidência do Conselho de Ministros. [Online]. Disponível em: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/114440371/details/normal?l=1>. [Acesso: 06-jun-2020].
- [7] Decreto-Lei n.º 124/2006 de 28 de Junho do Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. [Online]. Disponível em: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/358491/details/normal?l=1>. [Acesso: 06-jun-2020].
- [8] J. Pinho, A. Germano, A. Leite, and C. Santos, “Estratégia para a Gestão das Matas Nacionais. Relatório. Versão preliminar,” 2012.
- [9] ICNF. Cartografia de perigosidade estrutural. [Online]. Disponível em: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/inc/cartografia/cartografia-risco-classes-perigosidade>. [Acesso: 06-jun-2020].
- [10] I. D. Thompson, “An overview of the science–policy interface among climate change, biodiversity, and terrestrial land use for production landscapes,” 2015.
- [11] O. Torras, A. Gil-Tena, and S. Saura, “Changes in biodiversity indicators in managed and unmanaged forests in NE Spain,” 2011.
- [12] G. Louro, H. Marques, and F. Salinas, “Elementos de Apoio à Elaboração de Projectos Florestais,” 2a ed. Lisboa. Direcção-Geral das Florestas, 2002.
- [13] Direcção de Serviços de Valorização do Património Florestal, “Princípios de Boas Práticas Florestais,” Lisboa. Direcção-Geral das Florestas, 2003.
- [14] ICNF. Manual de Equipamento de Equipas de Sapadores Florestais. ANEXO III Equipamento de Protecção Individual (EPI). [Online]. Disponível em: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/sapflo/resource/doc/esf/manuais/2020-03-04-23Manual-de-equipamento-de-ESF-EPI-AnexoIII-22jan2020.pdf>. [Acesso: 10-jun-2020].
- [15] Terraprima. Controlo de Matos. [Online]. Disponível em: <https://www.terraprima.pt/pt/projecto/1>. [Acesso: 10-jun-2020].
- [16] Altri Florestal. [Online]. Disponível em: http://altriflorestal.blogspot.com/2012_07_01_archive.html. [Acesso: 10-jun-2020].

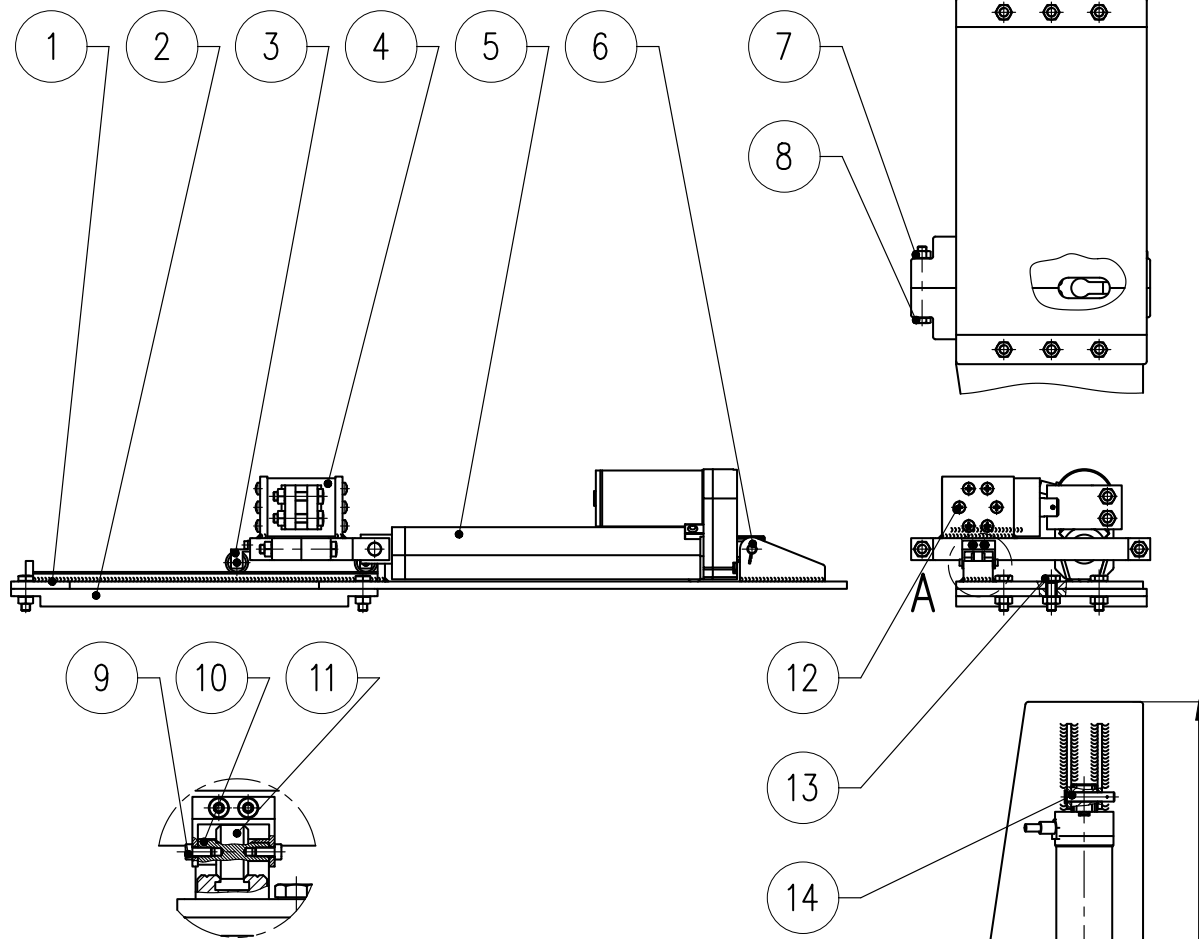
- [17] 'M'lorean develops remote control power tiller,' *Deccan Herald*, 27 de fevereiro de 2014. [Online]. Disponível em: <https://www.deccanherald.com/content/388908/mlorean-develops-remote-control-power.html>. [Acesso: 15-jun-2020].
- [18] S. Pinto. 'Making power tiller more farmer-friendly with remote control,' *The Times of India*, 27 de fevereiro de 2014. [Online]. Disponível em: <https://timesofindia.indiatimes.com/city/mangaluru/Making-power-tiller-more-farmer-friendly-with-remote-control/articleshow/31090923.cms>. [Acesso: 15-jun-2020].
- [19] Sport Garden. *Tarifa 2020*. [Online]. Disponível em: https://www.ausavil.com/descargas/TARIFA_SPORT_GARDEN_2020.pdf [Acesso: 26-abr-2020].
- [20] BCS. Destroçadora Bladerunner. [Online]. Disponível em: <https://pt.bcsagricola.com/produto/alfaia-destrocadora-bladerunner-bcs>. [Acesso: 17-jul-2020].
- [21] BCS. Destroçadora Rollerblade. [Online]. Disponível em: <https://pt.bcsagricola.com/produto/alfaia-destrocadora-rollerblade-bcs>. [Acesso: 17-jul-2020].
- [22] BCS. Destroçadora. Trituradora de erva. [Online]. Disponível em: <https://pt.bcsagricola.com/produto/alfaia-destrocadora-trituradora-bcs>. [Acesso: 17-jul-2020].
- [23] Leroy Merlin. Motocultivador MCCULLOCH MRT6. [Online]. Disponível em: https://www.leroymerlin.pt/Produtos/Jardim/Maquinas-de-jardim/Motoenxadas-e-motocultivadores/WPR_REF_16239741. [Acesso: 20-abr-2020].
- [24] Leroy Merlin. Motocultivador ASHICO MF360 196CC. [Online]. Disponível em: https://www.leroymerlin.pt/Produtos/Jardim/Maquinas-de-jardim/Motoenxadas-e-motocultivadores/WPR_REF_16732135. [Acesso: 20-abr-2020].
- [25] Bricojovim. Motocultivador Diesel 10 CV - Com Diferencial + Fresa 80cm - Arranque de Chave - 3. [Online]. Disponível em: <https://www.bricojovim.pt/products/moto-cultivador-diesel-10hp-com-diferencial-fresa-72cm-motor-de-arranque-de-chave-4-velocidades/>. [Acesso: 23-abr-2020].
- [26] Varta. Black Dynamic. [Online]. Disponível em: <https://telebaterias.pt/img/fichas/BTVARA16.pt.pdf>. [Acesso: 12-ago-2020].
- [27] Shift Automation. Compact Linear Actuator. [Online]. Disponível em: <https://shiftautomation.com/ch-series-linear-actuator-position-sensor.html>. [Acesso: 09-ago-2020].
- [28] Digi-Key. F0461A. [Online]. Disponível em: <https://www.digikey.pt/product-detail/en/pontiac-coil-inc/F0461A/527-1020-ND/668305>. [Acesso: 09-ago-2020].
- [29] Pontiac Coil Inc. Model l-90 dc solenoid, open frame, pull type. [Online]. Disponível em: <https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Pontiac%20Coil%20Inc%20PDFs/L-90.pdf>. [Acesso: 09-ago-2020].
- [30] Servo City. 5202 Series Yellow Jacket Planetary Gear Motor (71.2:1 Ratio, 84 RPM, 3.3 - 5V Encoder). [Online]. Disponível em: <https://www.servocity.com/5202-series-yellow-jacket-planetary-gear-motor-99-5-1-ratio-60-rpm-3-3-5v-encoder/>. [Acesso: 09-ago-2020].
- [31] Digi-Key. DSOL-0844-12. [Online]. Disponível em: <https://www.digikey.pt/product-detail/en/delta-electronics/DSOL-0844-12/1144-1301-ND/5213992>. [Acesso: 09-ago-2020].

- [32] Electric Winch Shop. WARRIOR NINJA 2000 12V STEEL CABLE. [Online]. Disponível em: <https://www.electricwinchshop.co.uk/warrior-20sps12-steel.html>. [Acesso: 10-ago-2020].
- [33] Groway, *Motocultor Serie Bulldog*.
- [34] Alibaba. DZD2 series Standard Electromagnetic Brake for Slitting Machine. [Online]. Disponível em: https://whdzjd.en.alibaba.com/product/60714436248-210469758/DZD2_series_Standard_Electromagnetic_Brake_for_Slitting_Machine.html. [Acesso: 15-set-2020].
- [35] Ramada Aços. ST 52. [Online]. Disponível em: <https://www.ramada.pt/pt/produtos/acos/aa-os-de-construa-ao-ao-carbono/st-52.html>. [Acesso: 05-set-2020].
- [36] United Aluminum. Chemical Composition and Properties of Aluminum Alloys. [Online]. Disponível em: <https://unitedaluminum.com/chemical-composition-and-properties-of-aluminum-alloys/>. [Acesso: 05-set-2020].
- [37] Arduino. Arduino Nano. [Online]. Disponível em: <https://store.arduino.cc/arduino-nano>. [Acesso: 27-ago-2020].
- [38] Maker Advisor. nRF24L01 – 2.4GHz RF. [Online]. Disponível em: <https://makeradvisor.com/tools/nrf24l01-2-4ghz-rf/>. [Acesso: 27-ago-2020].
- [39] Maker Advisor. L298N Motor Driver. [Online]. Disponível em: <https://makeradvisor.com/tools/l298n-motor-driver/>. [Acesso: 27-ago-2020].
- [40] Maker Advisor. 5V 2-Channel Relay Module with Optocoupler. [Online]. Disponível em: <https://makeradvisor.com/tools/5v-2-channel-relay-module-optocoupler/>. [Acesso: 27-ago-2020].
- [41] Digi-Key. 100SP3T1B1M2QEH. [Online]. Disponível em: <https://www.digikey.com/product-detail/en/e-switch/100SP3T1B1M2QEH/EG2377-ND/378846>. [Acesso: 29-ago-2020].
- [42] Digi-Key. 100SP1T1B4M2QE. [Online]. Disponível em: <https://www.digikey.com/product-detail/en/e-switch/100SP1T1B4M2QE/EG2355-ND/378824>. [Acesso: 29-ago-2020].
- [43] Digi-Key. P170S-FC20BR10K. [Online]. Disponível em: <https://www.digikey.com/product-detail/en/tt-electronics-bi/P170S-FC20BR10K/987-1318-ND/2408895>. [Acesso: 29-ago-2020].
- [44] Digi-Key. COM-09032. [Online]. Disponível em: <https://www.digikey.com/product-detail/en/sparkfun-electronics/COM-09032/1568-1526-ND/6823623>. [Acesso: 29-ago-2020].
- [45] Digi-Key. RP3502ARED. [Online]. Disponível em: <https://www.digikey.com/product-detail/en/e-switch/RP3502ARED/EG1930-ND/280448>. [Acesso: 29-ago-2020].
- [46] Digi-Key. RP3502ABLK. [Online]. Disponível em: <https://www.digikey.com/product-detail/en/e-switch/RP3502ABLK/EG1900-ND/280446>. [Acesso: 29-ago-2020].
- [47] Digi-Key. PTS645SK43SMTR92 LFS. [Online]. Disponível em: <https://www.digikey.com/product-detail/en/c-k/PTS645SK43SMTR92-LFS/CKN9084TR-ND/1162181>. [Acesso: 29-ago-2020].
- [48] Digi-Key. B3FS-1012P. [Online]. Disponível em: <https://www.digikey.com/product-detail/en/omron-electronics-inc-emc-div/B3FS-1012P/SW1237TR-ND/1811746>. [Acesso: 29-ago-2020].

- [49] Aquário Electrónica. Pilha Alcalina Plus 4.5v 3lr12. [Online]. Disponível em: <https://www.aquario.pt/pt/product/camelion-batterien-gmbh-pilha-alcalina-plus-45v-3lr12-11000112>. [Acesso: 30-ago-2020].

ANEXOS

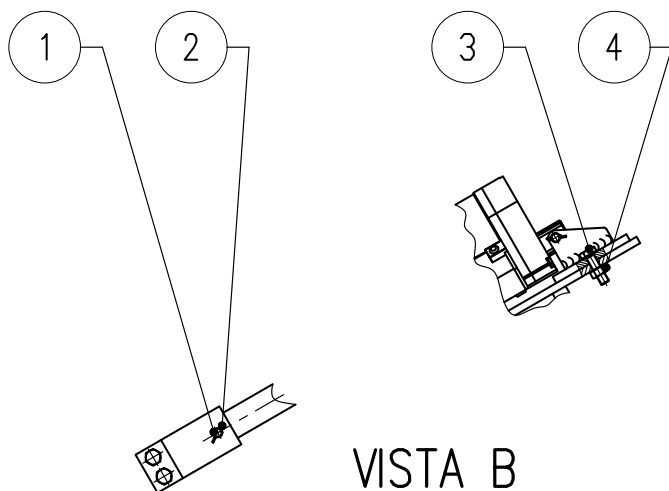
Desenhos de conjunto do sistema de automatização desenvolvido



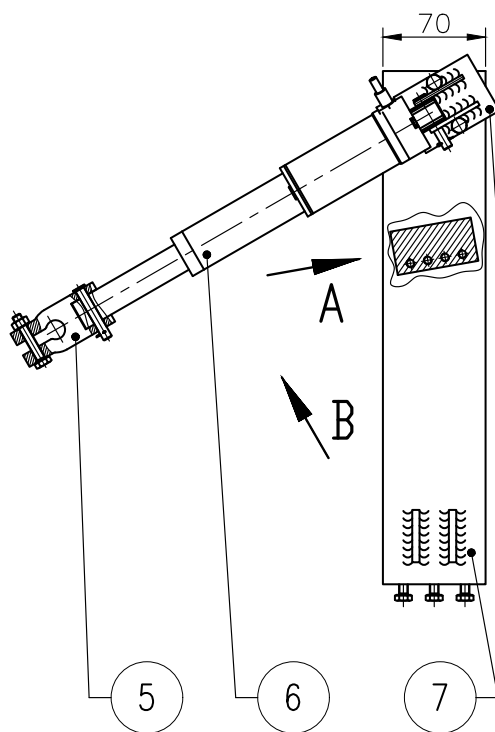
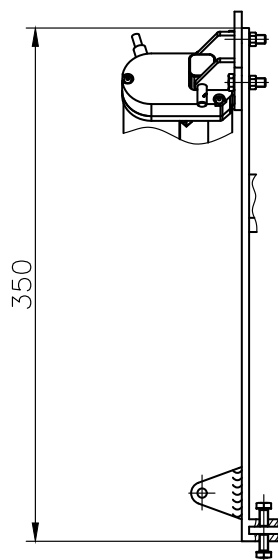
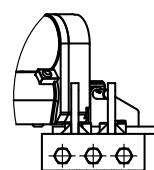
PORMENOR A
1:2

2	Parafuso H ISO 4017 - M6x30 - 8.8	Aço	ISO 4017	19	
1	Peça de ligação solenóide-alavanca	Al. 5005		18	
1	Suporte posterior do solenóide	Al. 5005		17	Const. soldada
1	Suporte anterior do solenóide	Al. 5005		16	Const. soldada
1	Pino de articulação ISO 2341-B-6x50-St	Aço	ISO 2341	15	
1	Pino de articulação ISO 2341-B-6x35-St	Aço	ISO 2341	14	
6	Parafuso H ISO 4017 - M6x20 - 8.8	Aço	ISO 4017	13	
12	Parafuso 8-32 UNC 2B	Aço		12	
2	Roda			11	
2	Eixo da roda	Al. 5005		10	
8	Parafuso de cabeça cilíndrica com oco hexagonal ISO 4762 - M2,5x6 - 8.8	Aço	ISO 4762	9	
2	Parafuso H ISO 4014 - M6x50 - 8.8	Aço	ISO 4014	8	
10	Porca H ISO 4032 - M6 - 8	Aço	ISO 4032	7	
3	Pino bifurcado ISO 1234 - 1x10 - St	Aço	ISO 1234	6	
1	Atuador linear SA-120-CH			5	
1	Solenóide F0461A			4	
2	Placa de ligação às rodas	Al. 5005		3	
1	Placa de fixação	Al. 5005		2	
1	Suporte do sistema de automatização	Al. 5005		1	Const. soldada
Q.	Designação	Material	Norma Desenho	Pos.	obs.

Título: Automatização de motocultivador		Formato
Sistema de automatização das velocidades		A4
		Escala
		1:5
Data		Nome
23/09/2020		Daniel Oliveira Moleiro



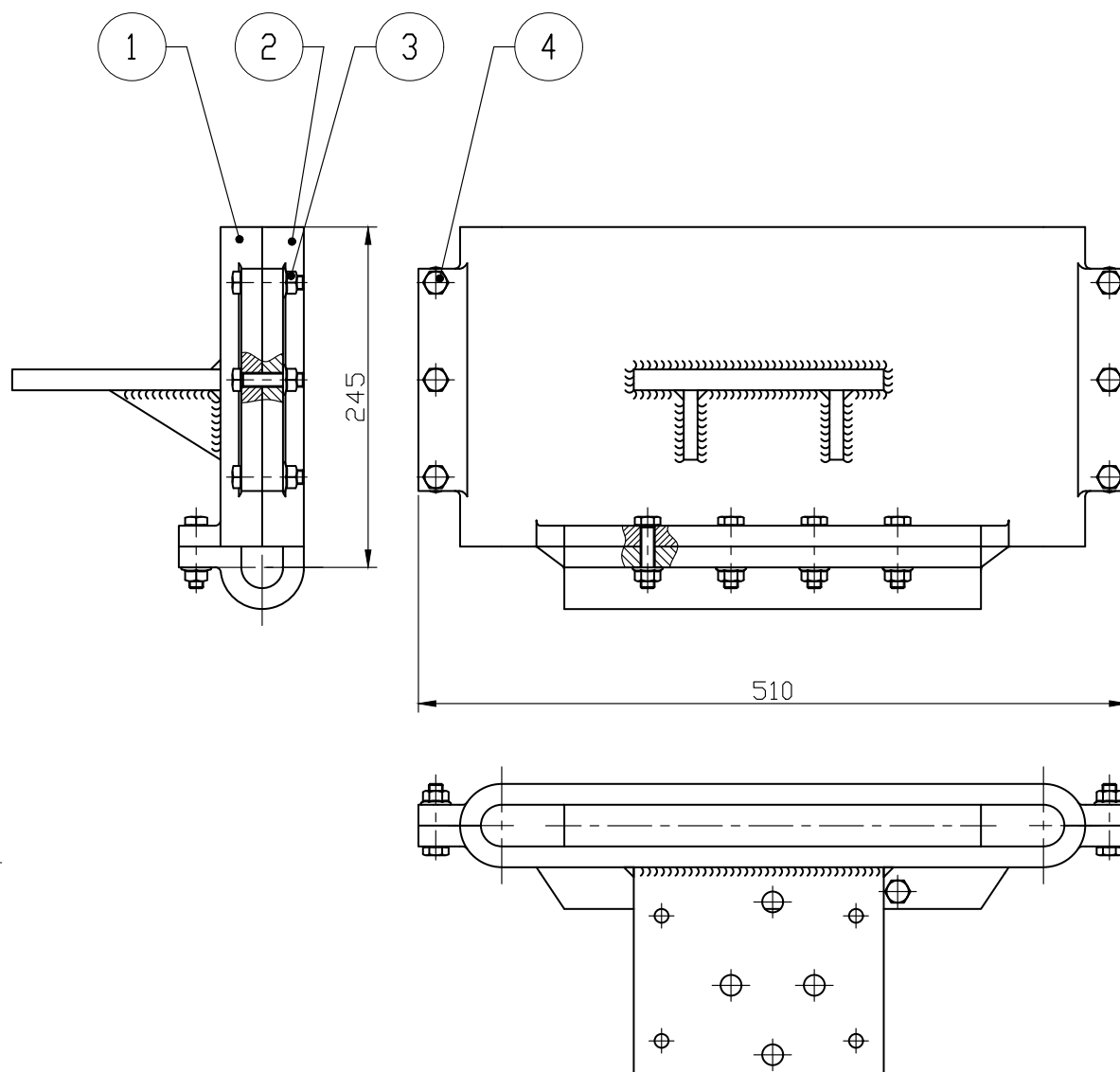
VISTA B



VISTA A



10	Parafuso H ISO 4017 - M6x12 - 8.8	Aço	ISO 4017	9	
1	Placa de fixação do atuador linear	Alumínio 5005		8	Construção soldada
1	Suporte do sistema de automatização	Alumínio 5005		7	Construção soldada
1	Atuador linear SA-120-CH			6	
1	Peça de ligação atuador-alavanca	Alumínio 5005		5	
4	Porca H ISO 4032 - M6 - 8	Aço	ISO 4032	4	
4	Parafuso H ISO 4017 - M6x35 - 8.8	Aço	ISO 4017	3	
2	Pino bifurcado ISO 1234 - 1,6x10 -St	Aço	ISO 1234	2	
2	Pino de articulação ISO 2341 - B - 6x35 -St	Aço	ISO 2341	1	
Quant.	Designação	Material	Norma Desenho	Pos.	Observações
Título: Automatização de motocultivador					
Sistema de automatização da alfaia					
Data		Nome		Escala	Formato
21/09/2020		Daniel Oliveira Moleiro		1:5	A4



10	Parafuso H ISO 4017 – M10x45 – 8.8	Aço	ISO 4017	4	
10	Porca H com flange ISO 4761 – M10–8.8	Aço	ISO 4761	3	
1	Suporte traseiro	Aço St 52–3 U		2	
1	Suporte dianteiro	Aço St 52–3 U		1	Construção soldada
Quant.	Designação	Material	Norma Desenho	Pos.	Observações
Título: Automatização de motocultivador Suporte de guincho					
Data		Nome		Escala	Formato
21/09/2020		Daniel Oliveira Moleiro		1:10	A4

