

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI

ALEX LEITE DE SOUZA
CAIO DE SOUZA FERREIRA
DÉBORA GONÇALVES DOS SANTOS
JULIANA SAYURI INACIO
LEONARDO MITSUO OHAMA
PAULO VITOR SILVA FIGUEIREDO
RENAN GARCIA DA COSTA
RENATO FRANZINA
RODRIGO VIANA FAVERO
THIAGO SALES LINS

COLHEITADEIRA DE COCO

São Bernardo do Campo

2020

ALEX LEITE DE SOUZA
CAIO DE SOUZA FERREIRA
DÉBORA GONÇALVES DOS SANTOS
JULIANA SAYURI INACIO
LEONARDO MITSUO OHAMA
PAULO VITOR SILVA FIGUEIREDO
RENAN GARCIA DA COSTA
RENATO FRANZINA
RODRIGO VIANA FAVERO
THIAGO SALES LINS

COLHEITADEIRA DE COCO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. Orientado pelo Prof. Fernando Marques Fernandes.

São Bernardo do Campo

2020

COLHEITADEIRA DE COCO

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Comissão julgadora

Orientador e presidente

Examinador (1)

Examinador (2)

São Bernardo do Campo

Data de aprovação

Dedico este trabalho aos meus colegas de curso,
que assim como eu encerram uma difícil etapa
da vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradecemos a Deus que fez com que nossos objetivos fossem alcançados, durante todos os anos de estudos.

Aos professores, pelos conselhos e ensinamentos que nos permitiram desenvolver um melhor desempenho no nosso processo de formação profissional ao longo do curso.

Aos amigos e familiares, por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo nosso processo de aprendizado.

“Uma experiência nunca é um fracasso, pois sempre vem demonstrar algo.”

Thomas Edison

RESUMO

Nos últimos anos o Brasil se tornou um dos maiores produtores de coco do mundo, este fruto vem ganhando espaço no mercado devido suas propriedades nutricionais e sua versatilidade de aplicação como, por exemplo, na indústria de cosméticos.

A produção de coco no Brasil é concentrada nas regiões do nordeste e sudeste do país, a colheita do fruto normalmente é realizada de forma manual com o auxílio de instrumentos de corte, muitas vezes necessitando que o colhedor escale o coqueiro. A colheita manual ocasiona em perdas parciais e baixa produtividade, além de proporcionar ao colhedor eventuais problemas ergonômicos e possíveis acidentes, por este motivo a mecanização da colheita confere ao agricultor maior segurança, permitindo também o aumento de produtividade.

O projeto Cata Coco tem como objetivo desenvolver um dispositivo controlado, visando baixo custo, com capacidade para se adaptar as variações existentes nos troncos dos coqueiros, possibilitando a colheita de todos os cachos, além de estudar e avaliar métodos de amortecimento durante a descida do fruto.

Palavras-chave: Coco. Colheita. Mecanização.

ABSTRACT

In the last few years, Brazil has become one of the largest coconut producers in the world. This fruit has been gaining space in the market due to its nutritional properties and its versatility of application, as for example, in the cosmetics industry.

Coconut production in Brazil is concentrated in the northeastern and southeastern regions of the country, the harvested is usually done manually with the help of cutting instruments, often requiring the harvester to climb the coconut tree. Manual harvesting causes partial losses and low productivity, in addition to providing the harvester with possible ergonomic problems and possible accidents, for this reason the mechanization of the harvest gives the farmer greater security, also allowing for increased productivity.

Cata Coco project aims to develop a controlled device, aiming at low cost, with the capacity to adapt to the existing variations in the trunks of coconut trees, allowing the harvest of all bunches, in addition to studying and evaluating damping methods during the descent of the fruit.

Keywords: Coconut. Harvest. Mechanization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Área de ocupação mundial e quantidade produzida no ano de 2018.....	12
Figura 2 - Evolução do rendimento no período de 2010 a 2018.	13
Figura 3 - Produção em toneladas no período de 2010 a 2018.....	14
Figura 4 - Maior coqueiral do mundo, fazenda da SOCOCO em Moju/PA.	15
Figura 5 - Evolução da importação e exportação de água de coco.....	16
Figura 6 - Evolução da importação de coco ralada desidratado.	16
Figura 7 - Sistema manual de colheita do coqueiro gigante.....	18
Figura 8 - Colhedores realizando o corte e descida do cacho.	18
Figura 9 - Método de colheita palmhaste.	19
Figura 10 - Colheita semi-mecanizada de cocos com trator adaptado.	20
Figura 11 - Colhedora de açai da Trajano.	20
Figura 12 - Gráfico da produção anual de cocos em função da idade do coqueiro.....	21
Figura 13 - Diagrama de funções.	25
Figura 14 - Matriz morfológica para solução de cada função.	26
Figura 15 - Matriz de decisão.....	27
Figura 16 - Dispositivo de colheita	28
Figura 17 - Estrutura do carro.....	30
Figura 18 - Roda omnidirecional.....	31
Figura 19 - Posicionamento das rodas omnidirecionais	32
Figura 20 - Diagrama de forças	33
Figura 21 - Motorreductor características elétricas.....	36
Figura 22 - Motorreductor	37
Figura 23 - Corte ortogonal	37
Figura 24 - Estrutura para amortecimento	41
Figura 25 - Carro auxiliar para transporte	41
Figura 26 - Simulação estrutura fixa.	43
Figura 27 - Simulação estrutura móvel	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área colhida (mil hectares) nos anos de 2010 a 2018.....	12
Tabela 2 - Quantidade produzida (mil toneladas) nos anos de 2010 a 2018.....	13
Tabela 3 - Estimativas de área e de produção por Região.....	14
Tabela 4 - Composição e peso do coqueiro-anão em diferentes fases de amadurecimento.....	23
Tabela 5 - Propriedades mecânicas liga alumínio 6005A.....	29
Tabela 6 - Propriedades mecânicas têmpera T5.....	29
Tabela 7 - Valores de Ks1 e 1-Z na direção de corte paralela para eucalipto.....	38
Tabela 8 - Dados iniciais.....	38
Tabela 9 - Parâmetros de corte.....	39
Tabela 10 - Características do servomotor.....	40
Tabela 11 - Resultados obtidos simulação estrutura móvel.....	44
Tabela 12 - Resultados obtidos simulação pino da dobradiça.....	44
Tabela 13 - Resultados obtidos simulação eixo do motor.....	45
Tabela 14 - Resultados obtidos simulação junções.....	45
Tabela 15 - Critérios de avaliação DFMEA.....	46
Tabela 16 - DFMEA, análise estrutura.....	47
Tabela 17 - DFMEA, análise estrutura.....	48
Tabela 18 - DFMEA, análise braço de corte.....	49
Tabela 19 - Análise de custo dobradiça.....	50
Tabela 20 - Análise de custo suporte das rodas.....	50
Tabela 21 - Análise de custo estrutura fixa.....	51
Tabela 22 - Análise de custo estrutura móvel.....	51
Tabela 23 - Análise de custo geral.....	51

SUMÁRIO

1 COCO NUCIFERA - PRODUÇÃO E COMERCIO	11
1.1 PRODUTIVIDADE MUNDIAL.....	11
1.2 PRODUTIVIDADE NACIONAL.....	14
1.3 O COMERCEIO BRASILEIRO	15
1.4 MÉTODOS DE COLHEITA	17
1.5 PERDAS NA COLHEITA	21
1.6 RISCOS DURANTE A COLHEITA	22
2 MECANIZAÇÃO DA COLHEITA DE COCO	23
2.1 CARACTERISTICAS TECNICAS DO COQUEIRO.....	23
2.2 ANÁLISE DAS FUNÇÕES DO DISPOSITIVO	24
2.3 MÁQUINA COLHEITADEIRA.....	28
2.3.1 A ESTRUTURA.....	29
2.3.2 SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO	30
2.3.2.1 RODAS OMNIDIRECIONAIS	30
2.3.2.2 SISTEMA DE ELEVAÇÃO E DE ROTAÇÃO	31
2.3.2.3 DIMENSIONAMENTO DAS MOLAS E MOTOR.....	32
2.3.3 DISPOSITIVO DE CORTE	37
2.3.3.1 DIMENSIONAMENTO DO BRAÇO DE CORTE.....	38
2.3.4 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO	40
2.3.5 SISTEMA DE AMORTECIMENTO.....	40
2.3.6 CARRO AUXILIAR PARA TRANSPORTE.....	41
2.3.7 SEGURANÇA.....	42
2.3.8 SIMULAÇÃO	42
2.3.9 DFMEA	45
2.3.10 VIABILIDADE ECONOMICA	50
3 CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS	53

1 COCO NUCIFERA - PRODUÇÃO E COMERCIO

As Palmáceas, conhecidas popularmente como palmeiras, pertencentes a classe das monocotiledóneas, que são plantas que possuem como principal característica a ausência do crescimento de galhos ao longo do tronco, como é o caso dos coqueiros, são plantas tropicais originárias principalmente de países da África, América Latina e Sul da Ásia, caracterizadas pelo seu tronco alto, podendo chegar a 30 metros de altura, contendo em seu topo um fascículo de grandes folhas, que podem chegar até 6 metros de comprimento.

A planta Coco Nucifera, que é o objeto de estudo deste projeto, conhecido também como coqueiro, é uma espécie da família das Palmeiras Arecaceae. Existem mais de 300 ecótipos de coqueiros e três variedades principais, sendo estas: o coqueiro anão, o coqueiro gigante e o coqueiro híbrido, que é a mistura entre o coqueiro anão e o gigante. O coqueiro anão é uma planta de variedade autógama, que se reproduz por autofecundação, ao contrário do coqueiro gigante que é uma variedade alógama, que necessita de fecundação (pólen), o que elucida a diferença de produtividade entre o coqueiro anão e o coqueiro gigante. Os frutos gerados pelo coqueiro anão possuem maior uniformidade em seu amadurecimento, ao longo do cacho, já o coqueiro gigante pode apresentar diferentes fases de amadurecimento em um mesmo cacho.

A cocoicultura é uma atividade agrícola de grande interesse e importância e se destaca pelo fato de a planta apresentar uma produção contínua. Embora com alguma variação sazonal decorrente de condições climáticas, a atividade, se bem planejada e conduzida, proporciona colheita em todos os meses do ano, permitindo um fluxo contínuo de receita ao longo da vida útil do coqueiral.

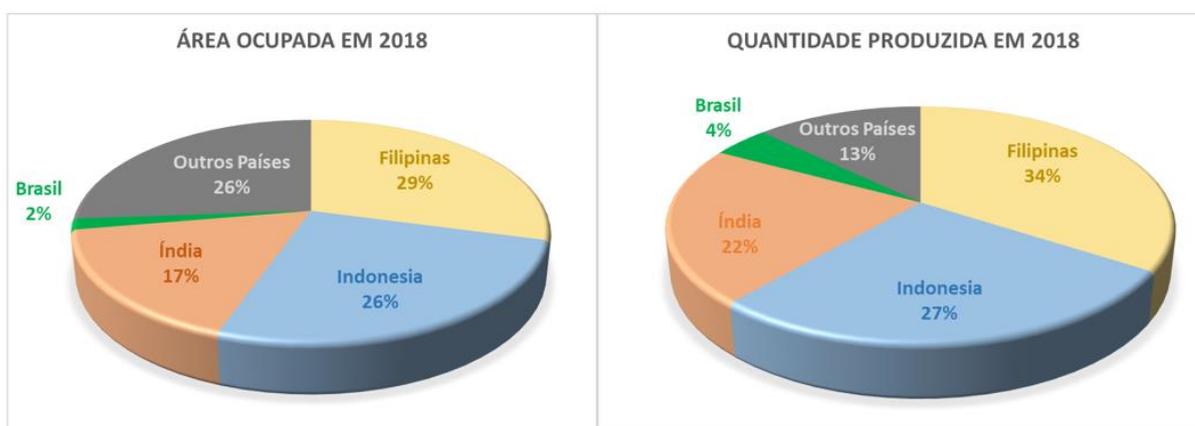
O cultivo de coco vem crescendo em diversos países, buscando atender a demanda crescente por produtos oriundos do coco. O avanço da cultura do coqueiro no Brasil, não ocorre somente pela evolução em patamares produtivos, que condicionam ao país lugar de destaque entre os maiores produtores mundiais, mas também, pela consolidação do cultivo em regiões não tradicionais e pela evolução tecnológica que vem sendo desenvolvida para o cultivo e manejo das plantações.

1.1 PRODUTIVIDADE MUNDIAL

Sendo um fruto cultivado mundialmente, o coco seco e o coco verde são colhidos e comercializados o ano todo, os coqueiros ocupam cerca de 12 milhões de hectares de área mundial, de acordo com os dados levantados pela FAOSTAT (Food and Agriculture

Organization of the United Nations) nos últimos anos. As maiores áreas ocupadas pelas plantações estão localizadas nas Filipinas, na Indonésia e na Índia, estes três países são responsáveis pela ocupação de 72% da área mundial plantada e 83% do volume em toneladas colhidos no ano de 2018, com o Brasil representado 2% da área mundial colhida e 4% do volume em toneladas. O aumento da produção mundial no período (2010 a 2018) é função do aumento de área dos principais produtores mundiais.

Figura 1 - Área de ocupação mundial e quantidade produzida no ano de 2018.



Fonte: FAOSTAT, 2020.

De acordo com os dados da FAOSTAT o Brasil vem mantendo uma média de 240 mil hectares de ocupação nos últimos nove anos, dessa forma ocupando a sexta posição em relação a média dos últimos anos. No período de 2018 é possível notar uma queda de 76.000 hectares, em relação ao ano de 2010, esta variação está relacionada a questões políticas em função das adversidades climáticas que provocaram a morte de coqueirais no Nordeste, desde 2012.

Tabela 1 - Área colhida (mil hectares) nos anos de 2010 a 2018.

PAÍS	PERÍODO (ano)									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Filipinas	3.576	3.562	3.575	3.551	3.502	3.518	3.565	3.612	3.628	
Indonésia	2.980	2.980	3.000	3.020	3.025	3.030	3.144	3.226	3.248	
Índia	1.896	2.071	2.137	2.140	1.976	2.089	2.082	2.081	2.099	
República Unida de T	660	670	680	680	702	721	748	773	800	
Sri Lanka	395	395	417	395	440	441	440	453	455	
Papua Nueva Guineia	221	221	221	221	217	208	208	206	205	
Brasil	275	271	258	257	251	242	234	209	199	
Tailândia	231	216	213	209	207	192	190	192	194	
México	179	179	176	176	177	181	183	184	186	
Viet Nam	140	127	132	136	139	146	147	148	155	
Outros Países	1.229	1.246	1.247	1.249	1.225	1.183	1.185	1.224	1.249	
TOTAL	11.782	11.937	12.056	12.035	11.860	11.949	12.126	12.309	12.418	

Fonte: FAOSTAT, 2020.

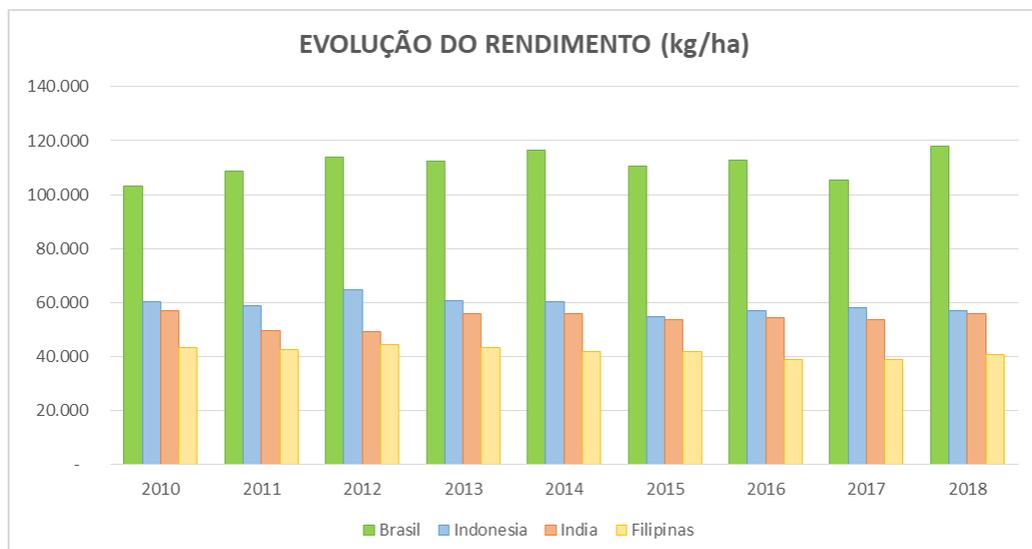
Tabela 2 - Quantidade produzida (mil toneladas) nos anos de 2010 a 2018.

PAÍS	PERÍODO (ano)									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Indonésia	18.000	17.500	19.400	18.300	18.300	16.600	17.980	18.747	18.555	
Filipinas	15.510	15.245	15.864	15.354	14.696	14.735	13.825	14.049	14.726	
Índia	10.840	10.280	10.560	11.930	11.079	11.210	11.344	11.167	11.706	
Sri Lanka	1.990	2.057	2.225	2.513	2.870	2.733	3.011	2.445	2.623	
Brasil	2.843	2.944	2.932	2.890	2.919	2.679	2.634	2.210	2.347	
Viet Nam	1.162	1.202	1.273	1.304	1.374	1.439	1.470	1.499	1.572	
Papua Nueva Guínea	1.210	890	1.210	1.208	1.182	1.164	1.187	1.204	1.221	
México	1.132	1.108	1.118	1.171	1.166	1.156	1.157	1.158	1.158	
Tailândia	1.298	1.055	1.057	1.010	1.000	904	900	895	886	
República Unida de T:	570	550	520	530	539	544	543	545	546	
Outros Países	6.253	6.250	6.405	6.550	6.732	6.655	6.932	6.919	6.927	
TOTAL	60.809	59.081	62.562	62.760	61.857	59.820	60.983	60.837	62.268	

Fonte: FAOSTAT, 2020.

Esta cultura é explorada de forma extrativista por pequenos produtores que não dispõem de muitos recursos tecnológicos para aumentarem seus índices de produtividade por hectares, por este motivo os rendimentos mundiais de coco estão cada vez mais baixos, uma média de 54.282 kg/ha, cerca de 90% da produção de coco do mundo provém de pequenos produtores, com áreas de até cinco hectares. O Brasil é o país que possui o maior rendimento (111.280 kg/ha), produzindo mais em uma menor área, em relação aos demais países que possuem maiores áreas plantadas, este resultado está relacionado a tecnologia empregada no cultivo, como a condução e o manejo dos coqueiros, sistemas intensivos de cultivo e variedades melhoradas das espécies de coqueiros. Essas variedades, não apenas promoveram o aumento da produtividade, como propiciaram a expansão do cultivo para lugares onde não havia tradição (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2014).

Figura 2 - Evolução do rendimento no período de 2010 a 2018.

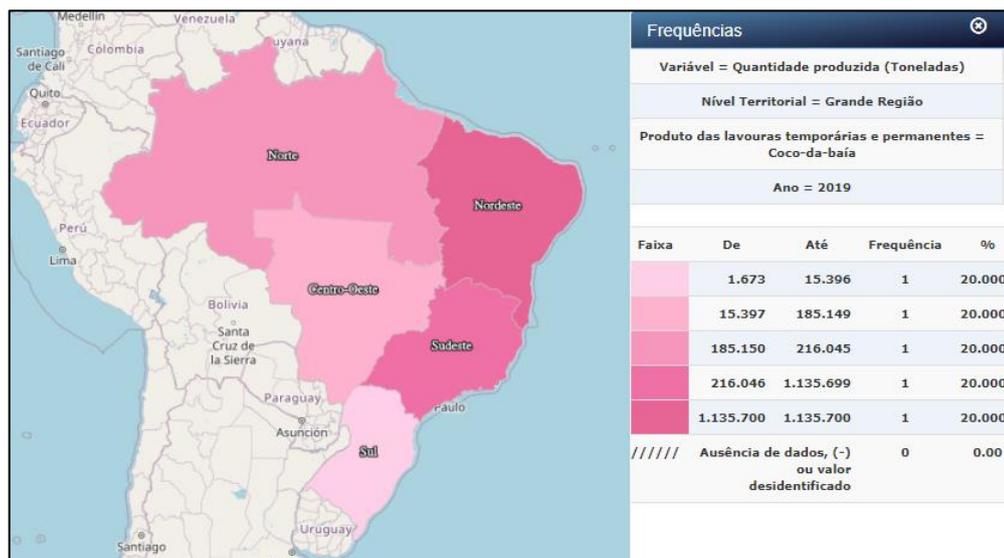


Fonte: FAOSTAT, 2020.

1.2 PRODUTIVIDADE NACIONAL

No Brasil o coco é cultivado nas cinco regiões do país, ganhando destaque a região do Nordeste que representa 73,2% da produtividade total média dos últimos cinco anos, ocupando em média 176 mil hectares.

Figura 3 - Produção em toneladas no período de 2010 a 2018.



Fonte: IBGE, 2020.

A área ocupada pelo coqueiro gigante se manteve nos últimos anos em torno de 57,9%, já as áreas de ocupação do coqueiro anão e híbrido vem crescendo cada vez mais, devido a facilidade de produtividade destas espécies. Atualmente, a área brasileira é de 215,7 mil hectares, com produção de 1.562 milhões de frutos. Nos últimos anos, a produção média brasileira é de 1.900 milhões de frutos, apresentando uma queda a partir de 2015, principalmente em função do déficit hídrico ocasionado pelas frequentes secas ocorridas na região Nordeste. Entre 2016 e 2017, a queda de produção foi de 11,6%, perda equivalente a 205 milhões de frutos.

Tabela 3 - Estimativas de área e de produção por Região.

	Área colhida (há)			Produção (mil frutos)		
	Anão e Híbrido	Gigante	Total	Anão e Híbrido	Gigante	Total
Brasil	113.200	156.000	269.200	1.485.184	452.300	1.937.484
Norte	10.000	18.000	28.000	131.200	54.000	185.200
Nordeste	80.000	138.000	218.000	1.049.600	398.300	1.447.900
Suldeste	20.000	-	20.000	262.400	-	262.400
Sul	200	-	200	2.624	-	2.624
Centro-Oeste	3.000	-	3.000	39.360	-	39.360

Fonte: Boletim SINDCOCO, 2018.

Apesar das oscilações negativas existentes no mercado de coco no Brasil, há regiões que independente destas variações vem investindo fortemente no cultivo, como é o caso do município de Ituberá, na Bahia, que saiu de 600 mil cocos no ano de 2017 e atingiu 7,2 milhões de unidades em 2018, resultado de cinco anos de plantio, de acordo com o IBGE. Além disso, o Brasil se destaca entre os produtores de coco por possui a maior fazenda de cultivo de coco do mundo, o coqueiral localizado no município de Moju no Pará ocupa uma área de aproximadamente 6 mil hectares, são 1 milhão coqueiros plantados, com volume anual de aproximadamente 150 milhões de unidades do fruto.

Figura 4 - Maior coqueiral do mundo, fazenda da SOCOCO em Moju/PA.



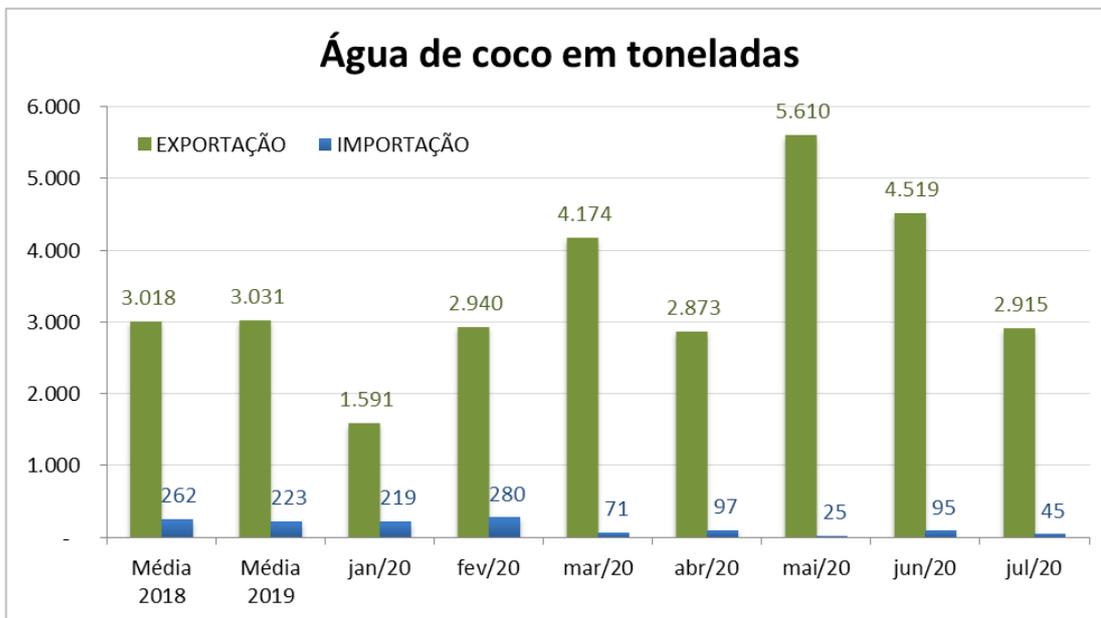
Fonte: COHIBRA

1.3 O COMERCEIO BRASILEIRO

O Brasil, de acordo com os dados levantados pela SINDCOCO, possui uma média de exportação de água de coco de 3.136 toneladas por mês, contra 214 toneladas por mês de importação. Ao contrário da água de coco o país tem importado grandes volumes de coco seco desidratado, impactando financeiramente o mercado nacional, resultado de subsídios que outros países oferecem à cadeia produtiva de coco. Estas importações decorreram mediante a demanda da indústria de alimentos e de processamento, perante a redução temporária ocasionada pelas quebras de safras. Esta estratégia, embora paliativa, acabou se transformando em uma prática

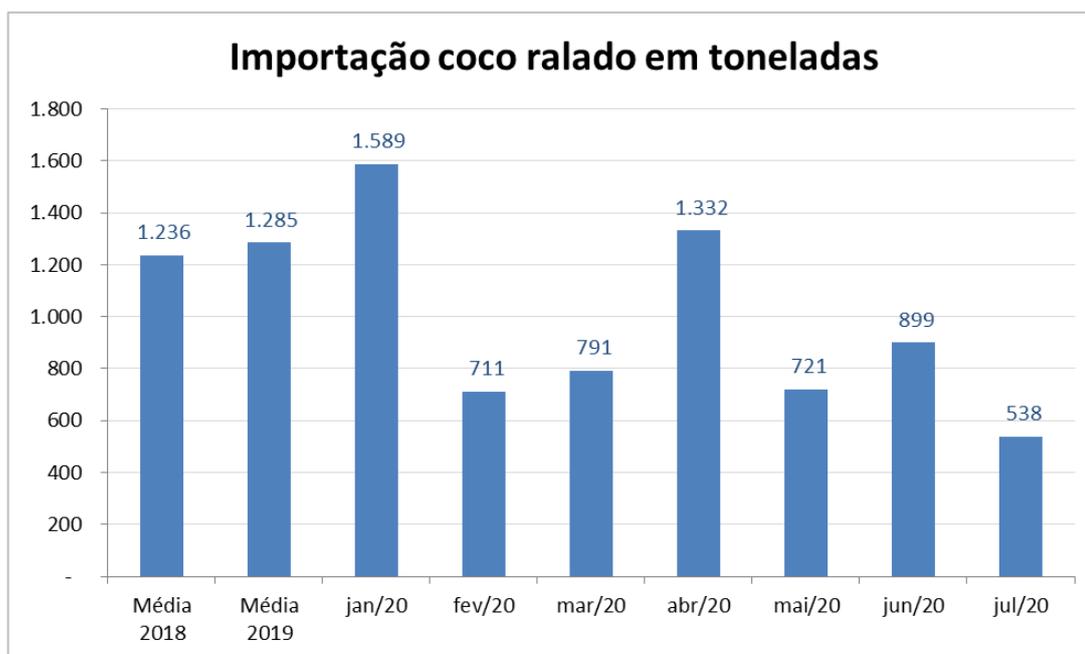
permanente em virtude dos lucros alcançados. Entretanto, esta prática promover a desestruturação da cocoicultura nacional, diminuindo empregos e desestimulando produtores.

Figura 5 - Evolução da importação e exportação de água de coco.



Fonte: Boletim SINDCOCO, 2020.

Figura 6 - Evolução da importação de coco ralado desidratado.



Fonte: Boletim SINDCOCO, 2020.

1.4 MÉTODOS DE COLHEITA

A fase da colheita é de grande importância no sistema produtivo, pois pequenas falhas podem afetar a qualidade final do produto, a aparência, a percentagem de descarte, a vida útil de prateleira do fruto no comércio e a qualidade da água de coco dependem diretamente dessa fase. Por esse motivo, durante a colheita, o produtor deve estar atento para que o cacho colhido não sofra queda no campo, ou no momento de transporte, pois mesmo apresentando boa aparência e firmeza, não significa que o fruto não tenha sofrido danos ou injúrias pelo impacto.

A colheita dos cachos de coco é uma tarefa fácil, quando realizado nas plantas novas, ou seja, coqueiros baixos, realizado, muitas vezes, sem a necessidade de ferramentas de apoio, o cacho é cortado na sua base, com facão ou serrote de poda e posteriormente sendo depositado sobre a carreta agrícola para o transporte. À medida que a planta vai crescendo, o processo de colheita torna-se mais difícil, especialmente a partir do ponto onde os colhedores necessitam de equipamentos para acessar o cacho. Há diferentes métodos utilizados para colher coco nas árvores mais altas, estes em geral consistem na subida do colhedor até o topo do coqueiro, na maioria das vezes desprovido de qualquer tipo de equipamento de segurança. O método da escalada é o mais simples dentre os existentes, consiste na utilização de uma peconha, espécie de corda em formato de círculo, encaixada nos pés, que auxilia o colhedor durante a escalada no tronco, portando apenas um facão, foice ou tesoura de poda, para auxiliar no corte do pedúnculo do cacho, que posteriormente vem ao chão em queda livre. Além da peconha há a possibilidade de o colhedor acessar os cachos de coco a partir da utilização de uma escada, dependendo da altura do coqueiro, também existem no mercado alguns dispositivos desenvolvidos com baixa tecnologia, que são utilizadas para escaladas em árvores. Apesar de simples, o método não é indicado para determinadas espessuras de troncos, pois durante a escalada o tronco pode quebrar, provocando a queda do colhedor, outro ponto negativo está no baixo volume de produtividade, pois o método exige grande esforço físico do colaborador, somado a perda de produtividade dos frutos que quebram após o impacto com o chão.

Figura 7 - Sistema manual de colheita do coqueiro gigante.



Fonte: Humberto Rolemberg, 2010.

Nos últimos anos os institutos EMBRAPA e IMPA, tem estudado juntamente com os agricultores, buscando desenvolver novos métodos de colheitas, a fim de melhorar os volumes de produtividade e garantir a segurança dos colhedores. O EMBRAPA desenvolveu o método das varas, que consiste na utilização de duas varas de aço galvanizado de aproximadamente 6 metros de comprimento, uma das varas possui em uma das extremidades uma foice ou lâmina cortante, para cortar o pedúnculo do cacho, e a outra vara possui em uma das extremidades uma dupla lança, espécie de garfo, que sustentará o cacho durante e após o corte, evitando que os frutos caiam no chão. O índice de produtividade deste método é baixo, visto que a descida do cacho de coco depende do esforço físico do colhedor, que deve sustentar o peso da haste somado ao peso do cacho de cocos, por esse motivo a quantidade de cachos colhidos é limitada, devido ao cansaço/fadiga do colaborador, além do alcance da vara ser limitado a coqueiros até 6 metros de altura.

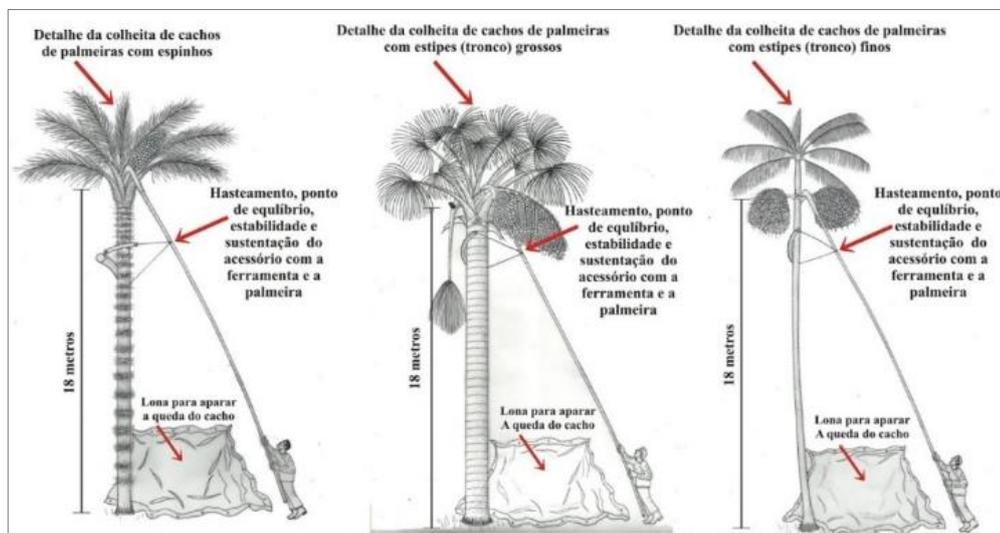
Figura 8 - Colhedores realizando o corte e descida do cacho.



Fonte: Inamasu, R. 2017.

O instituto IMPA desenvolveu a ferramenta chamada de palmhaste, simples e de fácil manuseio, possibilitando a colheita de diferentes espécies de palmeiras, com ou sem espinhos, entre elas os coqueiros. O instrumento tem comprimento máximo de 18 metros e é feito com tubos de alumínio naval, que são conectados um a um, até atingir a altura desejada. Há em uma das extremidades uma foice e um sistema para garantir equilíbrio, estabilidade e sustentação da haste, o conjunto também dispõe de uma lona plástica a prova d'água que amortece a queda dos frutos, evitando que eles se espalhem no chão e sejam danificados na queda.

Figura 9 - Método de colheita palmhaste.



Fonte: Ascom/Inpa, 2015.

Um outro método de colheita é o da haste pinça, que consiste em uma haste com uma pinça na ponta para agarrar o coco de forma unitária e removê-lo do cacho através de movimentos giratórios. Este método é seguro e não gera perdas, entretanto não é produtivo pois os cocos são colhidos de forma unitária.

Alguns agricultores, devido ao custo elevado e a baixa qualidade da mão de obra no meio rural buscam por tecnologias visando o aumento de produtividade, optam por fazer adaptações em carros ou tratores para auxiliá-los na colheita. Uma plataforma é construída e fixada no veículo, proporcionando maior agilidade durante a colheita, não havendo a necessidade de o colhedor descer do equipamento para mudar de árvore, pois durante a colheita há um outro colaborador operando o veículo, e os cocos colhidos são armazenados na própria plataforma. Este método de colheita possui maior agilidade, em relação aos métodos mencionados anteriormente, entretanto há limitação de altura.

Figura 10 - Colheita semi-mecanizada de cocos com trator adaptado.



Fonte: Tratormaster, 2015.

Recentemente, no ano de 2016, o mecânico e agricultor Trajano José Alves desenvolveu um dispositivo mecanizado para a colheita de açaí, a máquina é operada do chão, não havendo a necessidade de o colhedor subir no tronco da árvore, e confere ao agricultor maior conforto e agilidade durante a colheita. O dispositivo é composto por um conjunto de roldanas que são fixadas ao redor do tronco e é elevado através de hastes que são conectadas na base do equipamento, uma a uma até atingir a altura para a colheita, o cacho de frutos é arrancado a partir da conexão da garra no pedúnculo, a garra trava o pedúnculo não permitindo que o mesmo escape do dispositivo, possibilitando que o cacho seja retirado do alto da árvore e levado até o colhedor, este equipamento atinge alturas de até 15 metros.

Figura 11 - Colhedora de açaí da Trajano.

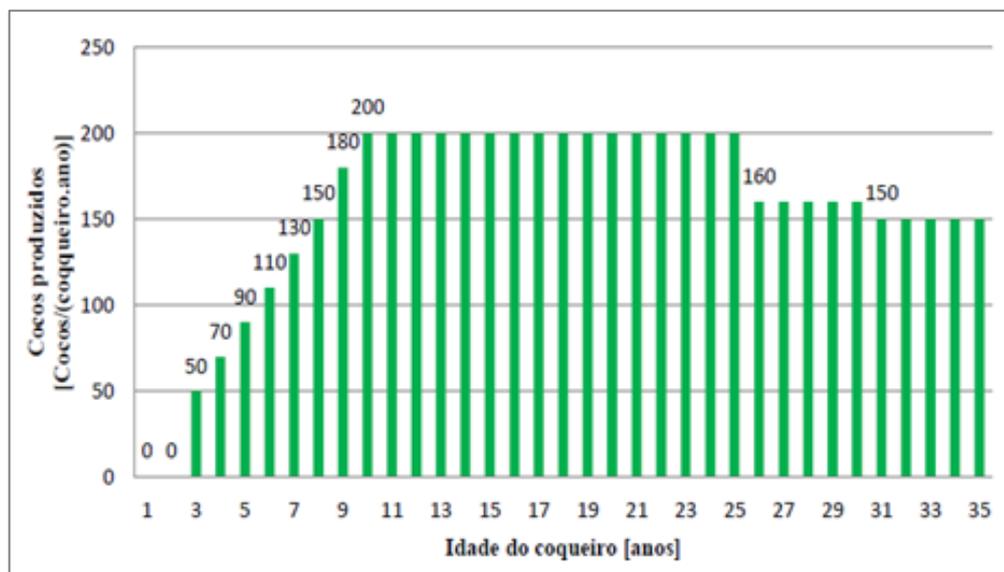


Fonte: Pequenas empresas e grandes negócios - Globo, 2018.

1.5 PERDAS NA COLHEITA

Quando os coqueiros do tipo anão, para a produção de coco verde, apresentam porte elevado, além da dificuldade na colheita por conta da altura da planta, os frutos maduros colhidos por meio do corte do pedúnculo com um golpe de facão caem ao chão em queda livre, havendo a possibilidade da perda de frutos por rachaduras. Agricultores que cultivam o coco-verde normalmente optam por substituir a planta após 10 anos, pois a partir desta idade a espécie atinge uma altura que se torna inviável a colheita dos frutos sem um sistema de amortecimento, quanto mais alto o coqueiro maior é a perda de frutos por impacto. Segundo Kawahara (2017, p. 88) a taxa de crescimento de um coqueiro anão é de 1 metro por ano. Considerando que o pico de produtividade da planta é após o décimo ano temos que as perdas associadas à necessidade de substituição da planta compreendem aproximadamente 4.550 unidades do fruto, contra 980 unidades de frutos efetivamente colhidos, havendo apenas 18% de aproveitamento do período produtivo do coqueiro.

Figura 12 - Gráfico da produção anual de cocos em função da idade do coqueiro.



Fonte: Kawahara, 2017.

Outra perda relacionada a etapa de colheita é função do atraso na época de colheita de coco-verde, assim como quando se deixa os frutos secarem na planta com o objetivo da produção do coco semente, a planta apresenta uma subsequente redução no número de frutos produzidos. Por esse motivo produtores com o foco em coco verde e que possuem como gargalo a colheita necessitam de métodos de colheita com maior eficiência, para evitar a redução precoce de produtividade do coqueiro.

1.6 RISCOS DURANTE A COLHEITA

No Brasil, são distintas e reais as dificuldades dos trabalhadores rurais, convivendo tanto com a mais alta tecnologia agrária como em condições mais simples de plantio e colheita. Mesmo com todo desenvolvimento tecnológico no setor primário o país apresenta trabalhadores rurais em atividades puramente braçais e com risco de acidente, como por exemplo, a colheita de coco nas plantas mais altas. Isso ocorre devido ao alto custo associado à implantação de tecnologia ou a falta da mesma.

Segundo Organização Internacional do Trabalho – OIT o trabalho rural é significativamente mais perigoso que outras atividades e estima que milhões de agricultores sofram sérios problemas de saúde.

Segundo Ambrosi e Maggi (2013) ao entrevistar 50 trabalhadores rurais constataram que 74% sofreram pelo menos um tipo de acidente e 54% dos acidentados sofreram mais de um acidente de trabalho, os acidentes ocorrem em sua maioria normalmente com máquinas e ferramentas manuais, totalizando 78% dos acidentes, a parte do corpo mais atingida entre os acidentados são as mãos e membros inferiores, a causa da maioria dos acidentes está relacionada à distração, excesso de confiança e a não utilização de EPI nas lavouras.

Em razão da informalidade presente nas produções agrícolas não há um sindicato ou órgãos específicos para cada atividade agrícola, por esse motivo não se encontram dados oficiais divulgados sobre o índice de acidentes ou incidentes envolvendo a colheita de coco. Entretanto, é notável que existem riscos associados aos métodos de colheita de coco, pois em muitas vezes o colhedor, para ter acesso ao cacho de frutos, necessita escalar o tronco desprovido de qualquer dispositivo de segurança, havendo o risco de queda do colhedor, a quebra do tronco e quando o colhedor não sobe no troco do coqueiro se expõe ao risco de queda dos frutos, ou até mesmo a queda da lâmina de corte. De acordo com as normas regulamentadoras é obrigatório a utilização de equipamentos de proteção individual, acessórios e sistemas de ancoragem para trabalhos em altura, equipe de emergência, desenvolvimento de planejamento para organização e execução das atividades, além de treinamento e capacitação dos funcionários.

2 MECANIZAÇÃO DA COLHEITA DE COCO

Visto que a cultura do coco vem se difundindo mundialmente nos últimos anos, o Brasil investindo em tecnologia para o plantio e manejo, sempre em busca de variações melhoradas da planta, há oportunidade para o desenvolvimento de equipamentos ou dispositivos que auxiliem no processo de colheita. A oportunidade de mecanização da etapa de colheita proporciona ao país a possibilidade de ampliar os índices de produtividade, gerando oportunidades para os produtores nacionais, permitindo o aumento dos volumes de exportação e conseqüentemente reduzindo cada vez mais os índices de importação, além de conferir aos trabalhadores maior conforto e agilidade durante a colheita, uma vez que os métodos existentes, em sua maioria, são limitados, envolvem riscos aos colhedores e possuem baixa produtividade. Diante disso este projeto tem por fim desenvolver um mecanismo para auxiliar na colheita de coco.

2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO COQUEIRO

Os aspectos físicos e fisiológicos do coqueiro apresentados neste tópico são de grande importância para o desenvolvimento, dimensionamento e estruturação do mecanismo.

Os coqueiros são plantas da família monocotiledônea, com altura de até 30 metros, possuem variação no diâmetro do tronco devido ao crescimento, à medida que o coqueiro cresce e perde as folhas são formadas as camadas de cicatriz foliar no estipe.

De acordo com especialistas estimasse que nascem por volta de 5 cachos em torno do coqueiro, o que resulta na distribuição de um cacho a cada 72 graus. Os cachos também podem apresentar variação de altura entre si, de aproximadamente 150mm.

Os cocos levam de 6 a 7 meses para amadurecerem, a evolução no período de amadurecimento apresenta características diferentes ao fruto, conforme tabela abaixo:

Tabela 4 - Composição e peso do coqueiro-anão em diferentes fases de amadurecimento.

Mês	Peso do fruto (g)	Composição do fruto (%)			
		Casca + Fibra	Coque	Albúmen Sólido	Albúmen Líquido
6	1358,92	61,43	8,72	5,77	24,07
7	1558,97	64,30	7,52	9,12	19,04
12	770,34	44,16	12,83	27,85	15,15

Fonte: Aragão, 2002.

Kawahara (2017) relata que um cacho de coco possui em torno de 10 a 15 frutos, com aproximadamente 30kg já considerando o peso do cacho, com volume estimado em 0,363 m³ com dimensões de 1100mm x 550mm x 600mm, o pedúnculo apresenta formato elíptico com dimensões de 65mm x 40mm.

Devido à grande variedade dimensional das variadas espécies de coqueiros o projeto foi intencionalmente limitado a coqueiros do tipo anão, que apresentam as características dimensionais descritas na tabela abaixo. Dessa forma, determinando um padrão de características que o dispositivo deve atender, entretanto há possibilidade de implementação de melhorias para que o dispositivo possa atender a outras variações de características dimensionais.

Tabela 5 - Características dimensionais do coqueiro padrão.

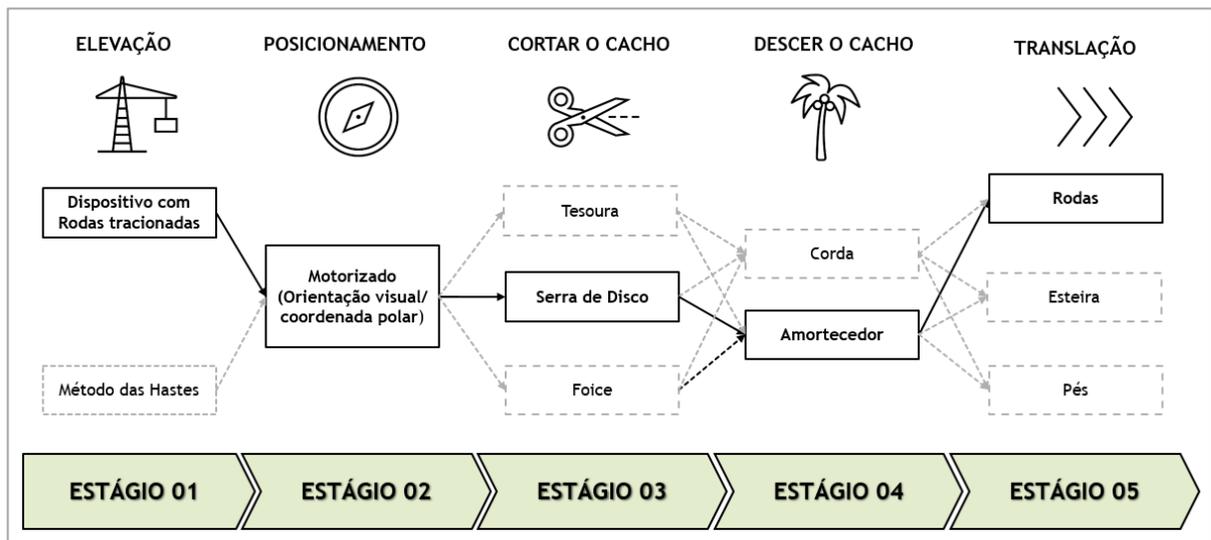
Altura do pé de coqueiro	15 m
Altura da localização do fruto	13 m
Diâmetro do coqueiro	400 mm
Massa do cacho	30 Kg
Massa média do fruto	1,5 Kg
Conicidade do tronco	5 mm/m
Distância angular entre folhas/cachos	Aprox. 72° (5 folhas/cachos por volta)
Orientação	Espiral sentido horário ou anti-horário
Altura entre as folhas/cachos	Aprox. 150 mm
Seção transversal do pedúnculo	Elipse com 65mm de largura e 40mm de altura

Fonte: Autor.

2.2 ANÁLISE DAS FUNÇÕES DO DISPOSITIVO

Como mencionado anteriormente a oportunidade de mecanização do sistema de colheita de cocos confere maior conforto e agilidade, comparado com os métodos utilizados atualmente, além disso o dispositivo proporciona maior segurança ao colhedor. Visando atender a necessidade do agricultor o dispositivo compreender um sistema de elevação, sistema de posicionamento, mecanismo de corte e sistema rotativa, além de um sistema de amortecimento para a queda dos cachos.

Figura 13 - Diagrama de funções.



Fonte: Autor.

O sistema de elevação deve ser capaz de vencer as possíveis irregularidades presentes no tronco e possuir flexibilidade para se ajustar as variações de diâmetro existentes ao longo do tronco.

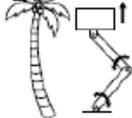
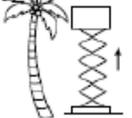
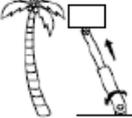
A disposição dos cachos de coco no topo do coqueiro evidencia a necessidade de o dispositivo realizar movimentos rotativos em torno do tronco para garantir a colheita de todos os cachos existentes, outra possibilidade, para atender esta distribuição, é a descida e reposicionamento do equipamento no tronco da árvore, entretanto este processo de setup aumentará o tempo de colheita.

Visando o corte do pedúnculo do cacho o dispositivo precisa compreender um mecanismo de corte que seja de fácil manuseado para garantir o posicionamento do mecanismo de corte no ponto correto.

Implementar um sistema de amortecimento ao mecanismo de colheita garante a integridade dos frutos, além de possibilitar a colheita em coqueiros mais altos de forma segura.

A partir do diagrama de funções apresentado acima é possível sugerir alternativas de soluções para cada função e posteriormente combiná-las a fim de obter a solução geral. A matriz morfológica abaixo apresenta as possíveis alternativas para as principais funções do projeto.

Figura 14 - Matriz morfológica para solução de cada função.

Alternativa / Função	1	2	3	4	5
(A) Elevação	Rodas tracionadas 	Braços articulados 	Plataforma tesoura 	Elevação telescópica 	
(B) Posicionamento	Cartesiano (LLL) 	Polar (RRL) 	Cilindrico (RLL) 	Angular (RRR) 	Pessoa 
(C) Cortar o cacho	Tesoura poda 	Serra linear / rotatória 	Foice / tacão 	Tração 	
(D) Descer o cacho	Íçamento 	Amortecedor 1 	Amortecedor 2 	Cesto 	Garfo 
(E) Translação	Rodas 	Esteira 	Pés 		

Fonte: Silva, B.

Na matriz morfológica são apresentadas quatro alternativas para a solução da função de elevação. A opção de rodas tracionadas permite a subida do dispositivo a partir do acoplamento dele diretamente no tronco do coqueiro, ao contrário das demais soluções que possuem como base de apoio o solo, estes mecanismos apresentam estruturas mais robustas com funcionamento mais complexos e necessitando de sistemas hidráulicos, o que torna o conjunto grande e pesado.

As alternativas apresentadas para o sistema de posicionamento possibilitam a implantação de um sistema de controle remoto, a utilização de um braço mecânico com posicionamento angular confere maior precisão em relação as demais alternativas.

Para mecanismo de corte do pedúnculo foram apresentadas quatro alternativas. A tesoura de poda para garantir o seu funcionamento necessitaria de um sistema auxiliar que forneça pressão suficiente para o corte do pedúnculo, dessa forma necessitado de um sistema hidráulico. No caso da tração também seria necessário o uso de um sistema auxiliar para

fornecer força para extrair o pedúnculo do tronco. A opção de serra além de ser um elemento pequeno e leve pode ser acionado por um motor elétrico de pequeno porte.

A matriz morfológica apresenta cinco opções para a seleção do método de amortecimento, dentre estes o amortecimento em solo, com a utilização de redes ou lonas é o mais simples.

As três alternativas para a função de translação são compatíveis, porém a roda é a mais simples e de fácil implementação, com maior disponibilidade no mercado.

A fim de garantir a escolha mais assertiva dentre as alternativas apresentadas para as principais funções do projeto foi utilizado o método de matriz de decisão, no qual foram avaliados os critérios de segurança, custo e eficiência.

Figura 15 - Matriz de decisão

Critérios	Elevação				Posicionamento				
	Rodas Tracionadas	Braços Articulados	Plataforma Tesoura	Elevação Telescópica	Cartesiano	Polar	Cilindrico	Angular	Pessoa
Custo 19%	0,3594	0,1563	0,4094	0,0749	0,0406	0,0717	0,0819	0,1658	0,6401
Segurança 66%	0,5708	0,0657	0,2392	0,1244	0,2432	0,2432	0,2432	0,2432	0,0270
Eficiência 16%	0,5726	0,1911	0,1083	0,1281	0,0587	0,1155	0,1355	0,2833	0,4070
	53,2%	10,2%	25,0%	11,6%	17,6%	19,1%	19,6%	23,5%	20,1%

Critérios	Cortar Cacho				Descer Cacho					Translação		
	Tesoura	Serra	Foice	Tração	lçamento	Queda Sobre Amortecedor	Duto de Frenagem	Cesto	Garfo	Rodas	Esteiras	Pés
Custo 19%	0,0734	0,5663	0,1466	0,2137	0,0462	0,5708	0,0697	0,1265	0,1869	0,7233	0,2059	0,0708
Segurança 66%	0,3000	0,3000	0,3000	0,1000	0,2379	0,1610	0,3107	0,1808	0,1097	0,3537	0,5559	0,0904
Eficiência 16%	0,1158	0,6801	0,1311	0,0729	0,0956	0,4682	0,2620	0,0800	0,0942	0,4866	0,4353	0,0782
	22,9%	41,0%	24,5%	11,7%	18,0%	28,6%	25,8%	15,5%	12,2%	44,4%	47,2%	8,5%

Fonte: Autor.

Após a análise realizada a partir da matriz de decisão verificou-se que a ideal combinação dentre as alternativas apresentadas na matriz morfológica corresponde a utilização de um sistema de elevação por meio de rodas tracionadas, para o sistema de posicionamento identificou-se que o angular é o mais favorável, o mecanismo de corte do pedúnculo por meio de serra circular é o mais eficiente e o amortecimento a partir da utilização de redes ou lonas apresenta o menor custo, para o sistema de translação apesar do estudo apontar a esteira como melhor opção a escolha foi de rodas, pois é de simples implementação e é facilmente encontrada no mercado.

2.3 MÁQUINA COLHEITADEIRA

Considerando que o dispositivo de colheita deve atender as necessidades do agricultor apresentadas anteriormente e aos critérios analisados na matriz de decisão. O dispositivo desenvolvido apresenta um sistema composto por três rodas inferiores do tipo omnidirecionais dispostas paralelamente em relação ao tronco do coqueiro e de três rodas superiores também omnidirecionais dispostas perpendicularmente, além disso o sistema é composto por molas que conferem a pressão de contato e permitem a acomodação das rodas às variações existentes no tronco, sendo as rodas inferiores responsáveis pela elevação do dispositivo e as rodas superiores responsáveis pela rotação, posicionamento, do braço de corte em torno do troco.

Figura 16 - Dispositivo de colheita



Fonte: Autor.

A fixação do dispositivo no tronco do coqueiro se dá através de grampos de pressão e do conjunto de dobradiças que permite a abertura do carro para o encaixe no tronco.

O sistema de funcionamento ocorre através do controle conectado ao dispositivo e consiste basicamente no acionamento das rodas inferiores, enquanto as rodas superiores estão com seus eixos parados, possibilitando apenas a rotação dos rolos, gerando o movimento de subida do carro. Chegando à altura de colheita as rodas inferiores travam seu eixo, através do

controle, permitindo apenas a rotação dos rolos, enquanto os eixos das rodas superiores são acionados, conferindo o movimento de rotação em torno do tronco, possibilitando o correto posicionamento do braço de corte, para posterior acionamento da serra e corte do pedúnculo do cacho. A energia para alimentação do dispositivo dá-se a partir do gerador elétrico à combustão, fornecendo energia por meio de cabeamento.

Após o corte do pedúnculo o cacho de coco vai em direção ao chão em queda livre e para preservar a qualidade dos frutos há um sistema de amortecimento ao redor do coqueiro. Além disso todo o conjunto é facilmente transportado através de um carro auxiliar que foi projetado para se adaptar às irregularidades existentes nos terrenos ruais.

2.3.1 A ESTRUTURA

Composto por um sistema de abertura ligado a dobradiças, que auxiliará no momento da montagem do dispositivo no tronco da árvore e o fechamento através dos grampos de pressão, a estrutura foi projetada em perfil de liga de alumínio 6005A-T5, buscando melhor custo-benefício e visando menor peso. A escolha do material dá-se, além da leveza, por meio da facilidade de manuseio para confecção da estrutura, corte e dobra, boas propriedades mecânicas, e é facilmente encontrado no mercado. Na têmpera T5 o material é resfriado bruscamente após um processo de conformação a uma temperatura elevada e depois envelhecido artificialmente, ideal para produtos que não sofrem deformação plástica a frio.

Tabela 5 - Propriedades mecânicas liga alumínio 6005A

Liga e têmpera	Ø Nominal (mm)		Área (mm ²)		Limite de resistência à tração (MPa)		Limite convencional de escoamento (MPa)		alongamento mín. (%)	
	acima de	até	acima de	até	mín	máx	mín	máx	50mm	50(5,55VA)
6005A-T5	3,2	25	Qualquer		260	-	215	-	8	-

Fonte: Guia Técnico do Alumínio – Extrusão, 2014.

Tabela 6 - Propriedades mecânicas têmpera T5

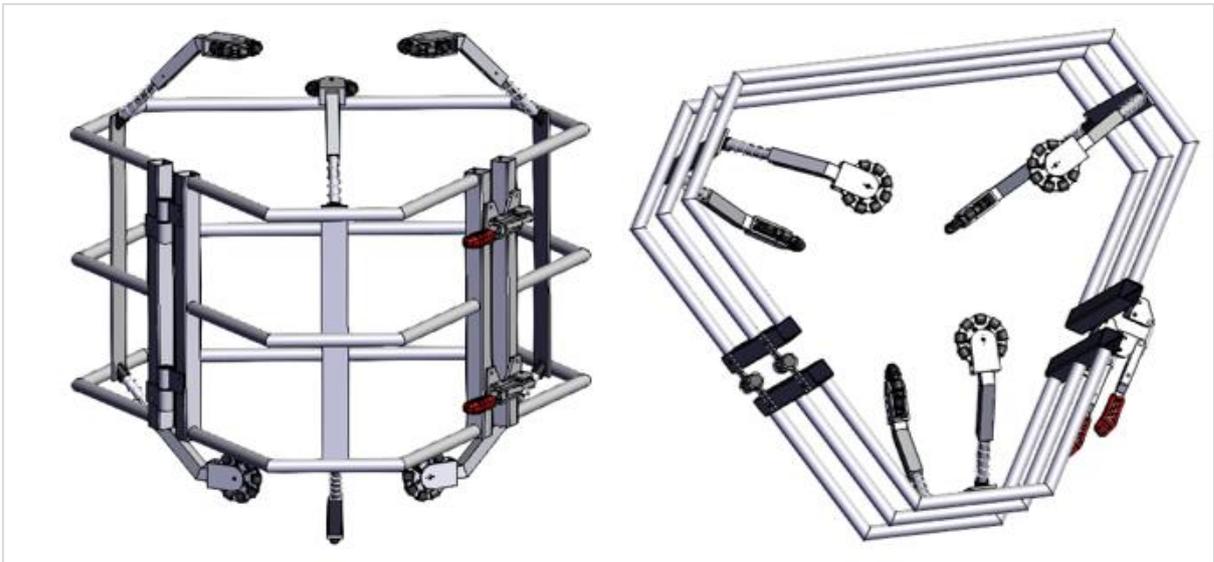
Liga	Têmpera	Durezas típicas	
		Webster	Brinell
6005A	T5	14	82

Fonte: Guia Técnico do Alumínio – Extrusão, 2014.

A fim de promover maior durabilidade a estrutura receberá acabamento superficial, pintura, sendo necessário o acabamento do tipo 2A para que a superfície esteja preparada para

anodização decorativa, este acabamento confere a superfície rugosidade de até 2,5 micrômetros, sendo os defeitos e riscos não visíveis após a anodização. A pintura eletrostática é uma das formas de pintura mais resistente e efetiva existente, é um processo diferenciado que utiliza cargas elétricas para a fixação da tinta na superfície, suas principais vantagens são que a tinta é totalmente ecológica pois não tem solvente, é de fácil aplicação e o resultado de aderência é incrível.

Figura 17 - Estrutura do carro.



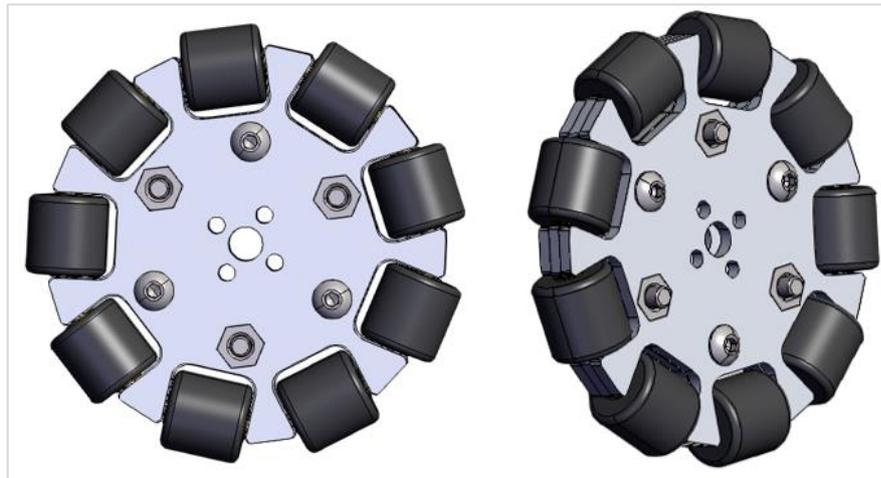
Fonte: Autor.

2.3.2 SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO

2.3.2.1 RODAS OMNIDIRECIONAIS

As rodas com movimentos omnidirecionais foram inventadas pelo engenheiro sueco Ikon em 1975, chamadas de rodas Mecanum possuem como principal base a tração na direção perpendicular ao eixo do motor, o que permite o deslizamento na direção do seu eixo, entretanto para realizar o movimento omnidirecional, é necessário que as rodas sofram atrito na direção do eixo do motor, facilitando o movimento em conformidade a esta direção. Diferentemente das rodas convencionais as rodas omnidirecionais possuem 3 rotações em torno do eixo principal e/ou o ponto de contato da roda, pois a rotação dos roletes também é considerada.

Figura 18 - Roda omnidirecional



Fonte: Autor.

Existem no mercado inúmeras variações de rodas omnidirecionais, que atendem a diferentes direções. A possibilidade de movimentação das rodas omnidirecionais em ângulos de 90° , várias rodas (rolos) menores fixadas perpendicularmente em relação ao plano da roda maior, proporciona a este projeto a flexibilidade necessária para a execução do movimento de subida e de rotação em torno do tronco.

2.3.2.2 SISTEMA DE ELEVAÇÃO E DE ROTAÇÃO

No sistema de subida e de rotação do carro os movimentos são garantidos através da posição de montagem de cada conjunto de roda na estrutura, cada conjunto possui três rodas dispostas a 120° . O conjunto inferior é montado com o eixo principal posicionado perpendicularmente ao tronco do coqueiro, dessa forma o torque da roda na região de contato é paralelo ao comprimento do tronco o que possibilita o movimento de subida, quando os motores inferiores estão acionados. Já o conjunto superior é montado com o eixo principal posicionado paralelamente ao tronco do coqueiro, consequentemente o torque da roda na região de contato é perpendicular ao comprimento do tronco o que possibilita o movimento de rotação em torno do tronco, quando os motores superiores estão acionados. Além disso, quando o conjunto de motores superior ou inferior não está acionado o movimento é assegurado pelos rolos existentes nas rodas omnidirecionais que não estão sobre ação do torque do motor, ou seja, o acionamento do motor de um dos conjuntos influencia o movimento dos rolos do outro conjunto, das rodas que não estão com eixo principal acionado (motor parado).

Figura 19 - Posicionamento das rodas omnidirecionais



Fonte: Autor.

O sistema de movimentação também é composto por molas, que mantem a pressão de contato à medida que o tronco do coqueiro vai afunilando, além de driblar as irregularidades presentes no tronco. Cada roda é ligada a um braço (guia da mola) disposto a 45° , posição semelhante a uma mão francesa, conferindo ao movimento de elevação maior força de atrito na região das rodas, uma vez que o ângulo de 45° gera uma componente de força em direção ao tronco, contribuindo para a força normal na região de contato.

2.3.2.3 DIMENSIONAMENTO DAS MOLAS E MOTOR

Simplificando os cálculos para o dimensionamento inicialmente houve a necessidade de ajustar o equilíbrio da estrutura, pois devido a adição do braço de corte à estrutura ocorreu o deslocamento do centro de massa na direção do braço de corte, para corrigir o posicionamento do centro de massa adicionou-se contrapesos do lado oposto ao braço de corte, assim trazendo o centro de massa para o centro da estrutura, totalizando 43kg. A partir deste equilíbrio para simplificar os cálculos a estrutura total foi dividida em 3 partes, assim facilitando a determinação das forças existentes nas rodas, para enfim quantificar a pressão necessárias a serem aplicadas pelas molas e a potência dos motores de elevação e rotação. Com a intenção de garantir que o sistema de movimentação execute sua função mesmo durante a falha de um dos três motores foi acrescido ao peso o coeficiente de segurança de 1,5, dessa forma pode-se garantir que havendo a falha de um dos motores do sistema de movimentação os outros dois motores podem compensar a falha. Considerando a massa total da estrutura acrescida do coeficiente de segurança temos:

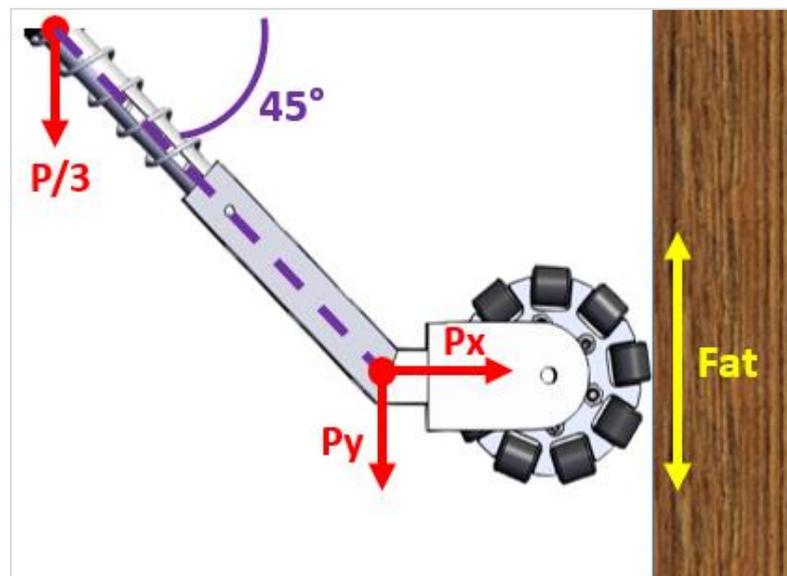
$$M = 43kg \cdot 1,5 = 64,5kg$$

Admitindo que a aceleração da gravidade equivale a $9,81m/s^2$ o peso total da estrutura equivale a?

$$P = 64,5kg \cdot 9,81m/s^2 = 632,7N$$

A partir na análise do diagrama de forças, apresentado abaixo, realizado para 1/3 da estrutura na região mais crítica, a roda inferior que é a mais solicitada devido o peso da estrutura.

Figura 20 - Diagrama de forças



Fonte: Autor.

Analisando a força de atrito pelo critério estático e dinâmico temos que:

$$Fat \geq P/3 \quad R = P/3 - Fat = 0$$

$$Fat_e = N \cdot \mu_e = P_x \cdot \mu_e = 210,9 \cdot 0,84 = 177,156N$$

$$Fat_d = N \cdot \mu_d = P_x \cdot \mu_d = 210,9 \cdot 0,66 = 139,194N$$

A força de atrito pelo critério estático e dinâmico são inferiores a parcela do peso que empurra a roda para baixo, o que evidência a necessidade da adição da mola. A força da mola

aumentará a força normal, logo contribuindo com a força de atrito. Sabendo que a força de atrito deve ser menor ou igual a parcela da força peso podemos definir qual o mínimo de força normal total que esta parcela da estrutura deve ter:

$$Fat_e \geq P_y = N_{total} \cdot \mu_e \rightarrow 210,9 = N_{total} \cdot 0,66 \rightarrow N_{total} = 319,54N$$

A partir da determinação da força normal necesasária para auxiliar a força de atrito a vencer a força peso podemos determinar a força mínima que a mola deve exercer na componente horizontal para garantir a força normal mínima do sistema:

$$F_{N_{mola}} = N - P_x = 319,54 - 210,9 = 108,6N$$

Considerando que temos uma roda inferior e outra superior e ambas terão molas consideramos que a força total da mola obtida no cálculo anterior pode ser dividida por dois, logo, temos que cada mola de exercer o mínimo de força normal igual a 54,3N.

Para verificar se a somatória dos atritos, roda superior e inferior, garantem a fixação da estrutura no tronco da árvore faremos o equilíbrio de forças na vertical, temos que:

$$Fat_{superior} = N \cdot \mu_d = 54,3 \cdot 0,66 = 35,8N$$

$$Fat_{inferior} = (P_x + N) \cdot \mu_d = (210,9 + 54,3) \cdot 0,66 = 175,1N$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow Fat_{superior} + Fat_{inferior} - P_y = 35,8 + 175,1 - 210,9 = 0$$

Portanto com a força normal de 54,3N, componente fornecida pela mola, a estrutura mantém-se fixa ao tronco. A partir disso a força total mínima da mola equivale a:

$$F_{mola_{horizontal}} = F_{mola} \cdot \cos 45^\circ \rightarrow F_{mola} = \frac{54,3}{\cos 45^\circ} = 76,7N$$

Para o dimensionamento da mola considerarmos o módulo de elasticidade (G) igual a 84000 N/mm², deslocamento máximo (x) de 37,5 mm, diâmetro do fio (d_a) de 2,35 mm, diâmetro médio (D_m) da mola de 22 mm, número de espiras ativas (N_a) e inativas (N_i) igual a

6 e 2, respectivamente, logo o número total de espiras (N_T) é de 8, o comprimento da mola sem carga (L_{free}) equivale a 118 mm e comprimento de montagem (L) igual a 102,7 mm. A partir destas informações preliminares pode-se determinar o índice de compressão da mola:

$$c = \frac{D_m}{d_a} = \frac{22}{2,35} = 9,36$$

O diâmetro interno (D_i) e externo (D_e) da mola foram óbitos através das equações abaixo, respectivamente:

$$D_i = D_m - d_a = 22 - 2,35 = 19,65 \text{ mm}$$

$$D_e = D_m + d_a = 22 + 2,35 = 24,35 \text{ mm}$$

A constante elástica da mola (k) foi determinada conforme expressão abaixo:

$$k = \frac{d_a \cdot G}{8 \cdot c^3 \cdot N_a} = \frac{2,35 \cdot 84000}{8 \cdot 9,36 \cdot 6} = 5,012 \text{ N/mm} = 0,511 \text{ kgf/mm}$$

A partir disso, temos que a força ($F_{m\acute{a}x}$) atuante no deslocamento máximo e a pré-carga (P) na mola corresponde, respectivamente:

$$F_{m\acute{a}x} = x \cdot k = 37,50 \cdot 5,012 = 187,96 \text{ N}$$

$$P = (L - L_{free}) \cdot k = (118 - 102,7) \cdot 5,012 = 76,69 \text{ N}$$

Para o dimensionamento do motor avaliou-se o caso crítico, na posição de montagem onde o tronco do coqueiro possui o maior diâmetro e conseqüentemente há maior esforço na mola. Dessa forma o torque do motor precisa vencer a força de atrito estática total calculada abaixo:

$$Fat_T = Fat_{superior_e} + Fat_{inferior_e}$$

$$Fat_{superior_e} = N_{total} \cdot \mu_e = 132,86 \cdot 0,84 = 111,6N$$

$$Fat_{inferior_e} = N_{total} \cdot \mu_e = (132,86 + 210,9) \cdot 0,84 = 288,75N$$

$$Fat_T = 111,6 + 288,75 = 400,35N$$

$$T_{motor} \geq Fat_T \cdot R_{roda} = 400,35 \cdot 0,05 = 20,01Nm$$

Além do torque necessário para a elevação da estrutura é preciso verificar a força de travamento, frenagem, necessária para manter a estrutura parada durante o corte do pedúnculo, sendo possível fazer esta verificação a partir somatória dos momentos e igualando a zero:

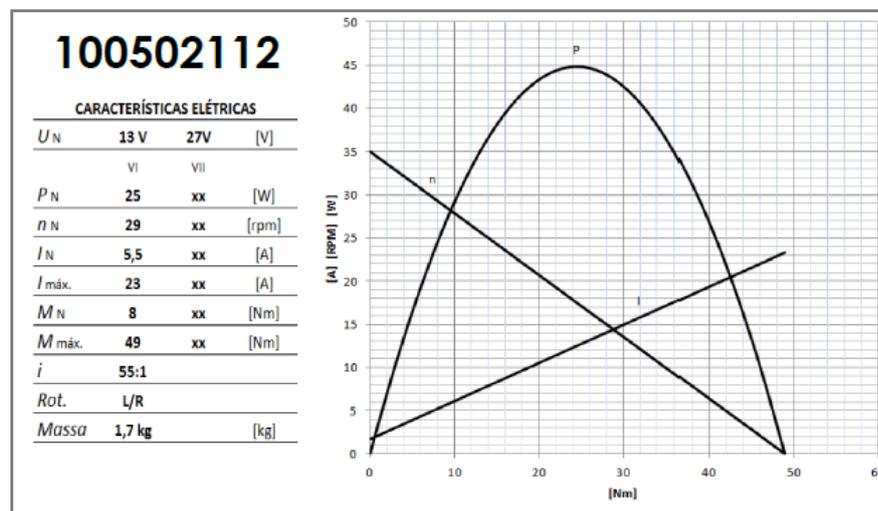
$$\sum M = 0 \rightarrow Fat_T \cdot R_{roda} - P_y \cdot R_{roda} - M_{trava} = 0$$

$$+400,35 \cdot 0,05 - 210,9 \cdot 0,05 - M_{trava} = 0$$

$$M_{trava} = 9,5Nm \text{ (para as rodas inferiores)}$$

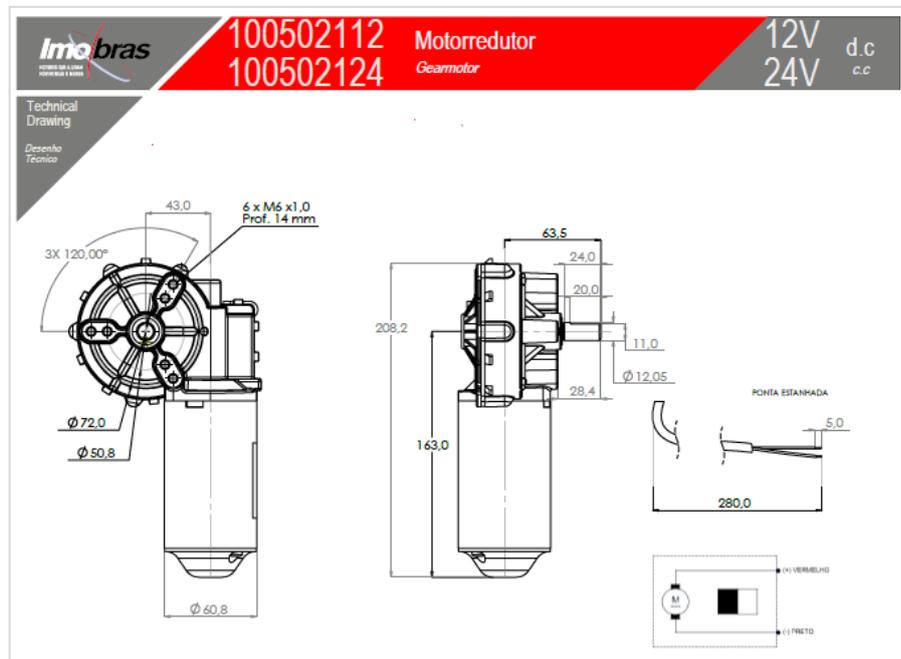
A partir da determinação do torque para elevação e o torque mínimo para que a estrutura não desça o motor selecionado é o motorreductor 100502112 apresentado abaixo:

Figura 21 - Motorreductor características elétricas



Fonte: Catálogo Imobras.

Figura 22 - Motorreductor

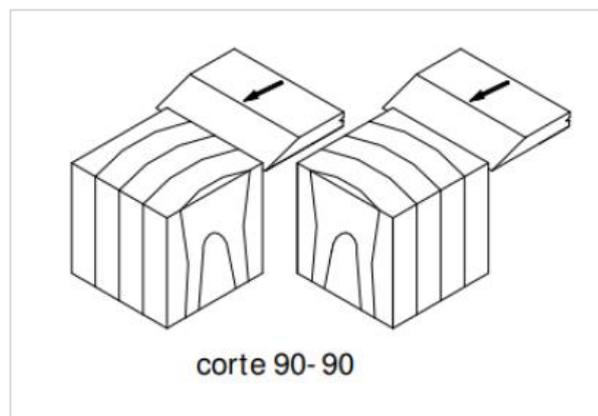


Fonte: Catálogo Imobras.

2.3.3 DISPOSITIVO DE CORTE

O sistema de corte ou braço de corte é composto por uma serra de corte revestida por uma carcaça confeccionada em alumínio, fixada a estrutura do carro. Para a seleção da serra para o corte do pedúnculo admitiu-se que o material do pedúnculo se assemelha a eucalipto, dessa forma a serra selecionada é para corte de madeira. O tipo de corte a ser realizado no pedúnculo é o corte ortogonal 90-90, conforme imagem abaixo, onde a aresta de corte e a direção do movimento de corte são perpendiculares à direção das fibras, direção transversal.

Figura 23 - Corte ortogonal



Fonte: Teoria de corte.

Tabela 7 - Valores de K_{s1} e $1-Z$ na direção de corte paralela para eucalipto

ESPÉCIE	γ	K_{s1}	$1-Z$
Eucalipto	10°	8,84	0,84

Fonte: Teoria de corte.

2.3.3.1 DIMENSIONAMENTO DO BRAÇO DE CORTE

Para a seleção da serra de corte determinou-se os parâmetros de corte, tais como, velocidade de corte, velocidade de avanço ou velocidade de alimentação, força de corte, potência de corte e torque de corte. Para os cálculos foram admitidas as seguintes condições:

Tabela 8 - Dados iniciais

Diâmetro da serra		300 mm
Rotação do servomotor		3000 rpm
Dimensões do pedúnculo	altura	40 mm
	largura	65 mm
Números de dentes da serra		24
Tempo de corte		5 segundos

Fonte: Teoria de corte.

A velocidade de corte corresponde a distância percorrida por unidade de tempo, pela aresta de corte do dente, é diretamente proporcional ao diâmetro e à rotação dos volantes e pode ser calculada pela seguinte expressão, onde V_c é a velocidade de corte em m/s, D_v é o diâmetro dos volantes em metros e R é o número de revoluções por minuto do volante motor, em rpm:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D_v \cdot R}{60} = \frac{\pi \cdot 300 \times 10^{-3} \cdot 3000}{60} = 47,12 \text{ m/s}$$

A velocidade de avanço é a distância percorrida por unidade de tempo entre a ferramenta e a madeira, podendo ser obtida a partir da expressão abaixo, onde l é o comprimento em metros e t_c é o tempo de corte em segundos:

$$V_f = \frac{l}{t_c} = \frac{65 \times 10^{-3}}{5} = 0,013 \text{ m/s} = 0,78 \text{ m/min}$$

A espessura do cavaco é representada por δ , podendo ser calculado através da expressão, onde p é o passo (mm):

$$\delta = \frac{V_f \cdot p}{60 \cdot V_c} = \frac{0,013 \cdot 40 \times 10^{-3}}{47,12} = 0,011 \text{ mm}$$

A força e potência de corte podem ser obtidas a partir das equações abaixo, respectivamente, onde F_c é a força de corte por dente (N), K_{S1} é a pressão específica de corte, K é a largura da aresta de corte em mm, $1 - Z$ é o coeficiente adimensional de Kienzle e N_c é a potência de corte em CV:

$$F_c = K_{S1} \cdot K \cdot \delta^{1-Z} = 8,84 \cdot 3,8 \cdot 0,011^{0,84} = 0,76 \text{ N}$$

$$N_c = \frac{F_c \cdot V_c}{75} = \frac{0,76 \cdot 47,12}{75} = 0,47 \text{ CV} = 0,35 \text{ KW} = 350 \text{ W}$$

O trabalho necessário para o corte do pedúnculo é dado pela expressão, onde H é altura do pedúnculo:

$$T = F_c \cdot H \cdot 1000 = 0,76 \cdot 40 \times 10^{-3} \cdot 1000 = 30,4 \text{ Nm}$$

Considerando as expressões acima temos os parâmetros para seleção do corte do pedúnculo resumido na tabela abaixo.

Tabela 9 - Parâmetros de corte

Velocidade de corte	47,12 m/s
Velocidade de avanço	0,78 m/min
Espessura do cavaco	0,011mm
Força de corte	0,76N
Potência de corte	350W
Torque	30,4Nm

Fonte: Autor.

A partir dos parâmetros de corte obtidos nos cálculos acima o disco de corte selecionado é o disco código 14307 disponível no catálogo IRWIN, com diâmetro externo de 300mm, furo de 30mm, com 24 dentes, sendo os dentes do tipo ATB, lâmina com espessura de 2,50mm, com largura de corte de 3,8mm e rotação máxima de 3800rpm. O servomotor selecionado

corresponde ao código SGMAV-02A3A61, disponível no catálogo SGMAV, com as características apresentadas na tabela abaixo:

Tabela 10 - Características do servomotor

SERVOMOTOR SGMAV	L	LL	LM	Dimensões da Flange								S	Rosca X Profundidade	Dim. Da chaveta				MD	MW	MH	M (kg)	Inércia (kg.m ² x10 ⁻⁴)	Carga axial (N)	Carga radial (N)
				LR	LE	LG	LC	LA	LB	LZ	QK			U	W	T								
				02A3A61	110	80	51	30	3	6	60			70	50	5,5	14							

Fonte: Catálogo SGMAV.

2.3.4 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

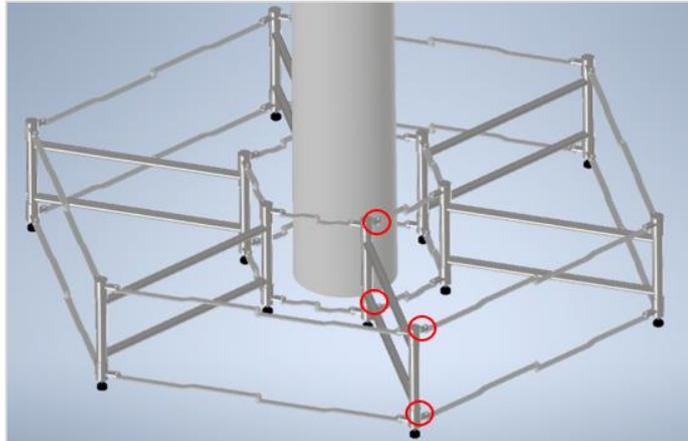
Para o sistema de alimentação optou-se pela utilização de gerador a combustão, uma vez que a utilização do dispositivo é em área rural e muitas vezes não há disponibilidade de rede elétrica no meio da plantação. A fim de garantir a alimentação de todos os motores da estrutura o gerador selecionado é de uso profissional, modelo VG3800 VULCAN TRENT, auto-excitante, com regulação de tensão por AVR - Bifásico - com sensor de óleo, motor gasolina 4 tempos de partida manual, consumo de 1,3L/h, tanque para 12L, autonomia de 9 horas, potência energética máxima de 3000W e nominal de 2800W, com potência de saída 27,27A em 110 Volts, sendo necessária a utilização de um módulo transformador para alimentação dos motores em 12V.

2.3.5 SISTEMA DE AMORTECIMENTO

O sistema de amortecimento para este projeto se faz necessário devido o cacho de coco, após o corte do pedúnculo, descer em queda livre, o que pode causar danos aos frutos durante o impacto com o chão, além de possíveis lesões aos colhedores. Sendo assim o sistema de amortecimento é composto por uma estrutura de tubos de aço soldados que serão apoiados no solo, são acopladas a estrutura chapas de aço unidas através de pinos que permitem o fechamento do sistema, para facilitar o transporte, e abertura para exercer o amortecimento. Os pinos da estrutura devem ser colocados na hora da abertura do sistema (os marcados em vermelho), porque somente desta forma é possível fazer o contorno completo. Os demais podem estar já fixos na estrutura. A estrutura contorna o tronco do coqueiro semelhante a um leque, permitindo que toda a área ao redor do coqueiro tenha um amortecimento da queda do cacho, após o corte do pedúnculo. O cacho tende a cair sobre a rede disposta sobre a estrutura metálica,

absorvendo a energia proveniente da queda livre, dessa forma preservando a integridade dos frutos.

Figura 24 - Estrutura para amortecimento



Fonte: Autor.

2.3.6 CARRO AUXILIAR PARA TRANSPORTE

A fim de proporcionar ao agricultor conforto durante a colheita, visto que há a necessidade de transportar todo o conjunto de equipamentos de coqueiro em coqueiro, desenvolveu-se um carro auxiliar para facilitar o transporte no meio da plantação. O carro foi projetado visando para ser capaz de vencer as irregularidades presentes no terreno rural, além de comportar todo o equipamento necessário para a efetiva colheita dos cachos.

Figura 25 - Carro auxiliar para transporte



Fonte: Autor.

2.3.7 SEGURANÇA

Como apresentado anteriormente, os métodos para colheita de coco utilizados atualmente apresentam riscos para o colhedor e para a qualidade final do produto. Sendo assim este projeto foi desenvolvido buscando minimizar ou até eliminar tais riscos, desde a possível queda de coco sobre os agricultores e a queda das lâminas de corte utilizadas durante esta atividade. A mecanização do sistema de colheita proporciona ao agricultor segurança em relação ao trabalho em altura, conforme descrito e orientado pela NR 35, uma vez que não haverá mais a necessidade da utilização da peconha ou do método de escalada para a colheita de coco, assim eliminando o risco do trabalho em altura. Entretanto com a mecanização da colheita a NR 12 estabelece ações para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores durante o uso de máquinas e equipamentos. Além disso a NR1 Determina que as normas regulamentadoras, relativas à segurança e medicina do trabalho, obrigatoriamente, deverão ser cumpridas por todas as empresas privadas e públicas, desde que possuam empregados regidos de acordo com a CLT, sendo assim independentemente da utilização do equipamento os colhedores devem estar devidamente preparados, utilizando os equipamentos de proteção individual, tais como, calçado de segurança, capacete, luvas e óculos de proteção.

No que desrespeito a segurança não podemos deixar de mencionar a segurança do equipamento, que deve ser considerada, pois este envolve custos. Ocorrendo a hipótese de a máquina colhedora falhar em cima da árvore e, devido a trava do motor, esta não descer por escorregamento, desenvolveu-se uma haste montável que deve ser utilizada para alcançar os grampos de fechamento e abri-los para aliviar a pressão das molas, sendo assim, possível a descida o equipamento por meio de escorregamento e apoio da haste, podendo assim garantir a integridade do equipamento.

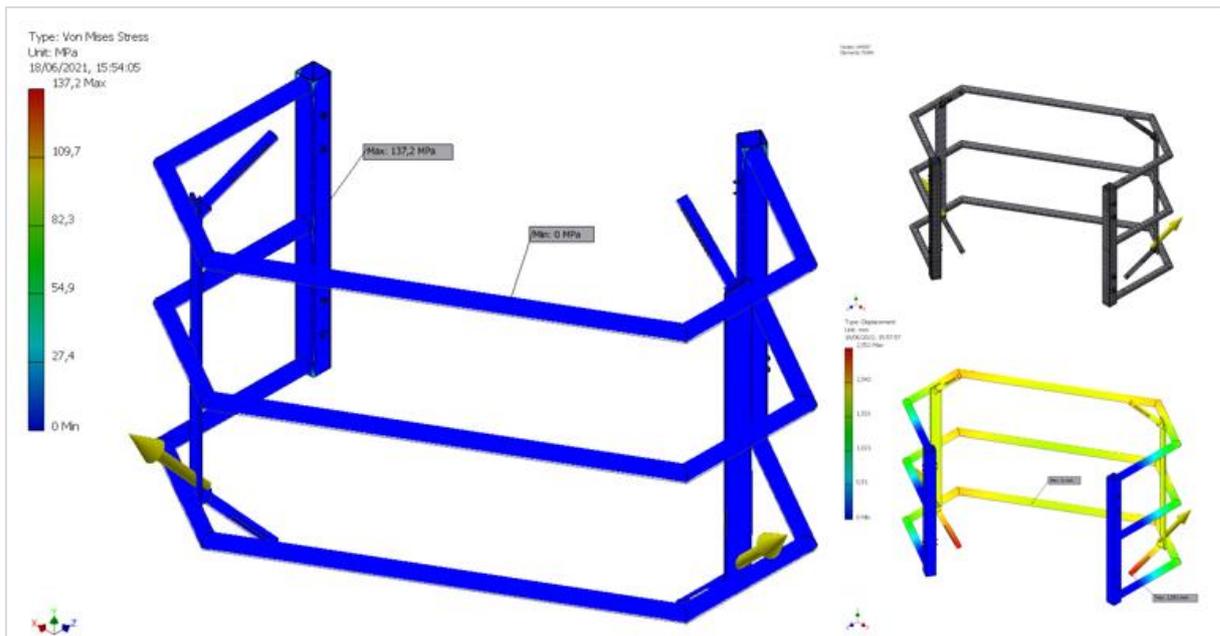
2.3.8 SIMULAÇÃO

Com o objetivo de validar o dispositivo construído, foram realizadas simulações nos pontos, considerados críticos. Para desenvolver as análises de modo eficiente e acurado, diferentes parâmetros de malha e convergência foram determinados. Em questão da malha, parâmetros que englobam a maioria de análises estruturais foram obtidos da empresa Engineering Simulation And Scientific Software: Razão de aspecto menor que 5; Índice Jacobiano menor que 5; Ângulo interno entre 20° e 120°; Warping menor que 10%. Para a convergência das análises, estas foram separadas entre pré-processamento, processamento e

pós-processamento. No primeiro são considerados a geometria, as condições de contorno nela impostas e a modelagem em elementos finitos, escolhendo parâmetros de malha e representações das condições de contorno no software. No processamento é feita a simulação numérica do software, e no pós-processamento as tensões e deformações são verificadas de acordo com as propriedades mecânicas e coeficientes de segurança determinados.

A estrutura do dispositivo precisa suportar todas as forças e conceder estabilidade para manter o centro de gravidade do dispositivo centralizado distribuindo corretamente as forças. Para simular esta condição, como pode ser observado na imagem em abaixo, foram criadas 8 restrições pinadas nos tubos quadrados para as fixações parafusadas do grampo tensor e da dobradiça e foi aplicada uma força peso que será contratorqueada pelo motor da roda. Para resistir aos esforços, foi selecionado a liga 6005A de alumínio com têmpera T5 e de acordo com a simulação, a estrutura sofrerá tensão máxima de 137 MPa na região soldada entre o tubo circular e o tubo quadrado na parte fixa da estrutura.

Figura 26 - Simulação estrutura fixa.



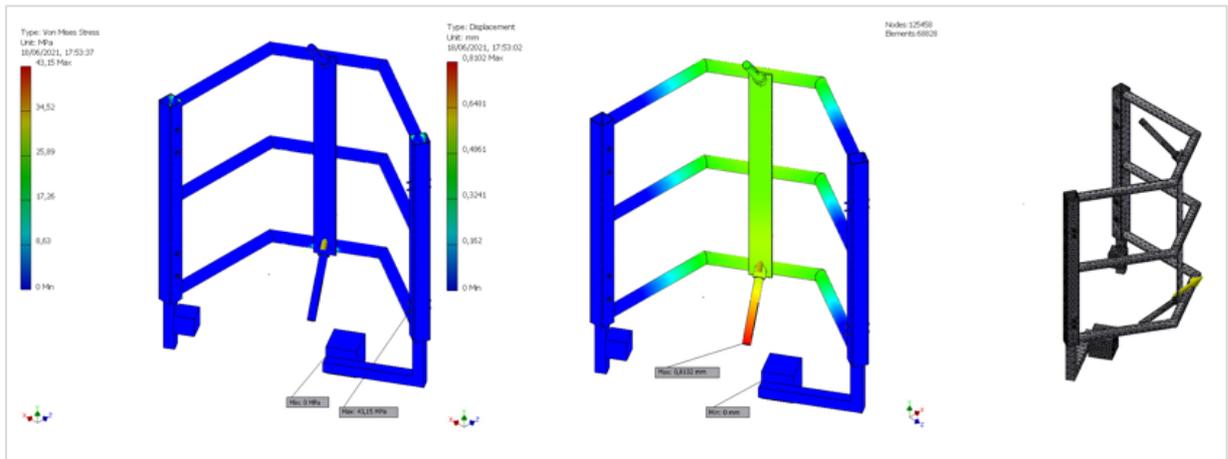
Fonte: Autor.

O deslocamento por sua vez tem menor importância em nosso projeto por não ser um dispositivo de precisão, além disso o motor é responsável por transmitir com folga o torque necessário para o dispositivo que possui controlador de sistemas mecânicos. Observando os cuidados tomados com as análises e a posterior comparação de cada tensão máxima com a tensão limite de escoamento de modo a trabalharmos no regime elástico, chegamos ao

coeficiente de segurança que para a estrutura foi de 1,56 e é possível concluir que a estrutura como um todo está apta a suportar as cargas estáticas aplicadas.

A parte móvel da estrutura não sofre tantos esforços quanto a parte fixa mostrada anteriormente.

Figura 27 - Simulação estrutura móvel



Fonte: Autor.

Tabela 11 - Resultados obtidos simulação estrutura móvel

Análise Estrutura com abre-fecha			Parâmetro	Valor	Unidade
Material	Alumínio 6005A-T5	-	Material	Alumínio 6005A-T5	-
Força aplicada	486,1	N	Limite de escoamento	215	MPa
Local da força	Suporte da fixação do guia soldado na estrutura	-	Limite de ruptura	260	MPa
Suporte 1	Cilíndrico nos parafusos de fixação das juntas	-	Densidade	2713	kg/m ³
Tensão máxima	175,11	MPa	Poisson	0,33	
Deformação máxima	1,8561	mm	Módulo de Elasticidade	69,04	GPa
CS	0,00	-			

Fonte: Autor.

Tabela 12 - Resultados obtidos simulação pino da dobradiça

Análise Cisalhamento Pino			Parâmetro	Valor	Unidade
Material	Alumínio 6061-T6	-	Material	Alumínio 6061-T6	-
Força aplicada	500	N	Limite de escoamento	259	MPa
Local da força	Lado com maior área	-	Limite de ruptura	313	MPa
Suporte 1	Cilíndrico no lado com menor área, livre no axial	-	Densidade	2713	kg/m ³
Suporte 2	Remote Displacement no lado inferior do pino, onde encostaria na bucha	-	Poisson	0,33	
Tensão máxima	56,924	MPa	Módulo de Elasticidade	69,04	GPa
Deformação máxima	0,007582	mm			
CS	4,549926217	-			

Fonte: Autor.

Tabela 13 - Resultados obtidos simulação eixo do motor

Análise eixo do motor			Parâmetro	Valor	Unidade
Material	SAE 8620	-	Material	SAE 8620	-
Força 1 (1/3 do peso)	210,915	N	Limite de escoamento	758	MPa
Força 2 (reação do coqueiro)	343,76	N	Limite de ruptura	931	MPa
Local da força	Face da chaveta	-	Densidade	7850	kg/m ³
Suporte 1	Cilíndrico nos assentos de rolamento do eixo, um deles fixo nas três direções e o outro livre no axial	-	Poisson	0,29	
Suporte 2	Remote Displacement no lado inferior do pino, onde encostaria na bucha	-	Módulo de Elasticidade	205	GPa
Tensão máxima	648,57	MPa			
Deformação máxima	0,48635	mm			
CS	1,168725041	-			

Fonte: Autor.

Tabela 14 - Resultados obtidos simulação junções

Análise Junção			Parâmetro	Valor	Unidade
Material	Alumínio 6061-T6	-	Material	Alumínio 6061-T6	-
Força aplicada	500	N	Limite de escoamento	259	MPa
Local da força	Meia face de contato dos parafusos	-	Limite de ruptura	313	MPa
Suporte 1	Cilíndrico no local da bucha polimérica, livre no axial	-	Densidade	2713	kg/m ³
Suporte 2	Compression only no apoio da bucha polimérica	-	Poisson	0,33	
Tensão máxima	41,22	MPa	Módulo de Elasticidade	69,04	GPa
Deformação máxima	0,00124	mm			
CS	6,283357593	-			

Fonte: Autor.

2.3.9 DFMEA

O objetivo desta análise é detectar os principais modos de falha potencial relativo a cada função e as causas potenciais de cada modo de falha. O método do DFEMA permitiu que a equipe identificasse e documentasse todas as suspeitas sobre os modos de falha do produto, durante a fase do projeto, para que se possa usar estas informações para ajustar o projeto do produto e então mitigar as causas do fracasso. O método possibilita identificar e avaliar a gravidade, probabilidade e a frequência de ocorrência de cada modo de falha. A partir da detecção de um modo de falha a equipe classificou a gravidade de cada modo de falha identificado, usando uma escala de 1 a 10, onde um 1 indica que não há efeito discernível e um 10 indica que o modo de falha pode afetar o funcionamento seguro. Em seguida, a frequência da ocorrência do modo de falha é classificada utilizando uma escala de 1, a probabilidade remota de uma falha, 10, falhas persistentes. Por fim o Número de Prioridade de Risco (RPN) é calculada multiplicando-se o ranking ocorrência, gravidade e detecção. Com NPR calculado,

a partir disso modelos devem ser analisados, para que se identifique as melhores características e funcionalidade. A ferramenta DFMEA deve ser aplicada e reaplicada em busca da melhoria contínua do projeto, na fase de desenvolvimento.

Tabela 15 - Critérios de avaliação DFMEA

Critérios de Avaliação			
Severidade	Avaliação	Explicação	
Muito alto/Desconhecido	10	Efeito perigoso e potencialmente fatal, se ocorrer uma falha. A reputação da empresa está em risco. Sem aviso prévio.	
	9	Efeito crítico sobre a satisfação do cliente, a função está ausente e resulta em custos importantes. Menor risco de segurança. Com aviso.	
Alto	8	O cliente considera um fornecedor alternativo.	
	7	O produto não funciona.	
Moderado	6	Sub-sistemas falham - falha parcial das funções do produto.	
	5	Cliente reclama.	
	4	O cliente está irritado e contata o serviço. As modificações dos processos ou produtos do cliente precisam ser feitas.	
Baixo	3	O cliente está irritado, mas não entra em contato com o Serviço. A falha é facilmente corrigida pelo próprio cliente.	
	2	Efeito insignificante, notado pelo cliente, mas não irrita e não tem influência no processo ou no produto do cliente.	
Muito baixo	1	O cliente não percebe falha.	

Ocorrência	Avaliação	Explicação	
Muito alto	10	1:5	É quase certo que as falhas ocorrerão em grande escala.
	9	1:10	Ocorrência muito freqüente da causa de falha, conceito de construção inadequado
Alto	8	1:20	A construção cumpre os desenhos, que causam dificuldades persistentes
	7	1:50	A causa de falha ocorre repetidamente, problemática, construção imatura / tecnologia
Moderado	6	1:100	A causa da falha ocorre repetidamente, ainda não totalmente desenvolvida construção / tecnologia
	5	1:200	A construção cumpre os desenhos anteriores, onde ocasionalmente ocorreram falhas
	4	1:300	Falha incomum causada, apropriada e em maturidade construção avançada
Baixo	3	1:400	Construção cumpre com desenhos anteriores, para os quais foi relatado um baixo número de falha
	2	1:500	
Muito baixo	1	1:1000	A construção está em conformidade com desenhos anteriores, para os quais não há falhas notáveis

Detecção	Avaliação	Explicação	
Muito baixo	10	Muito baixa probabilidade de detecção do mau funcionamento, porque o método de detecção não é conhecido ou determinado	
	9		
Baixo	8	Baixa probabilidade de detecção de mau funcionamento, porque o método de detecção não seguro ou nenhuma experiência com o método de detecção estabelecido	
	7		
Moderado	6	Probabilidade moderada de descoberta do mau funcionamento. Método de teste comprovado de produtos comparáveis sob novas condições operacionais ou de contorno.	
	5		
	4		
Alto	3	Alta probabilidade de detecção do mau funcionamento através de métodos comprovados de verificação. A eficácia das medidas de descoberta foi demonstrada para este produto.	
	2		
Muito alto	1	Probabilidade muito alta de detecção do mau funcionamento do método de detecção comprovado por gerações de predecessores. A eficácia das medidas de descoberta foi demonstrada para este produto.	

Fonte: Autor.

Tabela 16 - DFMEA, análise estrutura

Item	Função	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial de falha	Ocorrência	Controles atuais de Detecção	Detecção	RPN	Ações recomendadas	Severidade após a ação	Ocorrência após a ação	Detecção após a ação	RPN final	
Carro	Acomplamento	Abertura da trava que mantém o dispositivo fixado à estipe	Desalinhamento do equipamento Queda do equipamento	10	Grupo de fixação inadequado	5	Inspeção visual	8	400	Implementação de um sistema de fixação de grampo tensor com pola-yoke	10	2	8	160	
				10	Falta de detecção quanto ao fechamento das travas	5	Inspeção visual	8	400	Instalação de sensor de "porta aberta"	10	5	1	50	
		Perda de estabilidade		Queda do equipamento	10	Distribuição das cargas excede o limiar de tombamento	7	Inspeção visual	8	560	Projetar contrapeso	10	5	8	400
					10	Excesso de peso do dispositivo	10	Cálculos e simulações	1	100	Reprojetar dispositivo com o objetivo de redução de massa	10	5	1	50
	Sistema high-lift	Perda de tração na subida		Queda do equipamento	10	Dimensionamento incorreto do motor	10	Cálculos	1	100	Realizar Cross-Check dos cálculos	10	5	1	50
					10	Falha em um dos motores	2	Inspeção visual e auditiva	8	160	Superdimensionar os motores de modo que, caso algum motor venha a falhar, o equipamento não caia	7	2	8	112
		Escoregamento das rodas		Queda do equipamento	10	Carga nas molas inferior ao mínimo necessário	7	Cálculos	1	70	Redimensionar as molas considerando coeficiente de segurança para prevenir situações extremas	10	6	1	60
					10	Umidade na superfície da estipe resultando em condição de baixo coeficiente de atrito com o pneu	5	Cálculos Inspeção visual	8	400	Considerar nos cálculos, o coeficiente de atrito para condições de tronco úmido	10	4	8	320

Fonte: Autor.

Tabela 17 - DFMEA, análise estrutura

Item	Função	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial de falha	Ocorrência	Controles atuais de Detecção	Detecção	RPN	Ações recomendadas	Severidade após a ação	Ocorrência após a ação	Detecção após a ação	RPN final	
Carro		Desgaste prematuro das rodas	Queda do equipamento	10	Área de contato insuficiente entre o pneu e a árvore	7	Cálculos	1	70	Dimensionar as rodas considerando as propriedades do polímero	10	6	1	60	
		Vibração excessiva da árvore	Queda do equipamento	10	Ventania	2	Inspeção visual	8	160	Incluir recomendação sobre não realizar a colheita em condições de tempo adversas	10	1	8	80	
	Sistema high-lift			10	Excesso de peso do dispositivo	6	Cálculos	8	480	Reprojetar dispositivo com o objetivo de redução de massa	10	5	8	400	
				10	Peso do equipamento excede o limite de resistência à flambagem	2	Cálculos	8	160	Reprojetar dispositivo com o objetivo de redução de massa	10	1	8	80	
				Danos ao equipamento e/ou operador	10	Falta de sistema que mantenha o dispositivo fixado ao tronco quando não há alimentação	9	Inspeção visual e auditiva	9	810	Desenvolver sistema que anti-queda	10	5	6	300
	Sistema de posicionamento do cortador (Rotação)	Falta de torque	Falta de movimento de rotação	6	Força exercida pelo trem de subida impede o conjunto de rotacionar	7	Cálculos	6	252	Implementação de sistema de rodas Omnidirecionais e disposição das rodas a 0° e a 90° para permitir os movimentos de rotação e de translação	6	6	6	216	
		Esconregamento das rodas	Falta do movimento de rotação Queda do equipamento	10	Força exercida pelo trem de rotação é insuficiente para manter o dispositivo na mesma altura no momento da rotação	7	Cálculos	1	70	Implementação de sistema de rodas Omnidirecionais e disposição das rodas a 0° e a 90° para permitir os movimentos de rotação e de translação sem a necessidade de afastamento das rodas	6	6	1	36	

Fonte: Autor.

Tabela 18 - DFMEA, análise braço de corte

Item	Função	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial de falha	Ocorrência	Controles atuais de Detecção	Detecção	RPN	Ações recomendadas	Severidade após a ação	Ocorrência após a ação	Detecção após a ação	RPN final
Braço	Sistema de posicionamento do cortador	Alteração do centro de gravidade do dispositivo	Desalinhamento do equipamento Queda do equipamento	10	Carga e deslocamento do braço alteram o equilíbrio estático do equipamento	6	Inspeção visual e auditiva	8	480	Eliminação das articulações e encurtamento do comprimento do braço	10	2	8	160
				6	Dimensão incorreto do braço	7	Inspeção visual e auditiva	8	336	Eliminação das articulações e encurtamento do comprimento do braço	6	6	8	288
		6	Dificuldade para alcançar pedunculos mais distantes	6	Dimensão incorreto do braço	7	Inspeção visual e auditiva	8	336	Identificação dos padrões da árvore para determinação do comprimento mínimo necessário para o braço	6	6	8	288
	Sistema de corte	Acionamento inesperado do sistema de corte	Acidente com lesão ao operador	10	Falta de bloqueio de energia	6	Inspeção visual e auditiva	8	480	Instalação de botão de emergência e sensor de abertura de "porta". Adequação a NR12	10	2	8	160
				10	Raio de queda do cacho situado sobre o equipamento	6	Inspeção visual	4	240	Instalação de carenagem para proteção contra impactos	10	5	4	200
		Torque insuficiente do contador	Dispositivo incapaz de efetuar o corte	6	Dimensão incorreto do motor de corte	7	Cálculos	1	42	Realizar Cross-Check dos cálculos	6	1	1	6

Fonte: Autor.

2.3.10 VIABILIDADE ECONOMICA

Como visto anteriormente no mercado do coco há muitas oportunidades para mecanização e melhoria dos processos de colheita e o Brasil é um dos maiores produtores do mundo, sendo que a maior contribuição vem de pequenos agricultores, pensando nisso este projeto foi desenvolvido com o objeto de não restringir público, possibilitando a aquisição do mecanismo para os pequenos agricultores. Para isso é possível verificar nas tabelas abaixo que o dispositivo foi avaliado separadamente, considerando os custos de matéria-prima, mão-de-obra para confecção, corte, dobra e usinagem. Por fim todos os custos considerados foram resumidos e apresentados na tabela 23.

Tabela 19 - Análise de custo dobradiça

ESTRUTURA DA DOBRADIÇA CATA-COCO 1 PEÇA							
Descrição	Un	Quantidade	Material (R\$)	MOB Direta	Oper Externas	Total	
PERFIL ALUMINIO ABA DOBRADIÇA L6005A T5 C/6 METROS	KG	0,0907	20,00	-	-	1,81	
CAVACO ALUMINIO	KG	0,0046	5,30	-	-	0,02	
PONTAS ALUMINIO	KG	0,0019	8,80	-	-	0,02	
ABA DA DOBRADIÇA - OPERAÇÃO DE CORTE	PC	2,0000	0,89	0,02	-	1,82	
ABA DA DOBRADIÇA - USINAGEM	PC	2,0000	0,89	0,20	-	2,17	
ABA DA DOBRADIÇA PINTADO PRETO	PC	2,0000	0,89	0,26	-	2,30	
NYLON PA 6.6 NATURAL 98042 TECHNYL A 200 (MQ1234)	KG	0,0268	25,35	-	-	0,68	
BUCHA DOBRADIÇA NYL	PC	2,0000	0,34	0,01	-	0,71	
PERFIL DE ALUMÍNIO DO PINO L6005A T5	KG	0,0459	20,00	-	-	0,92	
CAVACO ALUMINIO	KG	0,0124	5,30	-	-	0,07	
PONTAS ALUMINIO	KG	0,0012	8,80	-	-	0,01	
PINO ALUMINIO D17X75 S/A (CORTADO)	PC	1,0000	0,84	0,00	-	0,84	
PARAFUSO FIXAÇÃO DOBRADIÇA	PC	4,0000	1,00	-	-	4,00	
DOBRADIÇA 2 ABAS ESTRUTURA CATA-COCO	EM	1,0000	7,27	0,43	-	7,70	

Fonte: Autor.

Tabela 20 - Análise de custo suporte das rodas

ESTRUTURA DO SUPORTE DAS RODAS							
Descrição	Un	Quantidade	Material	MOB Direta	Oper Externas	Total	
PERFIL ALUMÍNIO QUADRADO 1** (S) L6005 T5 C/6 METROS	KG	0,26125	20,00	-	-	5,23	
CAVACO ALUMINIO	KG	0,00358	5,30	-	-	0,02	
PONTAS ALUMINIO	KG	0,01027	8,80	-	-	0,09	
SUPORTE QUADRADO 1" - OPERAÇÃO CORTE	PC	1,00000	5,12	0,02	-	5,14	
SUPORTE QUADRADO 1" - OPERAÇÃO DE DOBRA	PC	1,00000	5,14	0,20	-	5,34	
SUPORTE QUADRADO 1" PINTADO PRETO	PC	1,00000	5,34	0,26	-	5,60	
PERFIL ALUMÍNIO EM U L6005 T5 C/6 METROS	KG	0,14823	20,00	-	-	2,96	
RETALHOS	KG	0,01042	8,80	-	-	0,09	
SUPORTE RODAS - ESTAMPO	PC	1,00000	2,87	0,20	-	3,07	
SUPORTE RODAS PINTADO PRETO	PC	1,00000	3,07	0,26	-	3,33	
ESTRUTURA DO SUPORTE DAS RODAS PINTADO PRETO	PC	1,0000	8,41	0,52	16,67	25,60	

Fonte: Autor.

Tabela 21 - Análise de custo estrutura fixa

ESTRUTURA ALUMÍNIO BILATERAL MAIOR SOLDADA							
Descrição	Un	Quantidade	Material	MOB Direta	Oper Externas	Total	
RFIL ALUMÍNIO QUADRADO 38.1 (T) L6005 T5 C/6 METROS	KG	0,60200	20,00	-	-	-	12,04
CAVACO ALUMINIO	KG	- 0,00263	5,30	-	-	-	0,01
PONTAS ALUMINIO	KG	- 0,05232	8,80	-	-	-	0,46
BARRA VERTICAL - OPERAÇÃO DE CORTE	PC	2,00000	5,78	0,23	-	-	12,02
BARRA VERTICAL PINTADO PRETO	PC	2,00000	5,78	1,30	-	-	14,17
PERFIL ALUMÍNIO D26.7d21.36 (T) L6005 T5 C/6 METROS	KG	1,40779	20,00	-	-	-	28,16
CAVACO ALUMINIO	KG	- 0,03798	5,30	-	-	-	0,20
PONTAS ALUMINIO	KG	- 0,21646	8,80	-	-	-	1,90
BARRA VERTICAL - OPERAÇÃO DE CORTE	PC	3,00000	8,68	0,39	-	-	27,22
BARRA VERTICAL - DOBRA	PC	3,00000	8,68	3,44	-	-	36,37
PERFIL TUBULAR ESTRUTURAL PINTADO PRETO	PC	3,00000	8,68	4,52	-	-	39,61
ALUMÍNIO BARRA CHATA 50X5 (S) L6005 T5 C/6 METROS	KG	0,35553	20,00	-	-	-	7,11
CAVACO ALUMINIO	KG	- 0,00147	5,30	-	-	-	0,01
PONTAS ALUMINIO	KG	- 0,01131	8,80	-	-	-	0,10
BARRA CHATA OPERAÇÃO DE CORTE	PC	1,00000	7,00	0,24	-	-	7,24
BARRA CHATA PINTADO PRETO	PC	1,00000	7,00	1,00	-	-	8,00
PERFIL ALUMÍNIO D18 (S) L6005 T5 C/6 METROS	KG	0,22000	20,00	-	-	-	4,40
CAVACO ALUMINIO	KG	- 0,00283	5,30	-	-	-	0,01
PONTAS ALUMINIO	KG	- 0,00642	8,80	-	-	-	0,06
SUPORTE ESTRUTURA DAS RODAS - OPERAÇÃO DE CORTE	PC	2,00000	2,16	1,00	-	-	6,33
GUIA SUPORTE ESTRUTURA DAS RODAS PINTADO PRETO	PC	2,00000	2,16	1,30	-	-	6,93
ESTRUTURA ALUMÍNIO BILATERAL MAIOR SOLDADA	PC	1,0000	48,95	19,76	460,00	-	528,71

Fonte: Autor.

Tabela 22 - Análise de custo estrutura móvel

ESTRUTURA ALUMÍNIO BILATERAL MENOR SOLDADA							
Descrição	Un	Quantidade	Material	MOB Direta	Oper Externas	Total	
RFIL ALUMÍNIO QUADRADO 38.1 (T) L6005 T5 C/6 METROS	KG	0,60200	20,00	-	-	-	12,04
CAVACO ALUMINIO	KG	- 0,00263	5,30	-	-	-	0,01
PONTAS ALUMINIO	KG	- 0,05232	8,80	-	-	-	0,46
BARRA VERTICAL - OPERAÇÃO DE CORTE	PC	2,00000	5,78	0,23	-	-	12,02
BARRA VERTICAL PINTADO PRETO	PC	2,00000	5,78	1,30	-	-	14,17
PERFIL ALUMÍNIO D26.7d21.36 (T) L6005 T5 C/6 METROS	KG	2,97915	20,00	-	-	-	59,58
CAVACO ALUMINIO	KG	- 0,00435	5,30	-	-	-	0,02
PONTAS ALUMINIO	KG	- 0,28259	8,80	-	-	-	2,49
BARRA VERTICAL - OPERAÇÃO DE CORTE	PC	3,00000	19,02	0,59	-	-	58,83
BARRA VERTICAL - DOBRA	PC	3,00000	19,02	5,16	-	-	72,55
PERFIL TUBULAR ESTRUTURAL PINTADO PRETO	PC	3,00000	19,02	6,78	-	-	77,41
ALUMÍNIO BARRA CHATA 50X5 (S) L6005 T5 C/6 METROS	KG	0,35553	20,00	-	-	-	7,11
CAVACO ALUMINIO	KG	- 0,00147	5,30	-	-	-	0,01
PONTAS ALUMINIO	KG	- 0,01131	8,80	-	-	-	0,10
BARRA CHATA OPERAÇÃO DE CORTE	PC	2,00000	7,00	0,24	-	-	14,48
BARRA CHATA PINTADO PRETO	PC	2,00000	7,00	1,00	-	-	16,01
PERFIL ALUMÍNIO D18 (S) L6005 T5 C/6 METROS	KG	0,22000	20,00	-	-	-	4,40
CAVACO ALUMINIO	KG	- 0,00283	5,30	-	-	-	0,01
PONTAS ALUMINIO	KG	- 0,00642	8,80	-	-	-	0,06
SUPORTE ESTRUTURA DAS RODAS - OPERAÇÃO DE CORTE	PC	4,00000	2,16	1,00	-	-	12,66
GUIA SUPORTE ESTRUTURA DAS RODAS PINTADO PRETO	PC	4,00000	2,16	1,30	-	-	13,86
ESTRUTURA ALUMÍNIO BILATERAL MAIOR SOLDADA	PC	1,0000	91,30	30,14	920,00	-	1.041,44

Fonte: Autor.

Tabela 23 - Análise de custo geral

Estrutura principal	R\$	1.570,15
Conjunto de rodas	R\$	2.578,00
Braço de corte	R\$	1.060,00
Custo total	R\$	5.208,15

Fonte: Autor.

3 CONCLUSÃO

O projeto cata coco teve como principal objetivo desenvolver um dispositivo a fim de mecanizar a colheita de coco, visto que a colheita atualmente é feita de maneira manual, sendo este projeto uma alternativa bastante promissora, tendo em vista a automatização do processo de colheita, visando baixo custo é possível atender os pequenos produtores, que são responsáveis por cerca de 90% da produção mundial, facilitando o processo de colheita e melhorando a produtividade em nível mundial, devido ao seu baixo peso o dispositivo e seus acessórios podem ser transportados por carro manual, favorecendo a mobilidade na colheita, a adoção de um gerador elétrico a combustão permite a utilização do dispositivo em regiões onde não há energia elétrica disponível, o sistema de controle remoto proporciona aos agricultores maior segurança, eliminando os riscos do trabalho em altura e problemas ergonômicos.

Este projeto deu início a uma jornada pela busca da automatização do processo de colheita de coco, esta ideia inovadora poderá contribuir fortemente para o avanço tecnológico nesta área da agricultura, podendo ser ramificado e/ou adaptado para outros métodos de colheita. As melhorias futuras que devem ser consideradas para este projeto são a elaboração de protótipo e a simulação dos carregamentos dinâmicos, executando ensaios e testes em campos e obtendo resultados empíricos das condições adversas, possibilitando a construção e análise de diferentes modelos. O aprimoramento do estudo de viabilidade econômica, realizando o estudo do processo de colheita manual e obtendo o tempo necessário para a colheita e os custos envolvidos de modo a comparar com o processo automatizado proposto. O acréscimo de câmeras próximo ao braço de corte para aprimorar a precisão do corte e o controle remoto. Aumentar o número de graus de liberdade do braço de corte para alcançar os cachos de difícil acesso e buscar alternativas para a descida do dispositivo de forma segura e mais eficaz.

REFERÊNCIAS

AMBROSI, João Nilson; MAGGI, Marcio Furlan. Acta Iguazu: **Acidentes de trabalho relacionados às atividades agrícolas**, v.2, n.1, p. 1-13, 2013.

ARAGÃO, W. M. (Ed.) **Coco, Pós-Colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 202. 76p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-7190/97 - Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, ABNT, 1997.

BRAINER, Maria Simone de Castro Pereira. Produção de coco: O Nordeste é destaque nacional. **Banco do Nordeste: Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza – CE, Ano 3, nº 61, p. 01-25, Dez. 2018.

FONTES, Humberto R.; FERREIRA, Joana Maria S.; SIQUEIRA, Luiz Alberto. **Sistema de Produção para a Cultura do Coqueiro**. Aracaju, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2002.

GUIA TÉCNICO DO ALUMÍNIO: extrusão: vol. 1 – 5ª ed – São Paulo: ABAL – Associação Brasileira do Alumínio, 2014.

GRIMWOOD, Brian E. **Coconut palm products**. London: Tropical Products Instituto, 1975.

KAWAHARA, Yu. **Colheita de coco: Um estudo para a mecanização**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

MAYNART, Georgina. Produção de coco despenca no Brasil e na Bahia: Agricultores apontam concorrência desleal com a Ásia. **Jornal Correio**, Bahia, Fev. 2020. Disponível em: <https://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/producao-de-coco-despenca-no-brasil-e-na-bahia/#:~:text=A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20coco%20cresceu,de%20cinco%20anos%20do%20plantio>. Acesso em: 03 de Novembro de 2020.

NAYAR, N. Madhavan. **The coconut: phylogeny, origins, and spread**. Amsterdam: Elsevier, 2017.

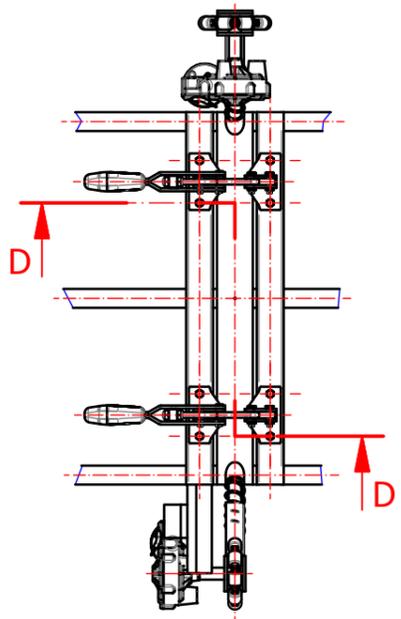
NIIR BOARD OF CONSULTANTS AND ENGINEERS. **The Complete Book on Coconut & Coconut Products (Cultivation and Processing)**. Índia: Asia Pacific Business Press Inc., 2006.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. Convenções: Organizações de Trabalhadores Rurais. Disponível em: https://www.ilo.org/brasilia/convencoes/WCMS_236114/lang--pt/index.htm. Acesso em: 17 de Novembro de 2020.

TEIXEIRA, Monica La Porte; FREITAS, Rosa Maria Vieira de. **Acidentes do trabalho rural no interior paulista**, v. 17, n. 2, Junho de 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392003000200009. Acesso em: 15 de Novembro de 2020.

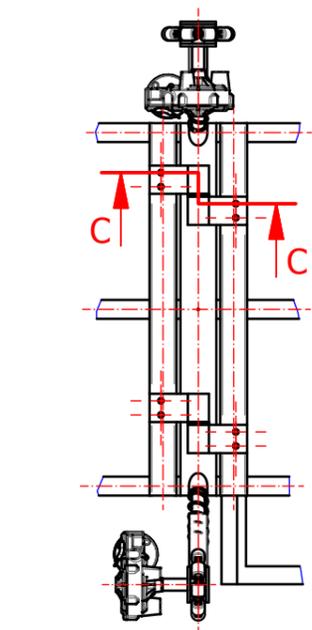
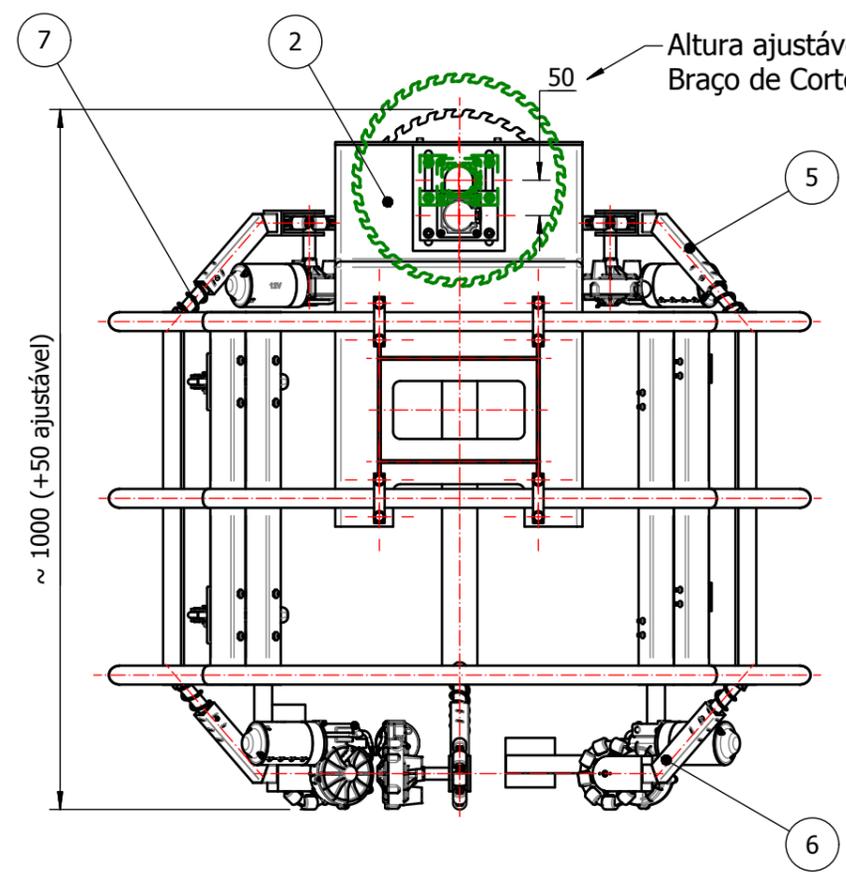
1	Emissão inicial	09/04/2021	Grupo Cata Coco
2	Inserido Braço de Corte e Motores	21/05/2021	Grupo Cata Coco
REV	DESCRIÇÃO	DATA	RESPONSÁVEL
HISTÓRICO DE REVISÃO			

D

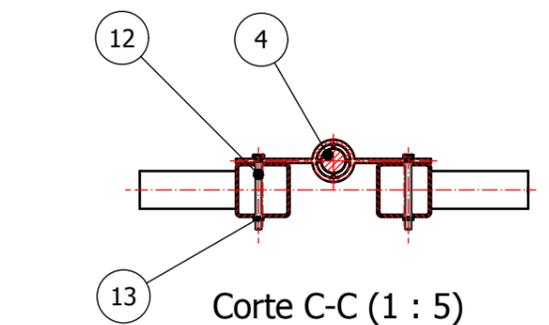


Vista Auxiliar B (1 : 10)
Rotacionada 120°

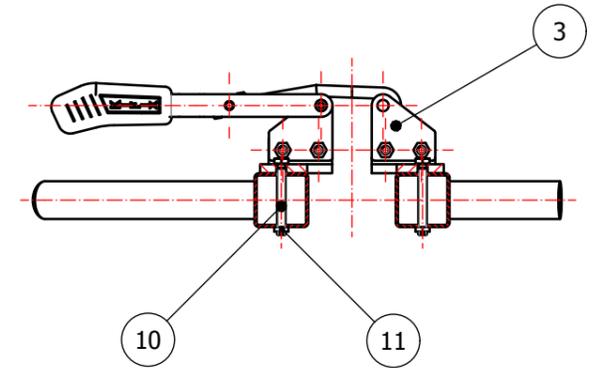
C



Vista Auxiliar A (1 : 10)
Rotacionada 120°

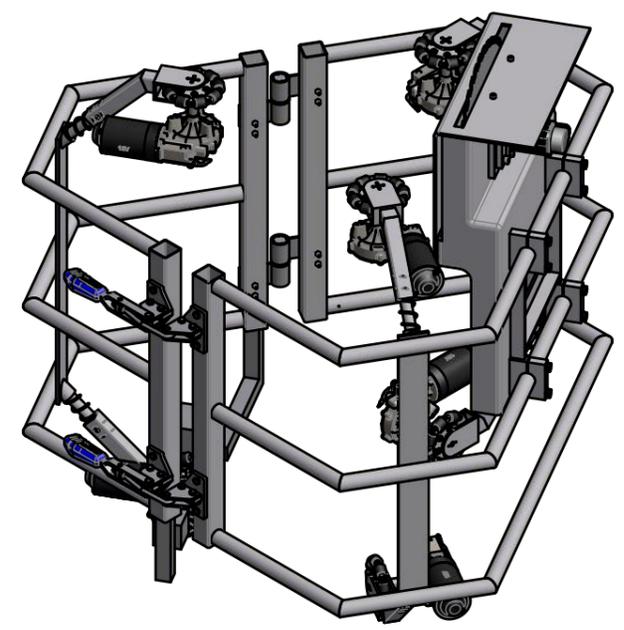


Corte C-C (1 : 5)



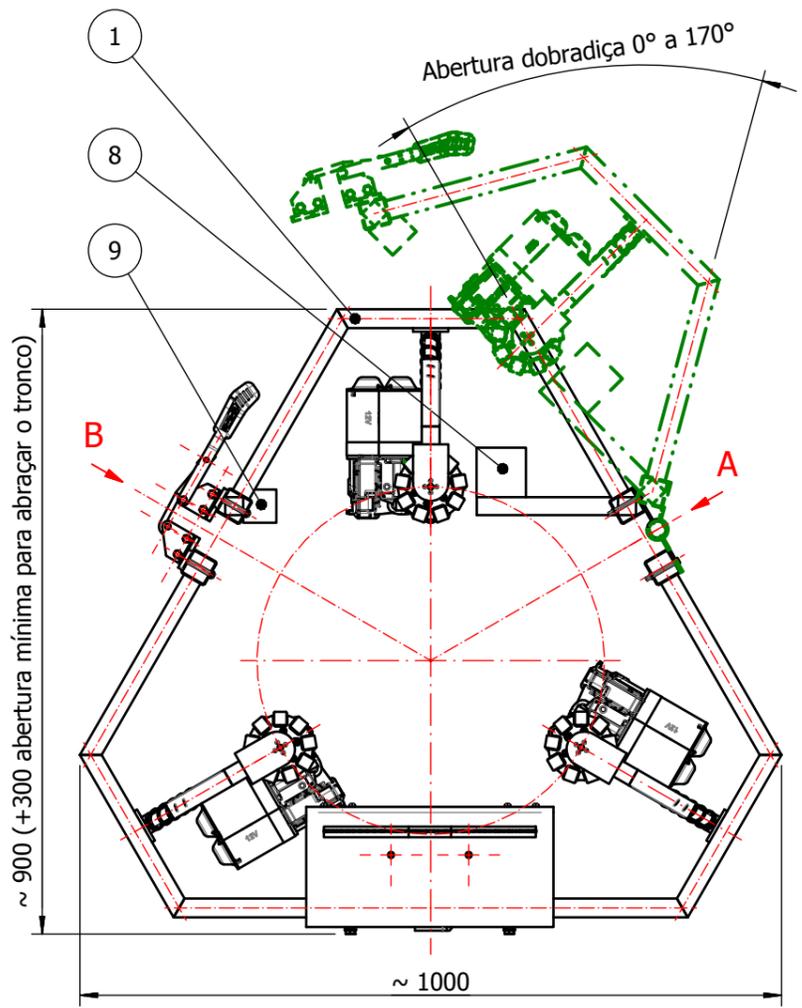
Corte D-D (1 : 5)

B

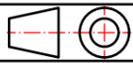


A

NOTAS E INFORMAÇÕES DO DISPOSITIVO:
 [1] - Furações de parafusos feitas na montagem;
 [2] - Massa total aproximada: 45 kg;
 [3] - Projeto para alturas de até: 15 m;
 [4] - Tempo de subida: 60 seg;
 [5] - Protegido contra oxidação;
 [6] - Controlado via Wi-Fi: Com suporte para Android;
 [7] - Fonte de Alimentação: Gerador Elétrico à Combustão.



13	Porca Sextavada M4	8	ISO 4036 - M4
12	Parafuso Cab. Sext. M4	8	DIN 933 - M4 x 50
11	Porca Sextavada M6	8	ISO 4036 - M6
10	Parafuso Cab. Sext. M6	8	DIN 933 - M6 x 50
9	Contrapeso 2	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-04-R01
8	Contrapeso 1	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-04-R01
7	Mola de Compressão	6	DIN 17223 Classe C - ASTM-A-228
6	Subconjunto Roda Inferior	3	Conforme Desenho NMC420-GCC-DM-03-R01
5	Subconjunto Roda Superior	3	Conforme Desenho NMC420-GCC-DM-03-R01
4	Dobradiça	2	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-03-R01
3	Grampo de Fixação	2	KF-453 R - Kifix
2	Braço Soldado	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DM-02-R01
1	Estrutura Soldada	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-01-R02
ITEM	DENOMINAÇÃO	QTD	MATERIAL E DIMENSÕES

		Título: Montagem do Dispositivo		Unidade: mm
		Verif.: Grupo Cata Coco		Apro.: Arnaldo Forgas Jr.
Nº do Arquivo: NMC420-GCC-DM-01-R02		Data: 21/05/2021		Projeção: 
		Escala: 1 : 10		Folha: 1 / 1

6

5

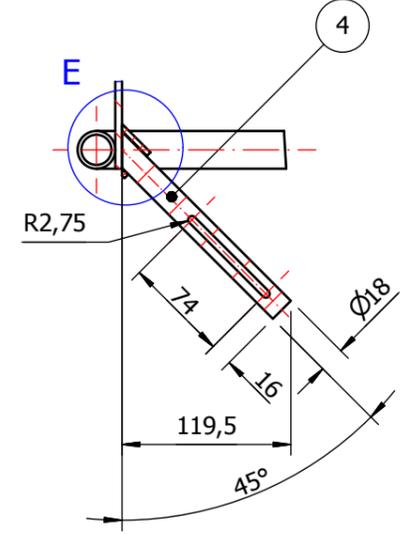
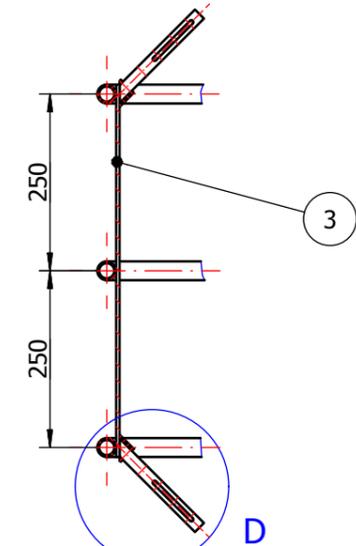
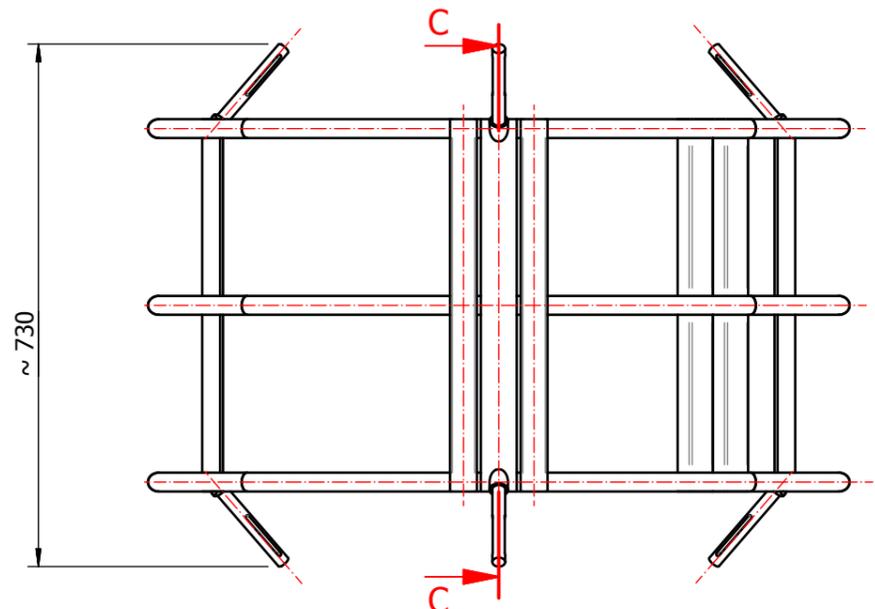
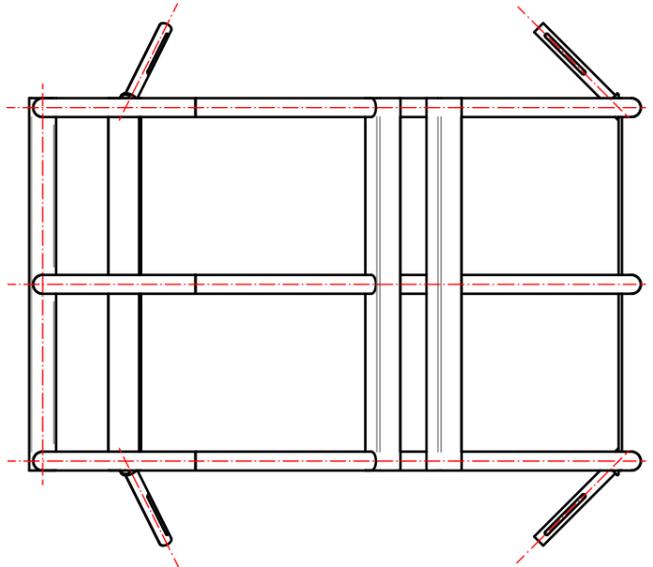
4

3

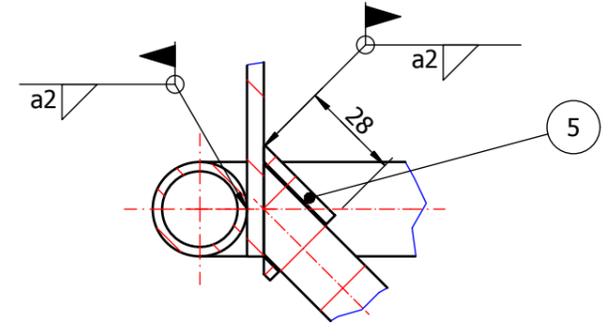
2

1

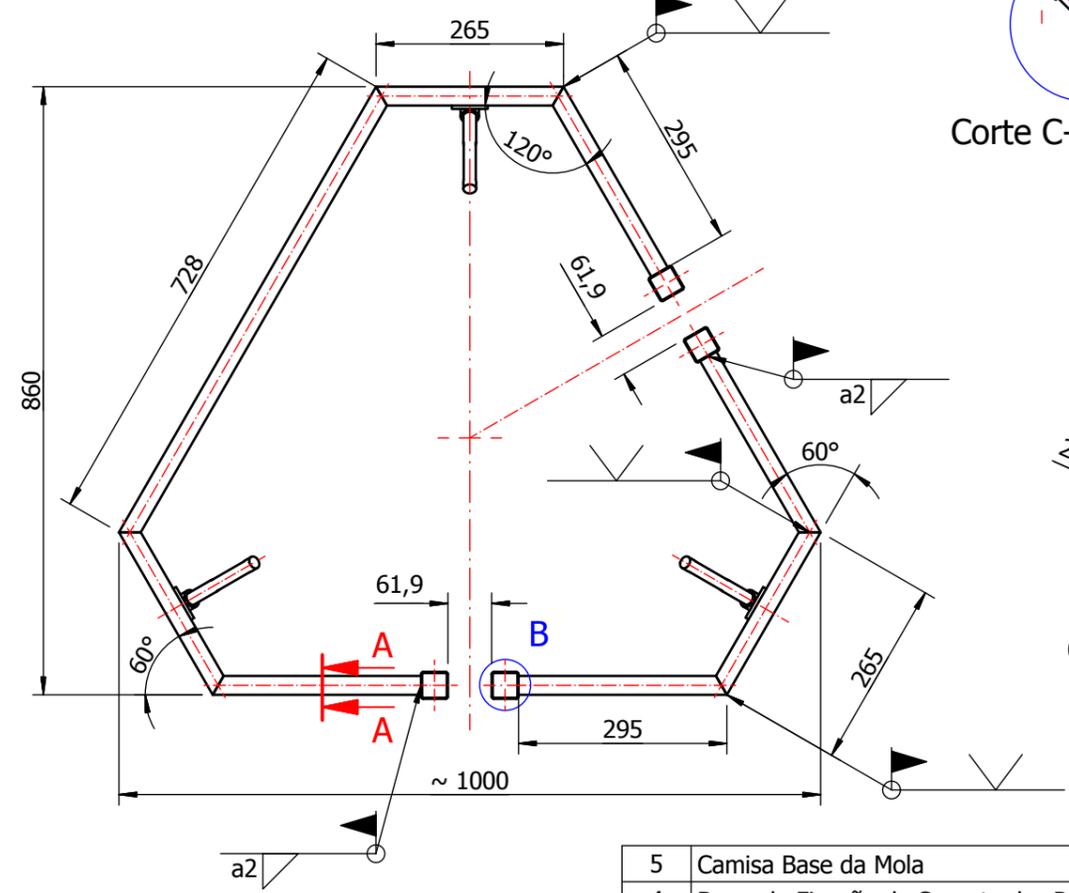
1	Emissão inicial	09/04/2021	Grupo Cata Coco
2	Adicionado camisa base da mola	20/05/2021	Grupo Cata Coco
REV	DESCRIÇÃO	DATA	RESPONSÁVEL
HISTÓRICO DE REVISÃO			



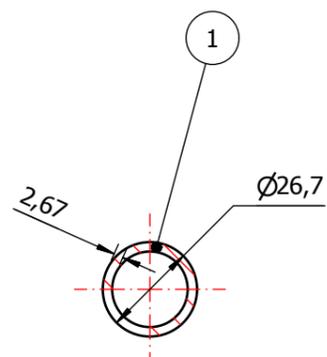
Detalhe D (1 : 5)
Típico 6x



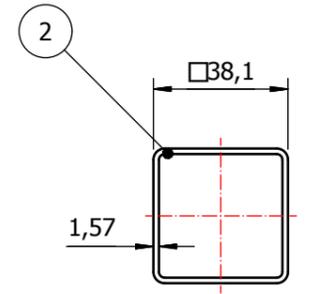
Detalhe E (1 : 2)



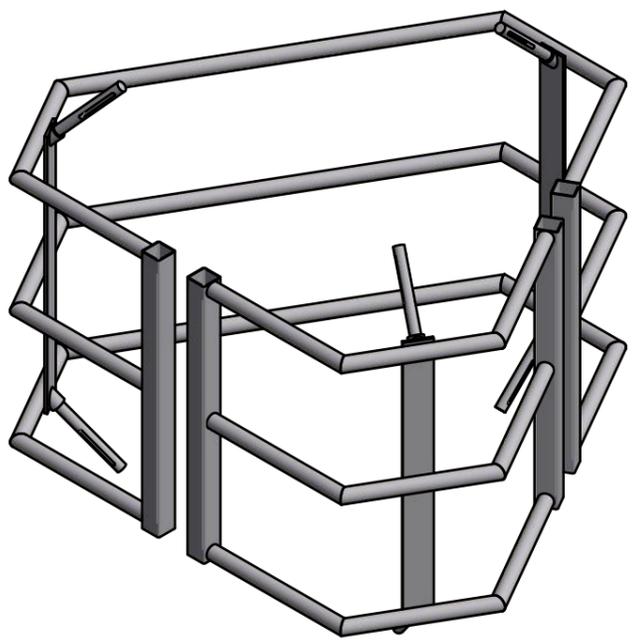
Corte C-C (1 : 10)



Corte A-A (1 : 2)
Típico TR-997



Detalhe B (1 : 2)
Típico TUQ-009



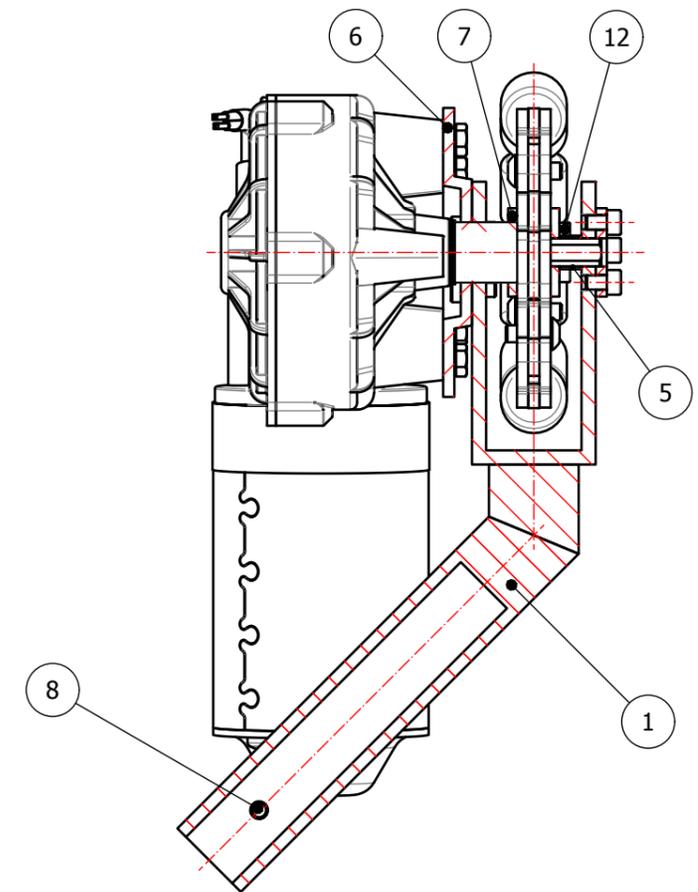
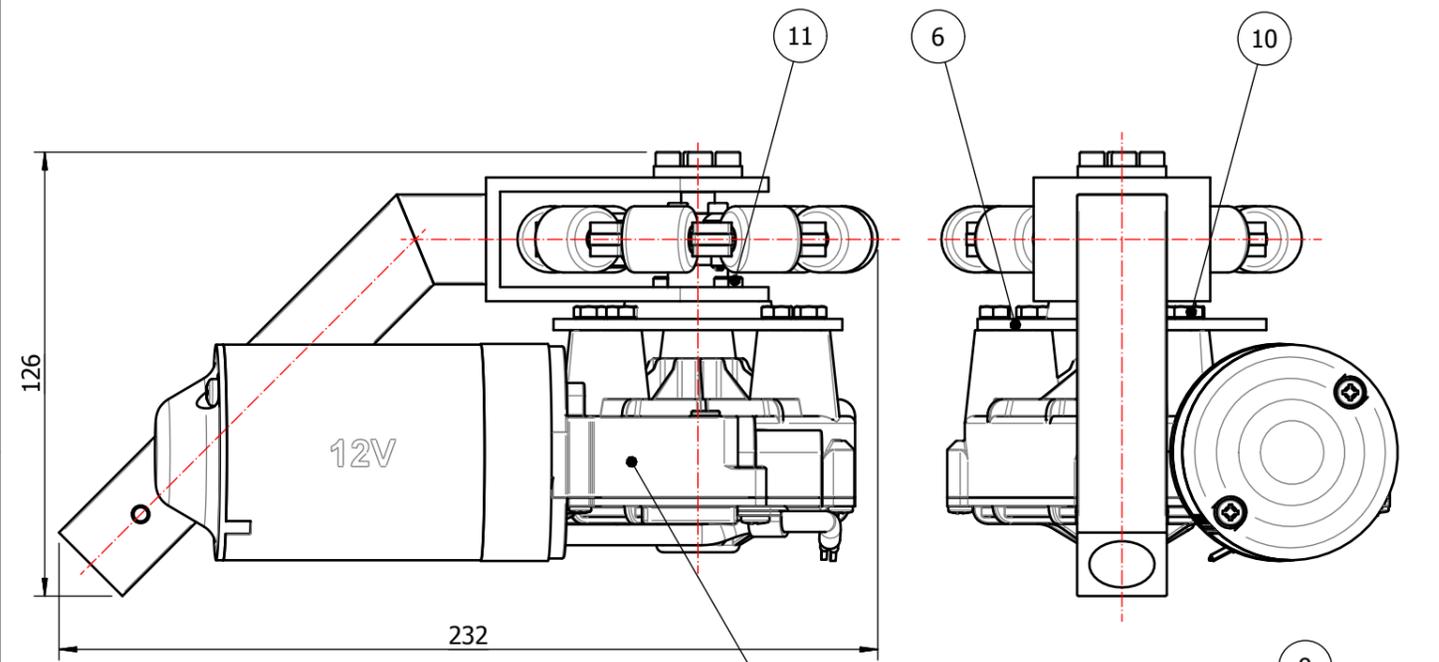
5	Camisa Base da Mola	170mm	Liga de Alumínio 6063 - Ø26,7 TR-997 - Alcoa Alumínio
4	Barra de Fixação do Suporte das Rodas	6	Liga de Alumínio 6063 - 3/4" x 170
3	Chapa Base de Fixação das Rodas	3	Liga de Alumínio 6063 - 526,8 x 2" x 3/16"
2	Tubo Quadrado	2110mm	Liga de Alumínio 6063 - 1 1/2" TUQ-009 - Vital Alumínio
1	Tubo Circular	8115mm	Liga de Alumínio 6063 - Ø26,7 TR-997 - Alcoa Alumínio
ITEM	DENOMINAÇÃO	QTD	MATERIAL E DIMENSÕES

NOTAS:

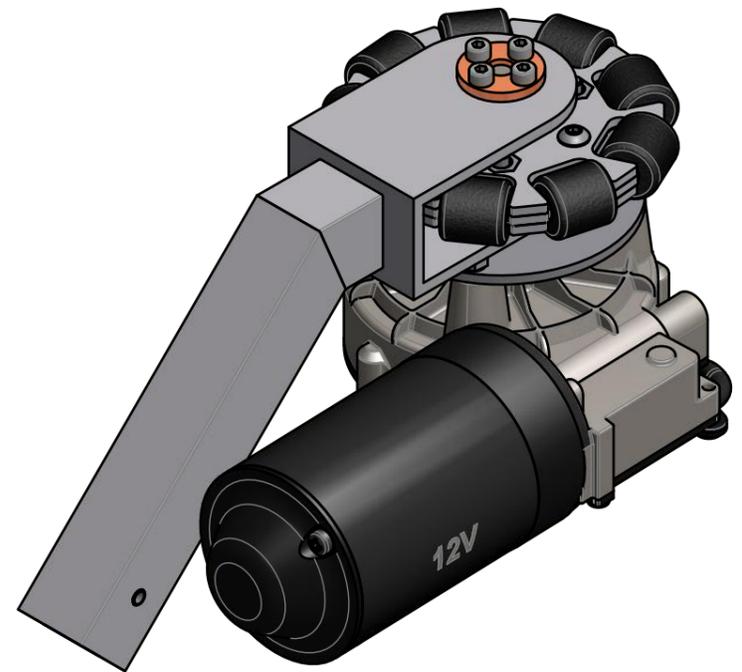
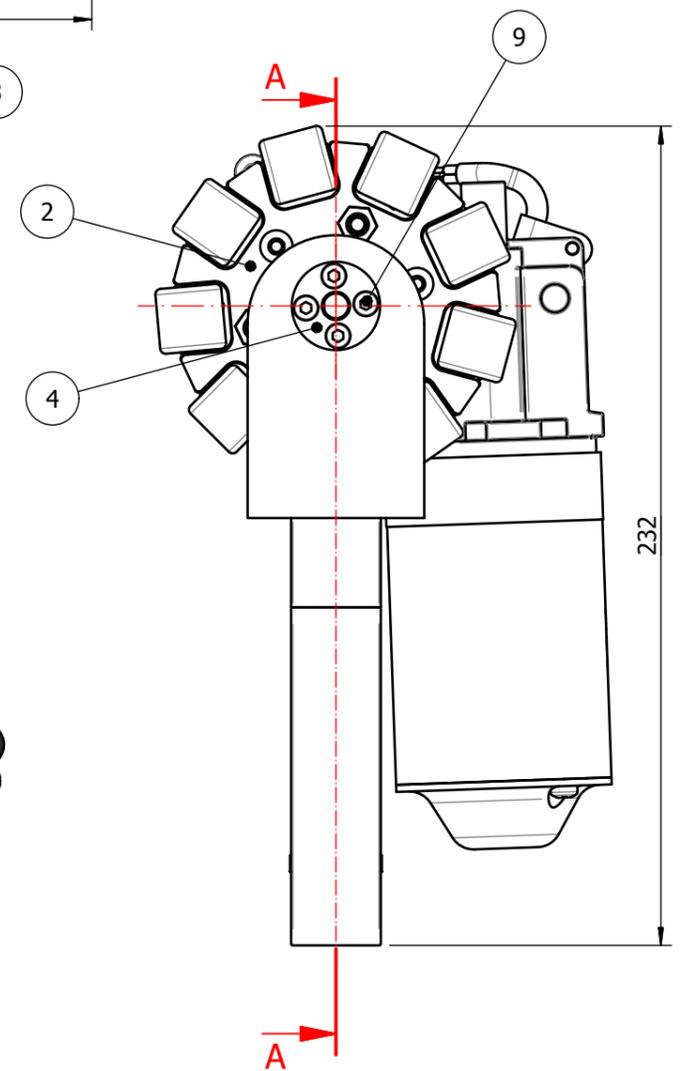
- [1] - Tolerâncias não especificadas conforme ISO 2768 - mK;
- [2] - Têmpera das ligas de alumínio 6063: T6 conforme NBR 7823;
- [3] - Todas as superfícies expostas serão pintadas através de pintura eletrostática a pó. Acabamento 2A preto;
- [4] - Símbolos de soldagem conforme DIN ISO 2553;
- [5] - Tolerâncias para construção de soldas conforme DIN EN ISO 13920-A;
- [6] - As soldas aplicadas em um nível de altura da estrutura são igualmente aplicáveis nos outros dois níveis;
- [7] - Soldagens realizadas com processo GTAW.

		Título: Estrutura Soldada		Unidade: mm
				Projeção:
		Verif.: Grupo Cata Coco		Aprov.: Arnaldo Forgas Jr.
		Nº do Arquivo: NMC420-GCC-DF-01-R02		Data: 20/05/2021
				Folha: 1 / 1

1	Emissão inicial	02/06/2021	Grupo Cata Coco
REV	DESCRIÇÃO	DATA	RESPONSÁVEL
HISTÓRICO DE REVISÃO			



Corte A-A (1 : 2)



12	Paraf. Cab. Sext. Int. M3 x 16	4	DIN 912 - M3 x 16
11	Paraf. Cab. Sext. Int. M4 x 10	4	DIN 912 - M4 x 10
10	Paraf. Cab. Sext. M5 x 16	6	DIN 933 - M5 x 16
9	Paraf. Cab. Sext. Int. M4 x 6	4	DIN 912 - M4 x 6
8	Pino Elastico	1	ISO 13337 - Ø5 x 26
7	Flange Menor	2	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-05-R01
6	Flange Externa	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-05-R01
5	Bucha Espaçadora	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-05-R01
4	Bucha de Desgaste	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-05-R01
3	Motoredutor	1	Cód. 100502112 - Imobras
2	Roda Omnidirecional	1	Am-2948 FTC 4 in. Aluminum Omni Wheel - AndyMark
1	Suporte da Roda	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-05-R01
ITEM	DENOMINAÇÃO	QTD	MATERIAL E DIMENSÕES

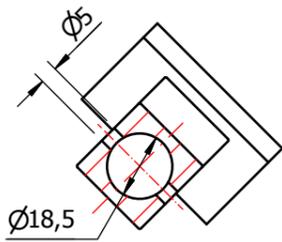
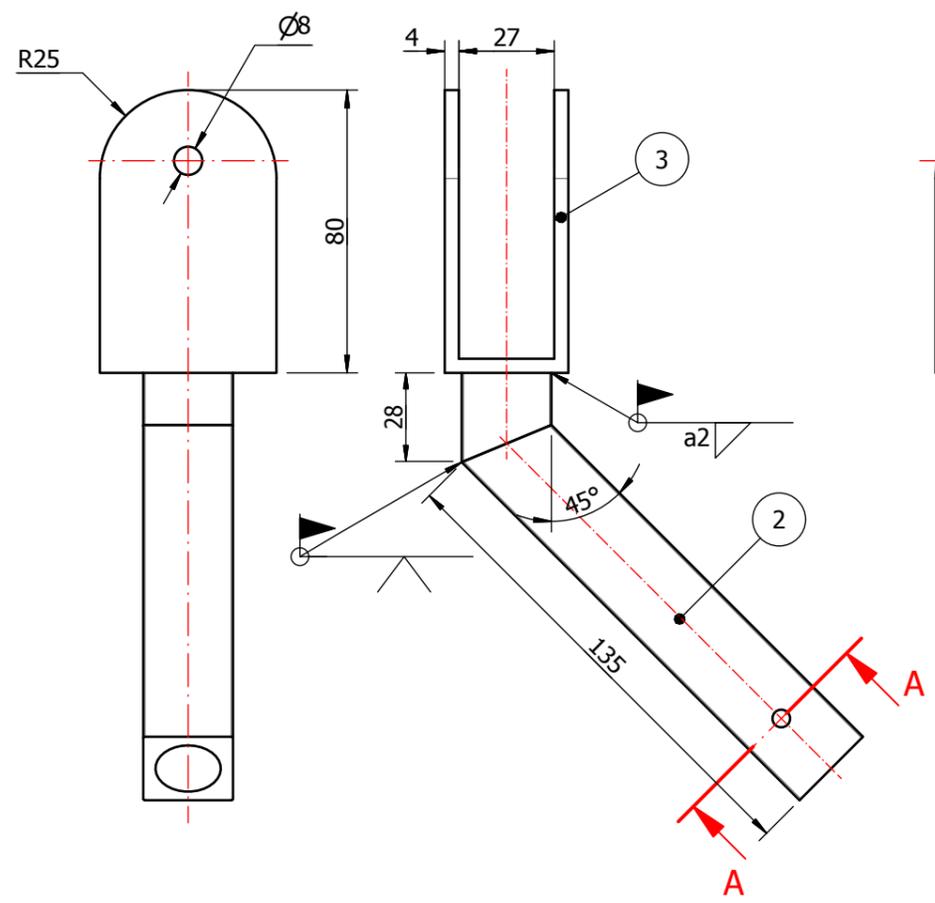
NOTAS:
 [1] - Têmpera da liga de alumínio 6063: T6 conforme NBR 7823
 [2] - Tolerâncias não especificadas conforme ISO 2768 - mK;
 [3] - Furações de parafusos feitas na montagem.
 [4] - Todas as superfícies expostas serão pintadas através de pintura eletrostática a pó. Acabamento 2A preto.



Título: Subconjunto Rodas		Unidade: mm
Projecção:		
Escala: 1 : 2		
Verif.: Grupo Cata Coco	Aprov.: Arnaldo Forgas Jr.	Data: 02/06/2021
Nº do Arquivo: NMC420-GCC-DM-03-R01		Folha: 1 / 1

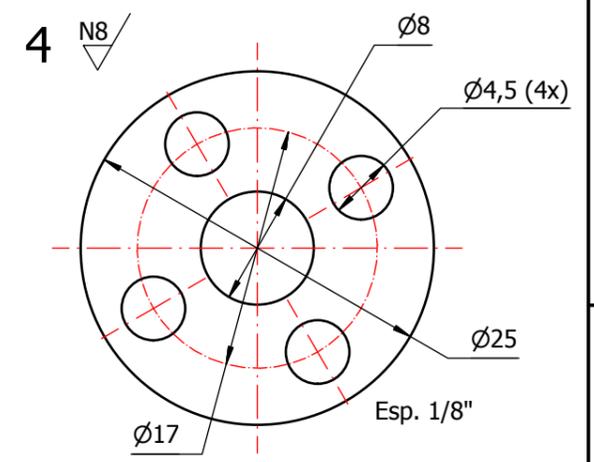
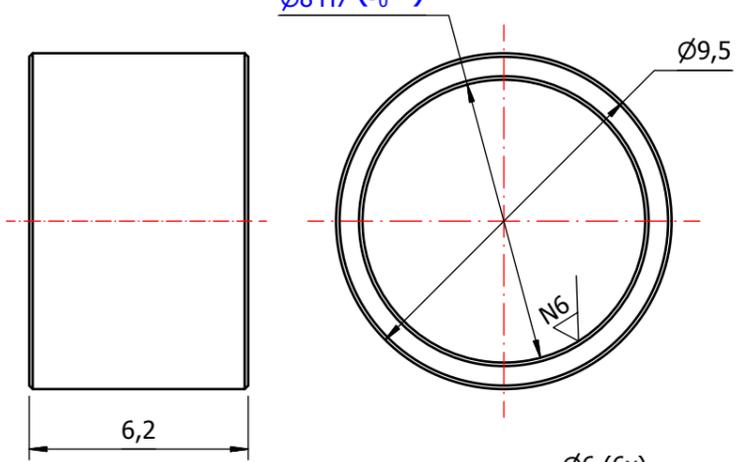
1	Emissão inicial	02/06/2021	Grupo Cata Coco
REV	DESCRIÇÃO	DATA	RESPONSÁVEL
HISTÓRICO DE REVISÃO			

1 N8
Escala 1 : 2

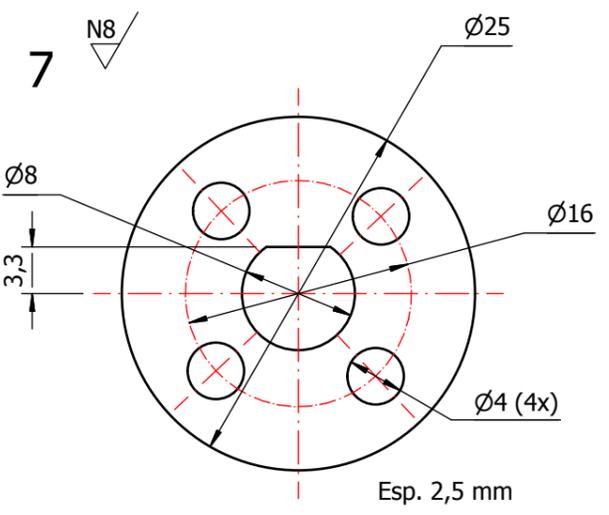
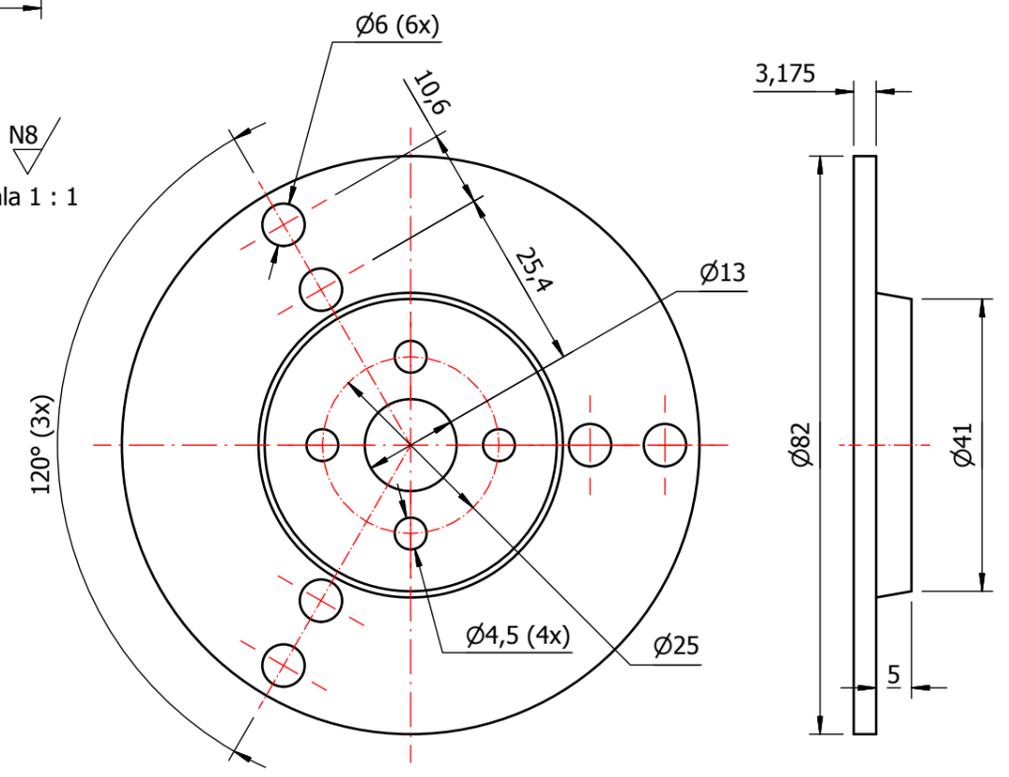


Corte A-A (1 : 2)

5 N8 / (N6)
Escala 5 : 1



6 N8
Escala 1 : 1



- NOTAS:
- [1] - Têmpera das ligas de alumínio 6063: T6 conforme NBR 7823;
 - [2] - Tolerâncias não especificadas conforme ISO 2768 - mK;
 - [3] - Chânfros não especificados - Ch 0,5 x 45°;
 - [4] - Cantos simplificados conforme ISO 13715;
 - [5] - Acabamentos superficiais conforme DIN 4288;
 - [6] - Furações de parafusos feitas na montagem;
 - [7] - Símbolos de soldagem conforme DIN ISO 2553;
 - [8] - Tolerâncias para construção de soldas conforme DIN EN ISO 13920-A;
 - [9] - Soldagens realizadas com processo GTAW.

7	Flange menor	1	Aço ABNT 1020 - Ø1" x 3
6	Flange externa	1	Aço ABNT 1020 - Ø3 1/4" x 10
5	Bucha espaçadora	1	Cobre - Ø1/2" x 10
4	Bucha de desgaste	1	Cobre - Ø1" x 5
3	Chapa do Suporte da Roda	1	Liga de Alumínio 6063 - 200 x 50 x 4
2	Barra Quadrada do Suporte da Roda	180mm	Liga de Alumínio 6063 - 1"
1	Suporte da Roda	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-05-R01
ITEM	DENOMINAÇÃO	QTD	MATERIAL E DIMENSÕES

		Título: Componentes Roda		Unidade: mm
		Verif.: Grupo Cata Coco		Projeção:
		Aprov.: Arnaldo Forgas Jr.		Escala: 2 : 1
		Nº do Arquivo: NMC420-GCC-DF-05-R01		Data: 02/06/2021
				Folha: 1 / 1

6

5

4

3

2

1

D

C

B

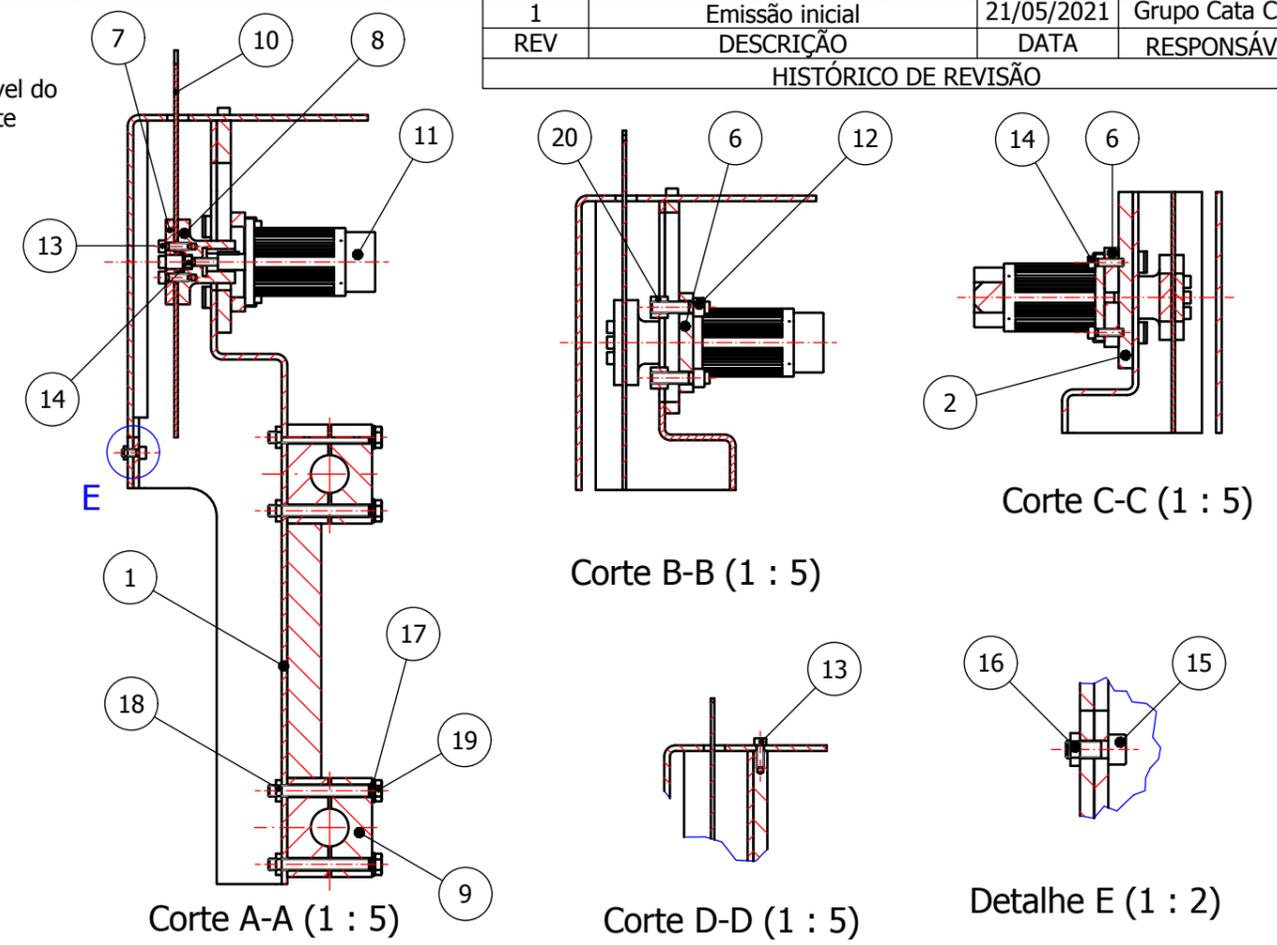
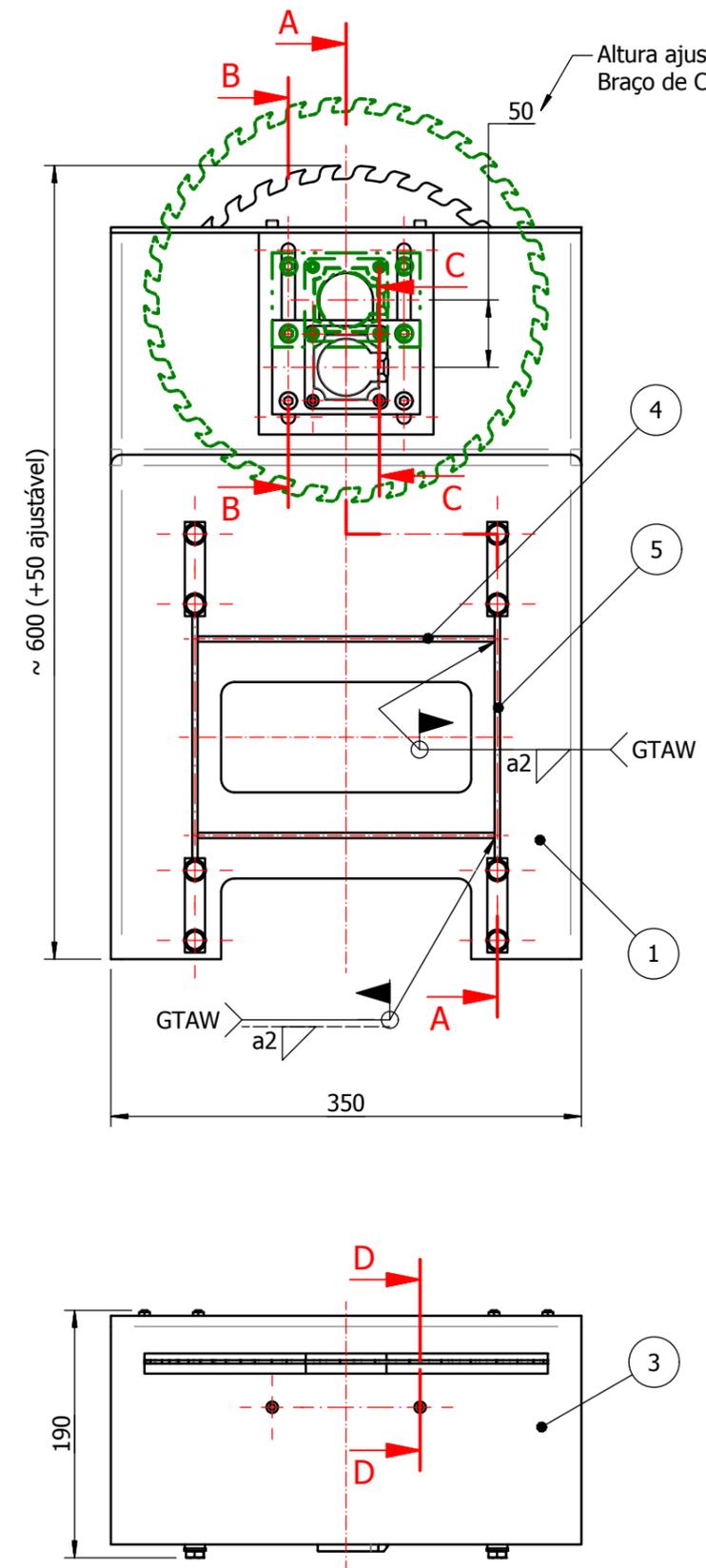
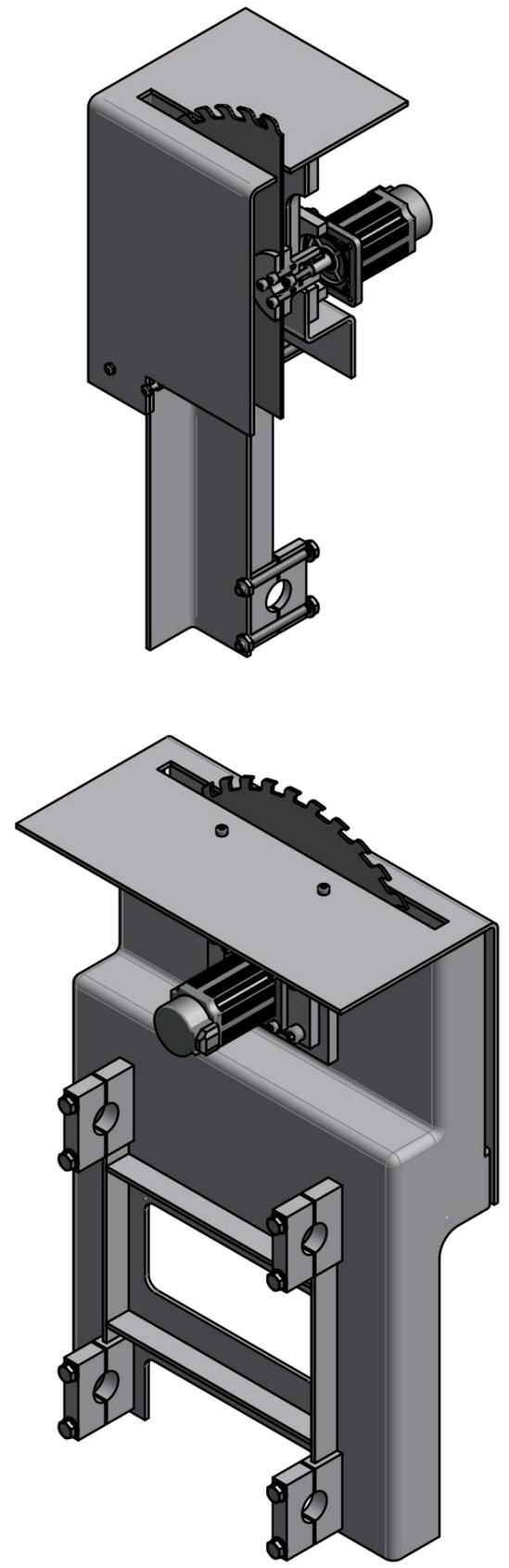
A

D

C

B

A



1	Emissão inicial	21/05/2021	Grupo Cata Coco
REV	DESCRIÇÃO	DATA	RESPONSÁVEL

HISTÓRICO DE REVISÃO

20	Porca T M8	4	ISO 299 - M8
19	Paraf. Cab. Sext. M8 x 75	8	DIN 933 - M8 x 75
18	Porca Sextavada M8	8	ISO 4036 - M8
17	Arruela lisa	8	DIN 126 - 9
16	Porca Sextavada M5	4	ISO 4036 - M5
15	Paraf. Cab. Sext. Int. M5 x 12	4	DIN 912 - M5 x 12
14	Paraf. Cab. Sext. Int. M5 x 20	5	DIN 912 - M5 x 20
13	Paraf. Cab. Sext. Int. M5 x 16	6	DIN 912 - M5 x 16
12	Paraf. Cab. Sext. Int. M8 x 30	4	DIN 912 - M8 x 30
11	Servomotor Rotativo	1	Cód. 02A3A6C - YASKAWA
10	Disco de Serra	1	Aço Rápido - Cód. 14308 - PILANA
9	Mancal de Fixação	8	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-02-R01
8	Bucha de Transmissão	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-02-R01
7	Placa de Fixação do Disco de Serra	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-02-R01
6	Placa de Fixação do Motor	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-02-R01
5	Chapa 1 de Fixação do Mancal	2	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-02-R01
4	Chapa 1 de Fixação do Mancal	2	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-02-R01
3	Chapa de Proteção	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-02-R01
2	Guia Reguladora	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-02-R01
1	Chapa Estrutural	1	Conforme Desenho NMC420-GCC-DF-01-R01
ITEM	DENOMINAÇÃO	QTD	MATERIAL E DIMENSÕES

- NOTAS:
- [1] - Furações de parafusos feitas na montagem.
 - [2] - Têmpera das ligas de alumínio 5052: H34 conforme NBR 7823;
 - [3] - Todas as superfícies expostas serão pintadas através de pintura eletrostática a pó. Acabamento 2A preto;
 - [4] - Símbolos de soldagem conforme DIN ISO 2553
 - [5] - Tolerâncias para construção de soldas conforme DIN EN ISO 13920-A.



Título: Braço Soldado		Unidade: mm
Projecção:		Escala: 1 : 10
Verif.: Grupo Cata Coco	Aprov.: Arnaldo Forgas Jr.	Data: 21/05/2021
Nº do Arquivo: NMC420-GCC-DM-02-R01		Folha: 1 / 1

6

5

4

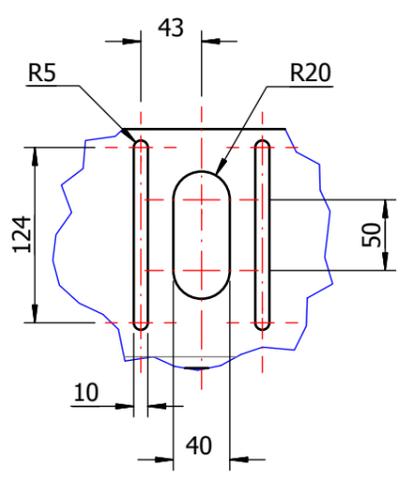
3

2

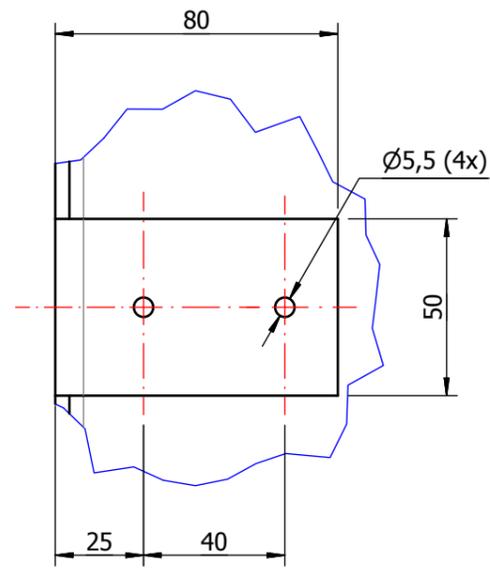
1

1	Emissão inicial	31/05/2021	Grupo Cata Coco
REV	DESCRIÇÃO	DATA	RESPONSÁVEL
HISTÓRICO DE REVISÃO			

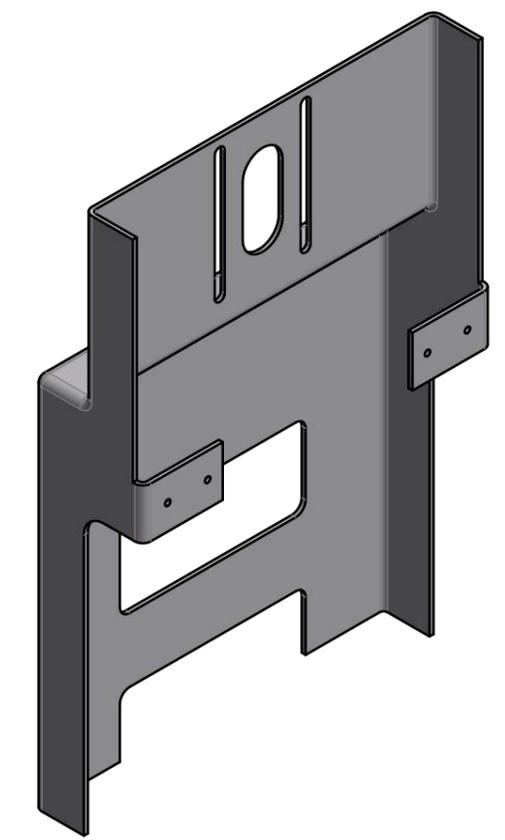
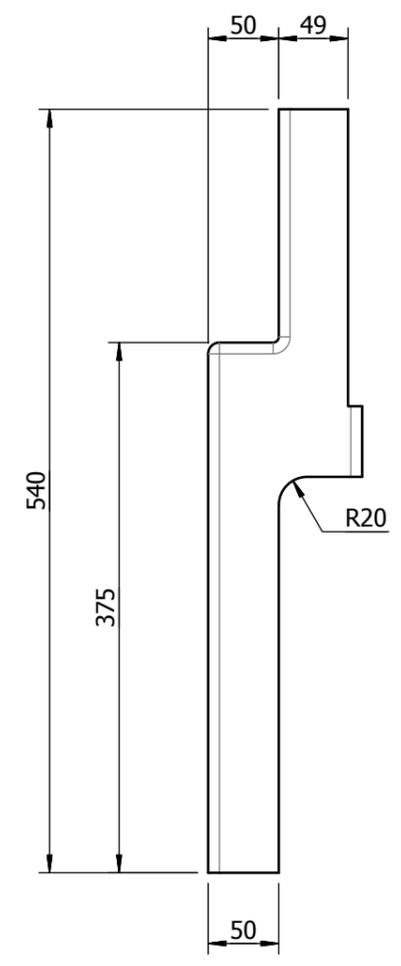
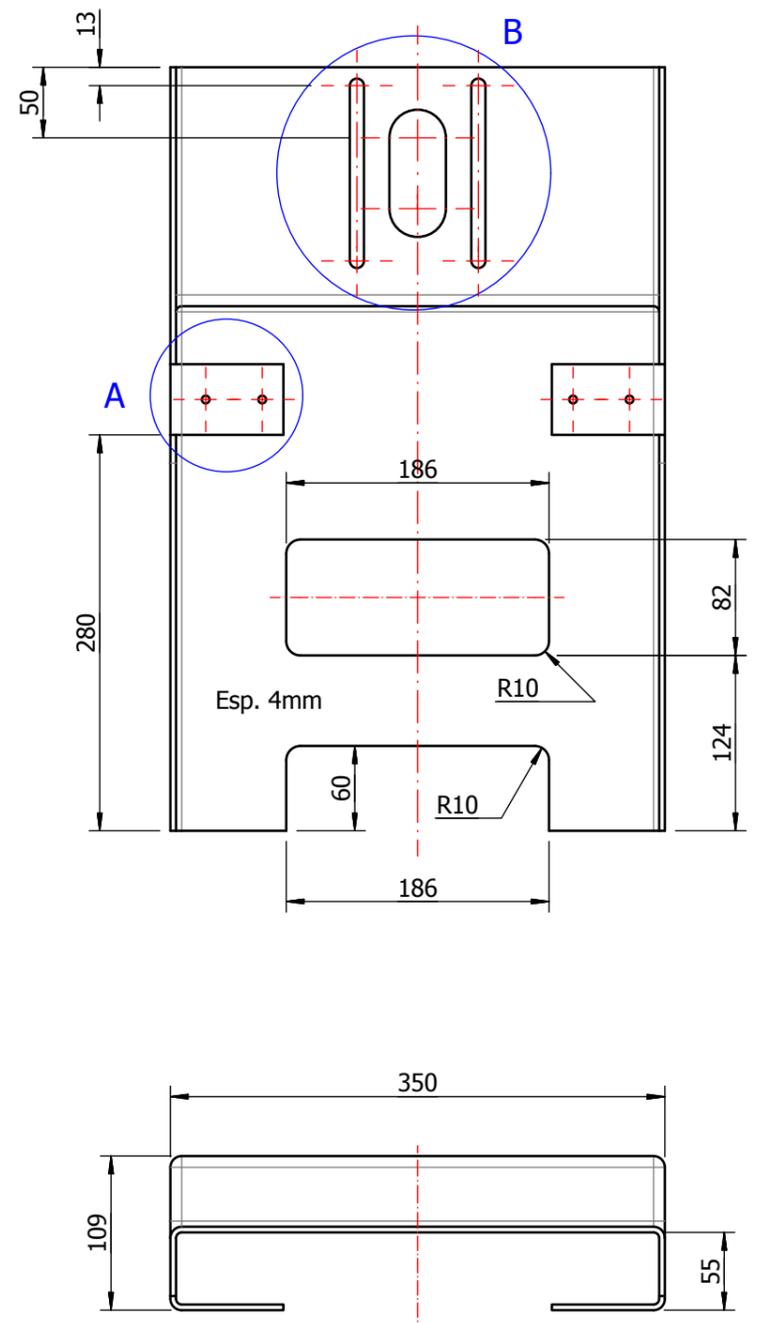
1 N8



Detalhe B (1 : 5)



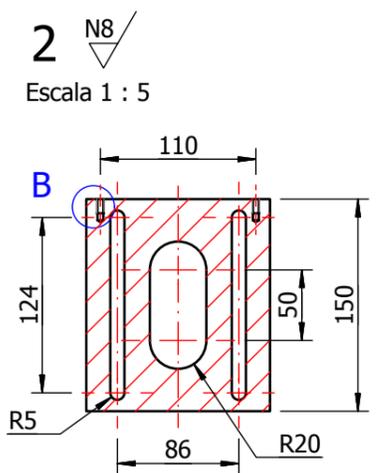
Detalhe A (1 : 2)



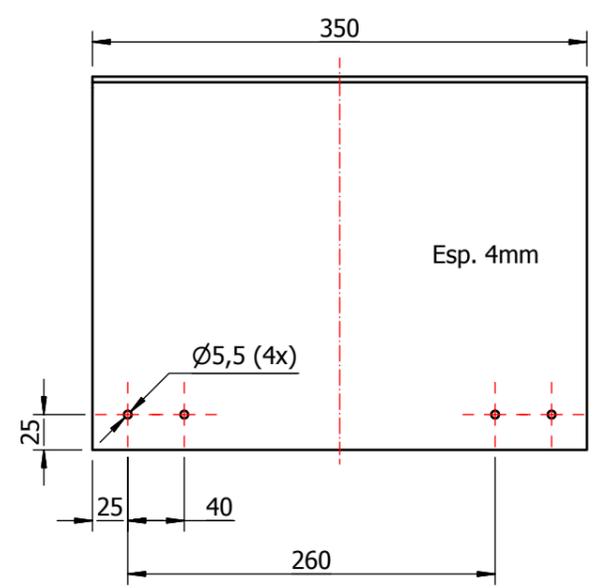
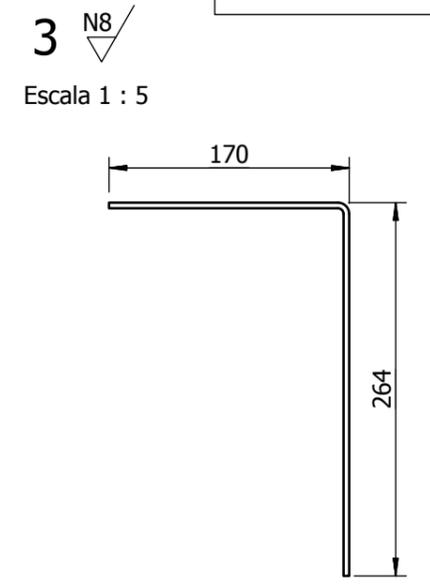
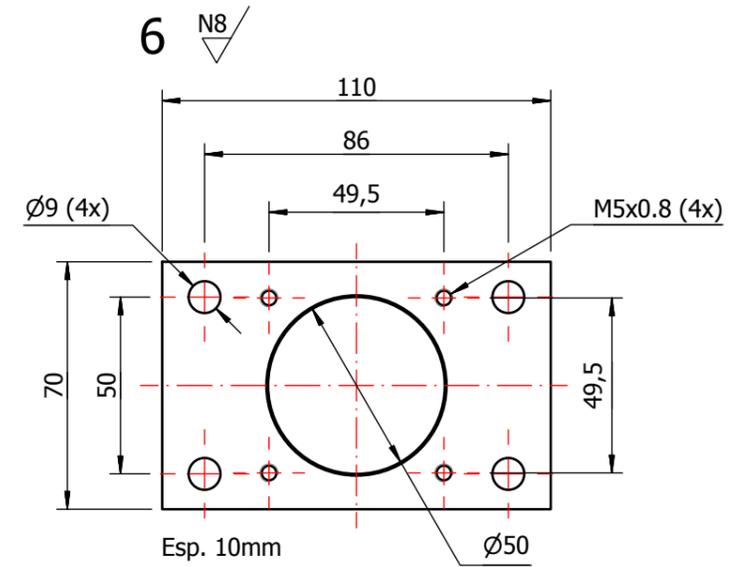
- NOTAS:
- [1] - Têmpera da liga de alumínio 5052: H34 conforme NBR 7823;
 - [2] - Tolerâncias não especificadas conforme ISO 2768 - mK;
 - [3] - Raios internos não especificados - R4;
 - [4] - Raios externos não especificados - R8;
 - [5] - Cantos simplificados conforme ISO 13715;
 - [6] - Furações de parafusos feitas na montagem.

1	Chapa Estrutural	1	Liga de Alumínio 5052 - 710 x 590 x 4
ITEM	DENOMINAÇÃO	QTD	MATERIAL E DIMENSÕES
 		<p>Título: Chapa Estrutural do Braço</p> <p>Unidade: mm</p> <p>Projeção: </p> <p>Escala: 1 : 5</p> <p>Verif.: Grupo Cata Coco</p> <p>Aprov.: Arnaldo Forgas Jr.</p> <p>Nº do Arquivo: NMC420-GCC-DF-01-R01</p> <p>Data: 31/05/2021</p> <p>Folha: 1 / 1</p>	

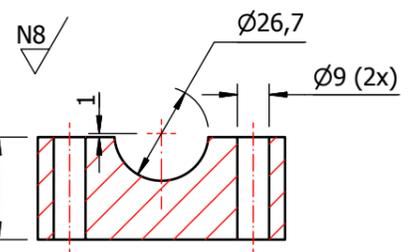
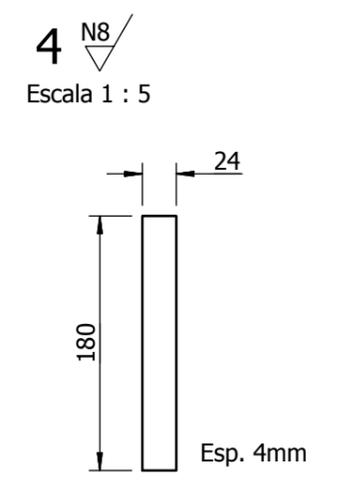
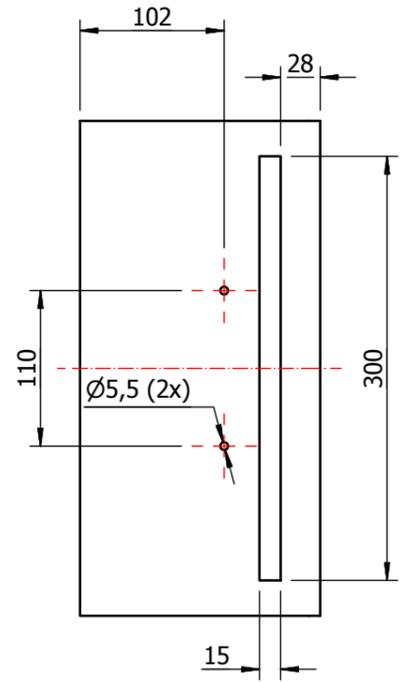
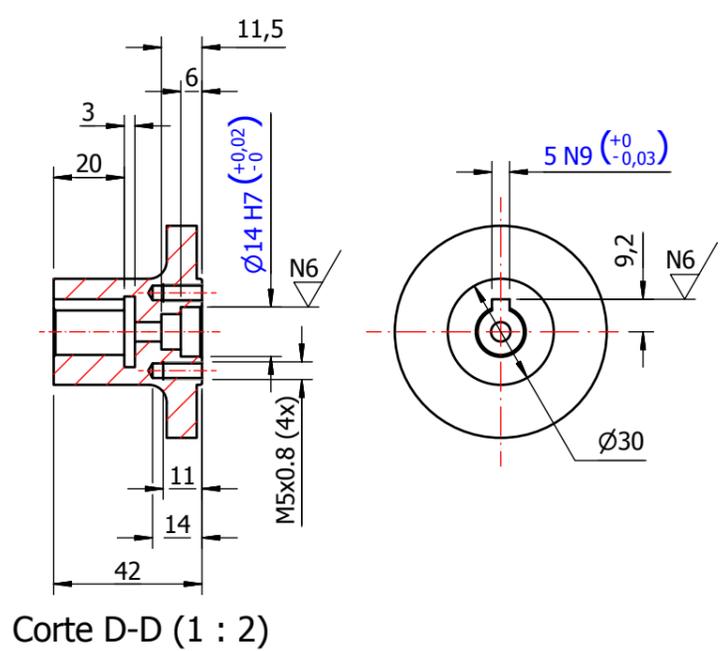
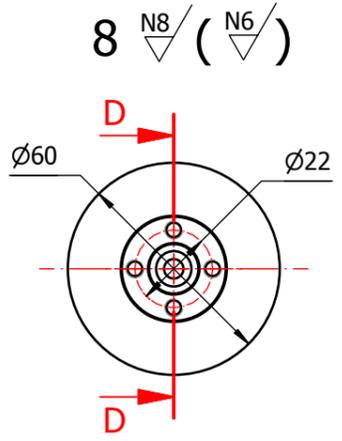
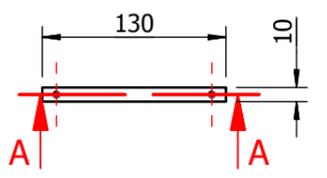
1	Emissão inicial	25/05/2021	Grupo Cata Coco
REV	DESCRIÇÃO	DATA	RESPONSÁVEL
HISTÓRICO DE REVISÃO			



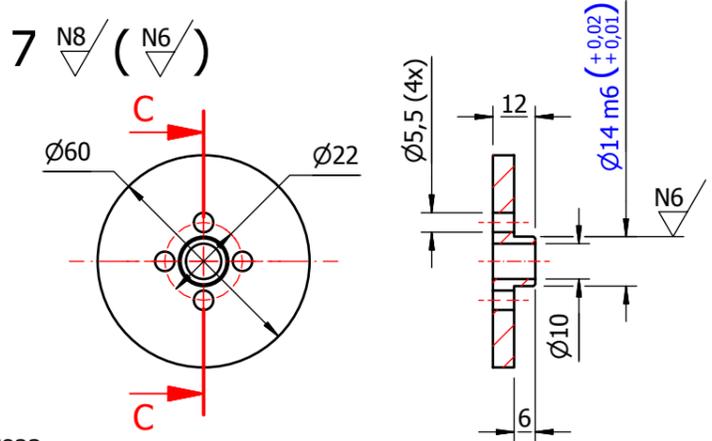
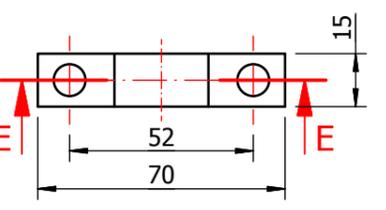
Detalhe B (1 : 2)



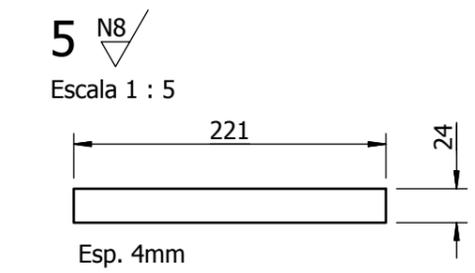
Corte A-A (1 : 5)



Corte E-E (1 : 2)



Corte C-C (1 : 2)



NOTAS:
 [1] - Têmpera das ligas de alumínio 5052: H34 conforme NBR 7823;
 [2] - Tolerâncias não especificadas conforme ISO 2768 - mK;
 [3] - Chânfros não especificados - Ch 0,5 x 45°;
 [4] - Cantos simplificados conforme ISO 13715;
 [5] - Acabamentos superficiais conforme DIN 4288.
 [6] - Furações de parafusos feitas na montagem.

9	Mancal de Fixação	8	Liga de Alumínio 5052 - 70 x 30 x 15
8	Bucha de Transmissão	1	Liga de Alumínio 5052 - 2 3/8" x 42
7	Placa de Fixação do Disco de Serra	1	Liga de Alumínio 5052 - 2 3/8" x 15
6	Placa de Fixação do Motor	1	Liga de Alumínio 5052 - 110 x 70 x 10
5	Chapa 1 de Fixação do Mancal	2	Liga de Alumínio 5052 - 225 x 24 x 4
4	Chapa 1 de Fixação do Mancal	2	Liga de Alumínio 5052 - 180 x 24 x 4
3	Chapa de Proteção	1	Liga de Alumínio 5052 - 440 x 350 x 4
2	Guia Reguladora	1	Liga de Alumínio 5052 - 150 x 130 x 10
ITEM	DENOMINAÇÃO	QTD	MATERIAL E DIMENSÕES



CATA COCO



centro universitário

Título:

Componentes Braço

Verif.: Grupo Cata Coco Aprov.: Arnaldo Forgas Jr.

Nº do Arquivo: NMC420-GCC-DF-02-R01

Unidade: mm

Projeção: 

Escala: 1 : 2

Data: 25/05/2021

Folha: 1 / 1

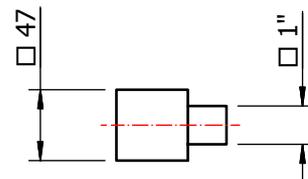
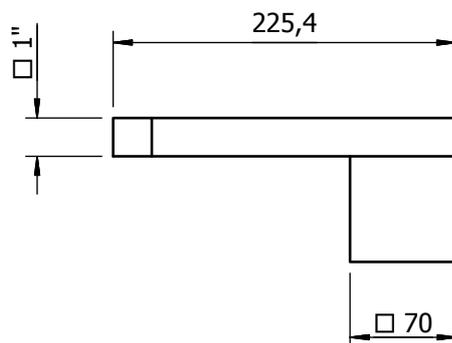
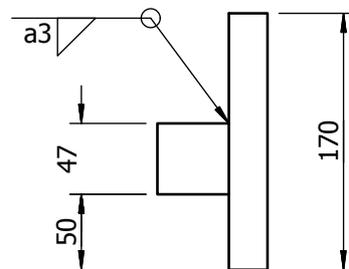
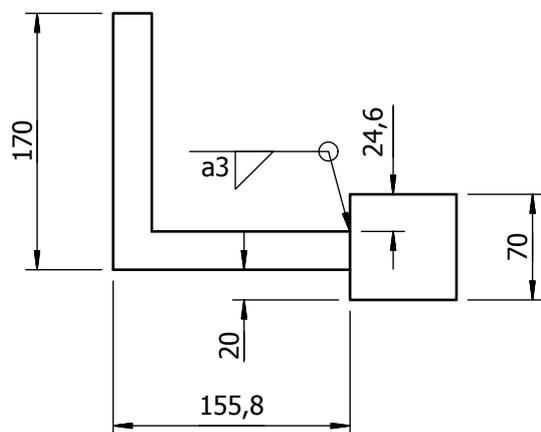
1	Emissão inicial	25/05/2021	Grupo Cata Coco
REV	DESCRIÇÃO	DATA	RESPONSÁVEL
HISTÓRICO DE REVISÃO			

A

A

8 N8

9 N8



B

B

C

C

NOTAS:

[1] - Tolerâncias não especificadas conforme ISO 2768 - mK;

[2] - Cantos simplificados conforme ISO 13715;

[3] - Símbolos de soldagem conforme DIN ISO 2553;

[4] - Tolerâncias para construção de soldas conforme DIN EN ISO 13920-A.

9	Contrapeso 2	1	Aço ABNT 1010 - 3" x 120
8	Contrapeso 1	1	Aço ABNT 1010 - 1" x 550
ITEM	DENOMINAÇÃO	QTD	MATERIAL E DIMENSÕES

D

D



Título:

Contrapesos

Unidade: mm

Projeção:

Escala: 1 : 5

Verif.: Grupo Cata Coco

Aprov.: Arnaldo Forgas Jr.

Data: 25/05/2021

Nº do Arquivo: NMC420-GCC-DF-04-R01

Folha: 1 / 1

1

2

3

4