

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ARQUITETURA
CURSO DE DESIGN DE PRODUTO

Felipe Luis Palombini

**DESIGN DE EQUIPAMENTO HÍBRIDO PARA O REPROCESSAMENTO DE
RESÍDUOS POLIMÉRICOS: AGLUTINADOR E MOINHO DE FACAS**

Porto Alegre

2015

FELIPE LUIS PALOMBINI

**DESIGN DE EQUIPAMENTO HÍBRIDO PARA O REPROCESSAMENTO DE
RESÍDUOS POLIMÉRICOS: AGLUTINADOR E MOINHO DE FACAS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Design de Produto, da Faculdade de Arquitetura da UFRGS, como requisito parcial para a obtenção do título de Designer.

Orientador: Prof. Dr. Luis Henrique Alves Cândido

PORTO ALEGRE

2015

FELIPE LUIS PALOMBINI

**DESIGN DE EQUIPAMENTO HÍBRIDO PARA O REPROCESSAMENTO DE
RESÍDUOS POLIMÉRICOS: AGLUTINADOR E MOINHO DE FACAS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
Curso de Design de Produto da Faculdade de Arqui-
tectura da UFRGS, como requisito parcial para a ob-
tenção do título de Designer.

Aprovado em 08 de julho de 2015.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Luis Henrique Alves Cândido

Orientador

Prof.^a Dra. Cintia Cristiane Petry Mazzaferro

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira

Prof.^a M.^a Geísa Gaiger de Oliveira

RESUMO

Em grandes centros urbanos, mesmo com a adoção da coleta seletiva e triagem, muitos resíduos não são aproveitados, levando ao despejo em lixões ou aterros sanitários. Em especial, os compostos por materiais poliméricos, devido à falta de beneficiamento. Na presente política de tratamento de resíduos sólidos de origem doméstica, há a adoção da manutenção de centros de triagem em regiões urbanas, nos quais muitas comunidades sustentam-se através da venda dos resíduos recebidos. O presente Trabalho de Conclusão de Curso em Design envolve o desenvolvimento de um equipamento híbrido para o reprocessamento de resíduos poliméricos. A primeira etapa consiste no levantamento informacional e técnico, através da fundamentação teórica sobre consumo e sustentabilidade, ecodesign, materiais poliméricos e sua reciclagem em centros urbanos. Isto levou à realização de entrevistas e visitas técnicas em centros de triagem da Grande Porto Alegre, empresas recicladoras e fábricas de equipamentos de moagem de polímeros. Após identificados os principais materiais poliméricos recebidos e descartados, foram realizados testes de reprocessamento com resíduos sob a forma de filme, em um aglutinador, e semirrígido, em um moinho de facas, avaliando as dificuldades e os parâmetros essenciais para a demanda de centros de triagem de regiões metropolitanas brasileiras. Os resultados dos ensaios comprovaram a viabilidade de desenvolvimento de um equipamento híbrido para o reprocessamento deste material, tanto sob a forma de filmes e quanto de semirrígidos. Após o levantamento de dados, foram definidos os parâmetros projetuais que balizaram os requisitos de projeto, permitindo a etapa de geração de alternativas. Baseando-se na metodologia seguida, as alternativas foram analisadas com o auxílio de profissionais da indústria, levando à escolha da solução que melhor contemplasse os requisitos de projeto. O equipamento e seus subsistemas foram desenvolvidos e detalhados, sendo validados através de um *mockup* em escala. O presente projeto permitiu mostrar que o desenvolvimento de um equipamento com funções múltiplas pode contribuir para a diminuição do desperdício de resíduos poliméricos, com a consequente redução do impacto ambiental e o aumento da geração de renda de comunidades que dependem deste sustento.

Palavras-chave: aglutinador; moinho de facas; reprocessamento de polímeros; centro de triagem

ABSTRACT

In major urban centers, even with the adoption of selective collection and sorting many residues are not used, leading to the disposal in dumps or landfills. In particular the ones composed of polymeric materials, due to lack of processing. On our current domestic originated solid waste treatment policy, the maintenance of sorting units was adopted in urban areas, where many communities sustain themselves by selling the waste received. This Course Graduation Project in Design comprises the development of a hybrid equipment for the reprocessing of polymeric residues. First stage consists of informational and technical investigation, through theoretical foundation over consumption and sustainability, ecodesign, polymeric materials and their recycling in urban centers. This led to interviews and technical visits in sorting units of the Greater Porto Alegre, recycling and polymer grinding manufacturing companies. After identifying the primary received and discarded polymeric materials, reprocessing tests were performed with semi-rigid plastic, in a grinder, and flexible plastic films, in an agglomerator, evaluating the difficulties and essential parameters for the demand of sorting units of Brazilian metropolitan areas. Test results proved the feasibility of developing a hybrid device for the reprocessing of this material, both as films and as semi-rigid. After gathering the data, project requirements that guided the design requirements were defined, allowing the alternative generation stage. Based on the methodology followed, the alternatives were analyzed with the help of industry professionals, leading to selection of the solution that would best contemplate the design requirements. Equipment and its subsystems were developed and detailed, being validated through a scale mockup. This project allowed to show that the development of a device with multiple functions may contribute to the reduction of polymeric residues waste, which consequent reduction of environmental impact and the increase of income generation of communities whose livelihoods depend on that.

Keywords: agglomerator; grinder; polymer reprocessing; sorting units

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Metodologia utilizada no trabalho	22
Figura 2 — Evolução das abordagens do desenvolvimento sustentável	29
Figura 3 — Sustentabilidade de um produto através da soma de seus gastos energéticos ...	33
Figura 4 — O conceito dos 3Rs no consumismo	35
Figura 5 — Classificação dos polímeros	43
Figura 6 — A evolução dos materiais de engenharia ao longo do tempo	47
Figura 7 — Produção mundial de polímeros de 1950 a 2012	51
Figura 8 — Processo de fabricação de resinas termoplásticas a partir do petróleo	53
Figura 9 — Evolução dos códigos de identificação de resinas plásticas	56
Figura 10 — Reciclagem primária na ValimPlast: (A) aparas, (B) processamento e (C) <i>pellet</i>	58
Figura 11 — Objetivos da gestão de resíduos, em ordem de desejabilidade.....	62
Figura 12 — CTVP: (A) prensas, (B) área de triagem e (C) resíduos rejeitados	66
Figura 13 — COOLABORE: (A) galpão, (B) planta, (C) material processado e (D) aglutinado..	68
Figura 14 — Cooperativa de Dois Irmãos: (A) centro, (B) depósito e (C) beneficiamento	71
Figura 15 — Beneficiamento na Cooperativa: (A) aglutinador e (B) material processado.....	72
Figura 16 — SEIBT®: (A) indústria, (B) moinho, (C) lâminas e (D) acesso interno	77
Figura 17 — Relação entre Produção e Potência do motor dos aglutinadores similares	81
Figura 18 — Aglutinador analisado: (A) alimentação, (B) água, (C) saída e (D) motor.....	83
Figura 19 — Temperatura do aglutinador: (A) medição e (B) resultado	84
Figura 20 — Conjunto de facas do aglutinador: (A) parado e (B) funcionamento	85
Figura 21 — Moinho do LACOR: (A) alimentação, (B) redução, (C) lâminas e (D) moagem....	87
Figura 22 — Motor W22 Magnet: (A) inversor de frequência e (B) comparativo de volume .	89
Figura 23 — Similar de conceito 1: Ninja® Kitchen Blender	91
Figura 24 — Similar de conceito 2: Baratza® Conical Burr Coffee Grinder.....	92
Figura 25 — Similar de conceito 3: Microplane® Herb Mill	93
Figura 26 — Similar de conceito 4: Thermos® Insulated Travel Mug	94
Figura 27 — Similar de conceito 5: Bolsa térmica BEL FIX®	95
Figura 28 — Materiais para isolamento térmico e respectivo Valor R.....	96
Figura 29 — Similar de conceito 6: Better Living™ LINEA Shower Dispenser.....	97
Figura 30 — Similar de conceito 7: Lavadora de Roupas Facilite Estoque Fácil Consul®	98

Figura 31 — Alternativa 1 – Tombamento: (A) aglutinador e (B) moinho.....	106
Figura 32 — Alternativa 2 – Troca de lâminas: (A) aglutinador e (B) moinho	107
Figura 33 — Alternativa 3 – Módulos independentes: (A) aglutinador e (B) moinho	108
Figura 34 — Alternativa 4 – Módulos com único motor: (A) aglutinador e (B) moinho.....	109
Figura 35 — Alternativa 5 – Módulo híbrido: (A) moinho e (B) aglutinador	112
Figura 36 — Sistema de transmissão: (A) motor, (B) moinho e (C) aglutinador.....	113
Figura 37 — Sistema de transmissão conectando: (A) moinho e (B) aglutinador	114
Figura 38 — Sistema de isolamento: (A) material isolante e (B) estrutura metálica	115
Figura 39 — Sistema dispensador de água: (A) recipiente, (B) condução e (C) saída	116
Figura 40 — Sistema de reentrâncias do tambor do aglutinador.....	117
Figura 41 — Alternativa de disposição 1: detalhes (A) anterior e (B) posterior.....	119
Figura 42 — Alternativa de disposição 2: detalhes (A) anterior e (B) posterior	120
Figura 43 — Alternativa de disposição 3: detalhes (A) anterior e (B) lateral	121
Figura 44 — Modelo final desenvolvido	122
Figura 45 — Modelo desenvolvido: vista frontal	123
Figura 46 — Tampa do tambor do aglutinador: (A) aberta e (B) fechada	124
Figura 47 — Detalhes internos do aglutinador: (A) facas e (B) chapas orientadoras.....	125
Figura 48 — Sistema de despejo de água do aglutinador.....	126
Figura 49 — Elementos de segurança do aglutinador	127
Figura 50 — Sistema de liberação do material com porta: (A) fechada e (B) aberta	128
Figura 51 — Moinho de facas: (A) zonas internas e (B) mecanismo de abertura do corpo ..	129
Figura 52 — Elementos da zona de corte do moinho de facas.....	130
Figura 53 — Componentes do moinho: (A) peneira e sistema de redução e (B) gaveta	131
Figura 54 — Painel articulado em modo: (A) moinho de facas e (B) aglutinador	132
Figura 55 — Painel: articulação (A) horizontal e (B) vertical, e (C) comandos	133
Figura 56 — Localização dos elementos do sistema de tração	134
Figura 57 — Elementos principais do sistema de transmissão.....	135
Figura 58 — Sistema de transmissão para: (A) aglutinador e (B) moinho de facas.....	136
Figura 59 — Sistema de engate para aglutinador: (A) desalinhado e (B) alinhado	137
Figura 60 — Elementos da estrutura: (A) revestimento, (B) pés e (C) corrimão	138
Figura 61 — Desenvolvimento da identidade visual: (A) símbolo, (B) nome e (C) logo	139
Figura 62 — Fabricação do <i>mockup</i> : (A) impressora 3D e (B) peça produzida.....	140

- Figura 63** — Acabamento manual: (A) aglutinador, (B) suporte e (C) peças impressas.....141
- Figura 64** — *Mockup* em escala: vista (A) do aglutinador e (B) do moinho de facas141
- Figura 65** — *Mockup* produzido: (A) vista frontal e (B) detalhe das lâminas do aglutinador 142

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Introdução comercial de polímeros sintéticos 49

Tabela 2 — Comparativo entre características do aglutinador e do moinho..... 88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Classificação, descrição e exemplos dos polímeros naturais	44
Quadro 2 — Códigos de Identificação de Resinas Poliméricas.....	55
Quadro 3 — Dados das entrevistas com Centros de Triagem de Porto Alegre.....	73
Quadro 4 — Análise sincrônica de aglutinadores.....	79
Quadro 5 — Conversão dos requisitos dos usuários em orientações de projeto	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABS	Acrilonitrila butadieno estireno
ASTM	American Society for Testing and Materials
CEA	Centro de Educação Ambiental
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
COOLABORE	Cooperativa de Construção Civil e Limpeza Urbana Ltda.
CT	Centro de Triagem
CTVP	Centro de Triagem da Vila Pinto
cv	Cavalo-vapor
DfD	Design for Disassembly
DfE	Design for the Environment
DMLU	Departamento Municipal de Limpeza Urbana
DNA	Ácido desoxirribonucleico
EPS	Poliestireno expandido
EPE	Polietileno expandido
EVA	Espuma Vinílica Acetinada
GLP	Gás liquefeito de petróleo
HDPE	Polietileno de alta densidade
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada
IRmP	Indústria de Reciclagem Mecânica de Plástico
kg/h	Quilograma por Hora
kWh/kg	Quilowatt-hora por Quilograma
LACOR	Laboratório de Corrosão, Proteção e Reciclagem de Materiais / UFRGS
LDPE	Polietileno de baixa densidade
LdSM	Laboratório de Design e Seleção de Materiais / UFRGS
m² °C/W	Metro quadrado-Grau Célsius por Watt
NdFeB	Ímã de neodímio, ferro e boro
PC	Policarbonato
PE	Polietileno

PET	Politereftalato de etileno
PLA	Poliácido láctico
PLASTIVIDA	Instituto Sócio-Ambiental dos Plásticos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloreto de vinila
PU	Poliuretano
RNA	Ácido ribonucleico
RPM	Rotações por minuto
SI	Sistema Internacional
SIMPLÁS	Sindicato das Indústrias de Material Plástico do Nordeste Gaúcho
SPI	Society of the Plastics Industry
WCED	World Commission on Environment and Development

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	5
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	6
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE QUADROS	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	11
SUMÁRIO	13
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Problematização	18
1.2 Objetivos	19
1.2.1 Objetivo Geral.....	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
1.3 Justificativa	20
1.4 Metodologia	21
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1 O consumo pela abordagem do design de produto	24
2.1.1 Design e sustentabilidade.....	26
2.2 Ecodesign	31
2.2.1 Os 3Rs	34
2.2.2 DfE – Design for the Environment	36
2.2.3 Materiais e sustentabilidade	37
2.3 Materiais poliméricos	42
2.3.1 Classificação dos polímeros	43
2.3.2 Evolução comercial dos polímeros	46
2.3.3 Cenário atual.....	50
2.4 A reciclagem de resíduos poliméricos e os Centros de Triagem	52
2.4.1 Fabricação e reciclagem de termoplásticos	53
2.4.2 Reciclagem mecânica na indústria – visita técnica	57
2.4.3 Reciclagem mecânica: aplicação em Centros de Triagem.....	60
3 ANÁLISE COM USUÁRIOS	65

3.1	Centros de Triagem – visitas técnicas.....	65
3.1.1	Centro de Triagem da Vila Pinto.....	65
3.1.2	COOLABORE – Cooperativa de Construção Civil e Limpeza Urbana Ltda.	67
3.1.3	Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos	70
3.2	Entrevistas com o público-alvo	73
3.3	Conclusão do levantamento informacional com usuários.....	75
4	ANÁLISE DE SIMILARES.....	76
4.1	Análise de similares de função.....	76
4.1.1	SEIBT® – Máquinas Para Plásticos Ltda.	76
4.1.2	Análise sincrônica de aglutinadores	78
4.1.3	Aglutinador da Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos	82
4.1.4	Moinho do Laboratório de Corrosão, Proteção e Reciclagem de Materiais.....	86
4.1.5	Comparativo dos equipamentos: aglutinador e moinho	87
4.2	Análise de similares de conceito	90
4.2.1	Moedores e trituradores	90
4.2.2	Isolantes térmicos.....	93
4.2.3	Dispensadores de água.....	96
4.3	Conclusão da análise dos similares	98
5	REQUISITOS DE PROJETO	101
5.1	Requisitos dos usuários	101
5.2	Conversão dos requisitos dos usuários para orientações de projeto	101
6	SÍNTESE PROJETUAL – CONCEITO DA PROPOSTA	104
7	GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS.....	106
7.1	Alternativas conceituais	106
7.2	Análise das alternativas conceituais	109
8	DESENVOLVIMENTO	113
8.1	Subsistemas do equipamento.....	113
8.2	Disposição espacial do equipamento	118
9	DETALHAMENTO DO PROJETO	122
9.1	Aglutinador	124
9.2	Moinho de facas.....	128
9.3	Painel articulado	131

9.4	Motor e sistema de transmissão.....	133
9.5	Estrutura.....	137
9.6	<i>Naming</i> e identidade visual	138
10	VALIDAÇÃO COM <i>MOCKUP</i>	140
11	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	143
	REFERÊNCIAS.....	145
	APÊNDICE A – Diagrama de Mudge	152
	APÊNDICE B – Matriz de Pugh	153
	APÊNDICE C – Detalhamentos técnicos	154
	ANEXO I – Imagens dos aglutinadores similares avaliados no Quadro 4	250
	ANEXO II – Ata da Reunião com empresa SEIBT®	256

1 INTRODUÇÃO

Um dos materiais mais versáteis e utilizados no mundo, os polímeros influenciam de diversas formas na sustentabilidade de uma sociedade (MAGRINI *et al.*, 2012). Desde os anos 50, os polímeros sintéticos têm crescido rapidamente em utilização na indústria e, conseqüentemente, no dia-a-dia, devido ao seu custo relativamente baixo e à sua alta versatilidade e complexidade de formas em processos de fabricação. Suas propriedades permitem que um mesmo material possa ser encontrado de forma firme e flexível, aos 20°C, possa ser quebrado aos 4°C e deformável aos 100°C (ASHBY, 2010).

Estas propriedades fazem com que seja encontrada aplicação de polímeros em praticamente tudo o que produzimos, como, entre outros, automóveis, eletrodomésticos, vestuário, construção civil (MAGRINI *et al.*, 2012). Em suas diversas composições e aplicações, apresentam a necessidade de serem processados em uma série de etapas para serem utilizados novamente. Ainda que novas técnicas tenham surgido nos últimos anos, a taxa de reciclagem de polímeros ainda é muito inferior a de sua produção (KEANE, 2007).

A reciclagem primária, a qual consiste no processamento de rejeitos limpos ao ciclo de extrusão, é limitada quanto aos tipos de materiais aceitos (AL-SALEM; LETTIERI; BAEYENS, 2009), havendo a necessidade de encontrar novas formas para os demais polímeros. AZAPAGIC *et al.* (2003) afirmam que a reciclagem de materiais poliméricos torna-se mais custosa à medida em que o material for mais utilizado em sua vida útil. Por exemplo, se o resíduo é proveniente da indústria, sua recuperação e reprocessamento são muito mais fáceis e econômicas que ao se considerar o de pós-consumo.

Para o reprocessamento de polímeros pós-consumo, *i.e.* a reciclagem primária, dois tipos básicos de equipamentos são utilizados, conforme o tipo de resíduo: aglutinador e moinho de facas. O primeiro consiste num grande recipiente cilíndrico, no qual um conjunto de lâminas, localizado na base da parte interior, gira em grandes velocidades, tal como um liquidificador caseiro. Neste equipamento, são colocados polímeros do tipo filme, utilizados em embalagens de biscoitos, massas, pães, sacolas e sacos diversos. Estes são cortados e aquecidos, pelo atrito com as lâminas, sendo subitamente resfriados, com a adição de água. Esse processo faz com

que os pedaços cortados de filmes poliméricos passem por um choque térmico, levando-os a condensarem de tamanho – aglutinarem –, permitindo serem novamente trabalhados em extrusão ou injeção (HAGGAR, 2010).

Já o moinho de facas é utilizado para resíduos poliméricos do tipo semirrígidos, como os utilizados em embalagens de iogurte, refrigerante, sucos, margarinas, etc. O equipamento consiste em um conjunto de lâminas paralelas, radiais e longitudinais a um eixo que é paralelo ao chão. Ao serem despejados, os resíduos semirrígidos são triturados e prensados por essas lâminas, enquanto elas se movem de modo rente às laterais do moinho (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003).

Ambos os equipamentos utilizam motores com potências semelhantes, mas as lâminas do moinho de facas movem-se em velocidades menores que as do aglutinador, o que acaba produzindo um torque maior. Entretanto, cada tipo de equipamento é utilizado de modo individual, havendo a necessidade de se adquirir ambos para o reprocessamento dos dois tipos de resíduos.

Destinar um resíduo polimérico para afetar o mínimo possível o ecossistema é uma questão internacional muito importante (KEANE, 2007). Entretanto, esta tarefa esbarra muitas vezes no próprio desconhecimento da população. Um exemplo é que, ambientalmente, o uso de um incinerador controlado gera muito menos danos em comparação com a deposição em aterros (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). Estes desconhecimentos fazem com que haja muita desinformação sobre o tema, levando a uma dificuldade do entendimento dos problemas a serem solucionados.

Além de impactos econômicos, pelo reaproveitamento de material, e ambientais, pela destinação adequada de resíduos, a reciclagem de polímeros traz fortes benefícios sociais, de acordo com MAGRINI *et al.* (2012). Diversas camadas da população podem beneficiar-se da indústria de reprocessamento de materiais poliméricos. A exemplo, encontram-se os Centros de Triagem, que selecionam materiais provenientes do lixo seco para sua posterior venda e geração de renda a comunidades (MONTEIRO *et al.*, 2001). Assim, o ciclo de vida dos polímeros é uma questão de grande importância para a sustentabilidade de uma sociedade, uma vez

que aborda aspectos econômicos, ambientais e sociais.

Deste modo, a realização deste estudo tem o objetivo de facilitar a etapa relativa ao reprocessamento de materiais poliméricos. É proposto, então, o desenvolvimento de um projeto de produto que atue como uma ferramenta para auxiliar no escopo aqui levantado. Com isto, objetiva-se aplicar os conhecimentos obtidos durante o curso na geração de um produto que contribua para auxiliar profissionais envolvidos na reciclagem de polímeros.

1.1 Problematização

Com todas as aplicações dos polímeros na indústria, sua utilização pós-consumo é um grande fator para definir se o material vai ser desperdiçado, e rejeitado, ou se será aproveitado. Neste sentido, um conceito de reciclagem, segundo MAGRINI *et al.* (2012), é o conjunto de técnicas e procedimentos que permite que o ciclo de vida de um material seja estendido para além da aplicação inicial proposta. Isto significa evitar que o material seja destinado ao lixo, para tirar vantagens do valor do material e/ou dos recursos de energias armazenados no mesmo (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003).

Segundo o relatório do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU, 2013), 11,23% de todos os resíduos gerados em Porto Alegre são poliméricos, incluindo a quantidade de resíduos orgânicos possíveis de serem utilizados em compostagem, como restos alimentares, galhos, folhas e terra. Ao considerar somente os resíduos não biodegradáveis da capital, compreendidos entre papéis, vidros, metais e polímeros, estes correspondem a 41,79% da quantidade gerada.

Apesar da grande quantidade de polímeros nos resíduos sólidos urbanos, este tipo de material é o com menor taxa de reciclagem, segundo o Diagnóstico dos Resíduos Urbanos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012), com 19%. Entretanto, devido ao grande número de tipos de polímeros aplicados na indústria, certos tipos apresentam diferentes taxas de recuperação, chegando a 53% no caso de politereftalato de etileno (PET) e a 20% no de polietileno de baixa densidade (LDPE), mas não passando de 10% nos demais tipos.

Os principais agentes na reciclagem de resíduos sólidos são cooperativas de catadores, de acordo com pesquisa divulgada no Ciclosoft 2012, relatório bianual do Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2012). Em 72% dos municípios que possuem coleta seletiva, as cooperativas são contratadas pela prefeitura ou apoiadas por ela. Este suporte, segundo o relatório, é baseado em maquinários, galpões de triagem, ajudas de custo com água e energia elétrica, caminhões, capacitações e investimento em divulgação e educação ambiental.

Apesar da alta demanda de polímeros na indústria, estes ainda são os principais tipos de materiais descartados e, ainda, sem possuir uma taxa de recuperação suficiente para a demanda. Ainda, grande parte dos polímeros utilizados na indústria provêm de fontes não renováveis, como os oriundos de petróleo. Neste sentido, torna-se visível a necessidade de desenvolvimento de equipamentos e ferramentas que auxiliem na recuperação de polímeros pós-consumo de diversos tipos, para auxiliar cooperativas de reciclagem.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O trabalho visa a desenvolver um equipamento de reprocessamento de polímeros do tipo filme e semirrígido, para ser utilizado em Centros de Triagem, agregando conceitos de um aglutinador e de um moinho de facas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar as principais dificuldades encontradas no reprocessamento de polímeros;
- Identificar os principais tipos de polímeros encontrados nos Centros de Triagem;
- Levantar e analisar similares da função de reprocessamento de polímeros;
- Levantar junto ao público-alvo os principais requisitos para a execução do processo;
- Projetar e verificar o equipamento desenvolvido quanto aos requisitos.

1.3 Justificativa

O presente cenário da cadeia produtiva de polímeros no Brasil demonstra o descompasso entre os níveis de produção e as baixas taxas de reciclagem (MAGRINI *et al.*, 2012). Tratando-se de materiais com grande aplicabilidade, em diferentes tipos de indústrias, bem como suas boas propriedades e custo baixo, os polímeros são considerados uma das primeiras opções de seleção de materiais na manufatura de produtos.

Segundo PLASTICS EUROPE (2013), 39,4% da demanda de materiais poliméricos pertence ao segmento de embalagens, valores muito expressivos quando comparados aos 20,3% da indústria de construção, em segundo lugar. Este tipo de aplicação representa um perfil de consumo de polímeros predominantemente rápido, com descarte prematuro. Isto significa que uma grande quantidade destes materiais é empregada para uma utilização muito breve pelo consumidor final, com pouco aproveitamento de suas propriedades.

Os Centros de Triagem exercem um importante papel no reprocessamento de resíduos sólidos, contribuindo para sua separação e destinação mais apropriada. Em especial, os materiais poliméricos têm potencial para serem bastante beneficiados por cooperativas de reciclagem. Deste modo, é possível que estes agentes auxiliem a evitar que os polímeros pós-consumo sejam destinados a aterros, aproveitando-se novamente de suas propriedades na indústria, além de gerar renda e melhores condições às comunidades integrantes.

Ainda que existam algumas alternativas de equipamentos para reprocessamento de polímeros, estes são projetados para tipos específicos de resíduos. Deste modo, um Centro de Triagem precisaria adquirir mais de um equipamento, resultando em um desperdício de investimento. Assim, no mercado há a necessidade de um equipamento de reprocessamento mais flexível, que possa atender a diferentes perfis de usuários.

Se boa parte dos polímeros possui uma característica de vida útil curta, é ambiental e economicamente interessante que estes materiais sejam processados e reinseridos na cadeia produtiva. Neste sentido, o presente trabalho busca auxiliar na etapa de reprocessamento de

materiais poliméricos através de Centros de Triagem, surgindo da necessidade de se desenvolver ferramentas que possam ser adquiridas por estas cooperativas, gerando renda e um menor impacto ambiental.

1.4 Metodologia

A tríplice conceitual contemporânea da sustentabilidade, que relaciona os aspectos ambientais, sociais e econômicos, foi mundialmente difundida no relatório Limites do Crescimento (MEADOWS *et al.*, 1972). Os dados abordaram a relação necessária para se ter um crescimento sustentável de uma civilização, de modo que a variável ambiental possui importante papel dentre as demais.

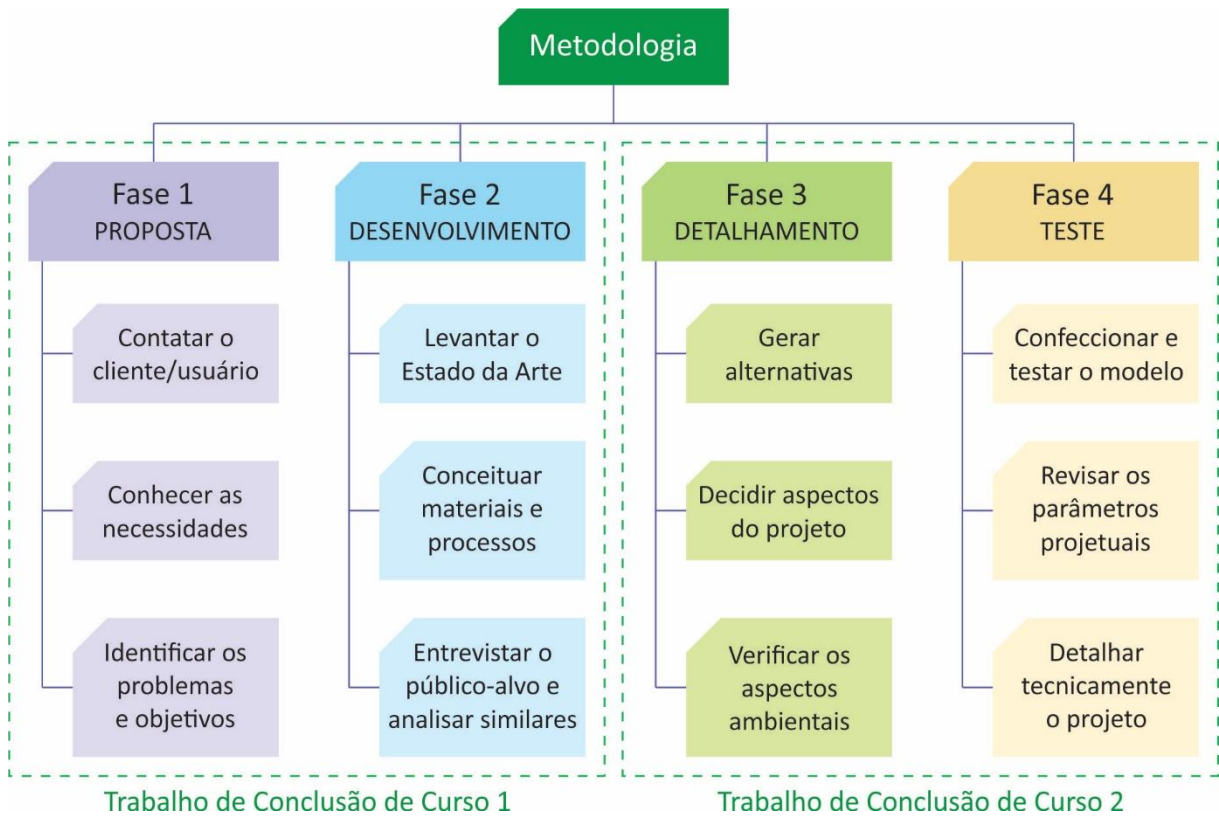
Em virtude da necessidade de se atender a questões ambientais, com a diminuição de poluição por rejeitos poliméricos, bem como sociais, com o favorecimento de etapas de reciclagem por Centros de Triagem, optou-se pela escolha de uma metodologia com foco em tais pontos. Neste sentido, foi utilizada a Metodologia de EcoDesign para o Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis, apresentada por PLATCHECK (2012). Como complemento à metodologia da autora, foram utilizadas as obras de BACK *et al.* (2008) e BAXTER (2000) para definir e elencar os requisitos do projeto a partir das necessidades dos usuários.

PLATCHECK (2012) afirma que o designer precisa basear-se não somente em critérios tradicionais para o desenvolvimento de produtos, como em variáveis relacionadas ao meio ambiente e sua relação com a sociedade. Isto quer dizer que demandas como funcionalidade, usabilidade, segurança, ergonomia, estética e viabilidade técnica precisam ser contempladas de igual forma com aspectos sustentáveis.

A metodologia apresentada é, então, composta por quatro fases distintas no desenvolvimento de produto: Proposta, Desenvolvimento, Detalhamento e Teste, conforme visto no fluxograma da Figura 1. A primeira consiste no primeiro contato com o cliente/usuário, em que é estudado e reconhecido o real problema em questão. Este, segundo a autora, na maioria das vezes, não é de conhecimento exato por parte do cliente, de modo a gerar produtos com mal funcionamento, que acabam não solucionando suas necessidades. Assim, é preciso conhecer

a real necessidade do usuário e como ela é suprida atualmente, se satisfatória ou não. São estudadas, portanto, etapas como identificação do cliente, problematização e objetivos do projeto.

Figura 1 — Metodologia utilizada no trabalho



FONTE: Adaptado de PLATCHECK (2012).

A Fase de Desenvolvimento, também chamada de Estado da Arte, trata do levantamento atual da situação. Seu objetivo é preparar o campo de trabalho para se entrar na fase do Design, da Projeção. É importante realizar análises diversas, como histórica, funcional, ergonômica, técnica, de mercado, etc. A fase é iniciada por conceituações e revisões de materiais, processos produtivos, análises de similares e entrevistas com o público-alvo. Esta fase é importante para se chegar a uma conclusão dos dados levantados, que permita ao designer partir para a próxima etapa projetual.

Na Fase de Detalhamento, dá-se a projeção do produto em estudo, partindo-se dos dados analisados nas fases anteriores. É importante, neste momento, o fator criativo para a geração de alternativas que possam contemplar os requisitos levantados. O designer precisa decidir

sobre os aspectos do projeto: funcionais, técnicos, ergonômicos, de dimensionamento e de materiais e processos, através de detalhamentos. Especialmente nesta fase são levados em consideração os aspectos ambientais, para que o produto gerado possa ser inserido no conceito sustentável da melhor forma possível, durante seu ciclo de vida.

A última fase consiste nas etapas de Teste do projeto. Há a confecção do modelo, de modo a validá-lo conforme os requisitos levantados. Ocorre a realização de testes de usabilidade, dimensionamento, desempenho, entre outros. Com a revisão dos parâmetros projetuais, são considerados aspectos como função, fabricação, eficiência e confiabilidade do sistema. A utilização de detalhamentos técnicos, por fim, permite que o produto desenvolvido possa ser produzido, satisfazendo as necessidades levantadas do usuário.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O consumo pela abordagem do design de produto

O design tem evoluído junto com mudanças tecnológicas e sociais, fazendo com que o designer seja parte deste processo, ao servir à indústria e ao mercado (WALKER; GIARD; WALKER, 2013). Conforme avançamos dentro do século XXI, encontramos desafios sem precedentes, muitos dos quais estão ligados às tecnologias que desenvolvemos. Segundo VEZZOLI e MANZINI (2008), nos últimos 50 anos, a humanidade tem enfrentado um período de grandes mudanças ambientais que estão sendo encaradas, também, como de senso comum às pessoas. A percepção destas mudanças está vista de modo cada vez mais palpável, quando nos damos conta que armas nucleares e a crise ecológica podem significar mais que uma mudança na história, mas o fim dela, segundo os autores.

Design pode ser definido como a mistura entre arte e ciência e, como elas, é a expressão da consciência coletiva (WALKER; GIARD; WALKER, 2013). Segundo os autores, o designer, assim, atua na conexão entre o passado e o presente, enquanto projeta o futuro em nossas perspectivas para uma realidade próxima. Neste sistema de desenvolvimento, o design é colocado em uma posição em que se é necessário pensar não somente nos benefícios planejados para o futuro, mas nas consequências ambientais, econômicas e sociais dos projetos. No modelo de crescimento econômico do capitalismo atual, o desenvolvimento de tecnologias e a manufatura de bens de consumo têm ambos efeitos positivos e negativos (WALKER, 2006). Mesmo com os crescentes benefícios oriundos do desenvolvimento de produtos, a cadeia produtiva mantém-se inalterada, tratando da extração e beneficiamento de recursos, sua distribuição, venda, uso e descarte.

Com a automação deste sistema e o veloz aumento na taxa de consumo, os impactos do consumismo atual não acompanham os níveis de recuperação destas práticas (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). Isto significa que mais produtos são consumidos sem que a taxa de recuperação tenha um crescimento suficiente para compensar este avanço. WALKER, GIARD e WALKER (2013) comentam que o sistema produtivo atual é caracterizado por uma fluidez, de modo que seu escoamento dá-se muito rapidamente. Isto impacta na desenfreada

deposição de componentes plenamente funcionais, além de materiais com grande valor agregado no ecossistema, sem um apropriado aproveitamento de suas propriedades.

No momento em que se processa um material, há a inserção de tecnologia e a aplicação de recursos econômicos para a produção de um bem (ASHBY, 2010). Deste modo, se o produto não possui uma recuperação apropriada e eficaz, não somente os recursos naturais utilizados em sua manufatura serão perdidos, como as demais etapas de transformação, transporte e utilização. Uma das maneiras mais utilizadas para a mensuração da sustentabilidade de um determinado produto ou sistema dá-se através do seu gasto energético, isto por ser um modo de sintetizar todos os custos necessários para sua produção (HENS; NATH, 2006). Neste sentido, é possível deduzir que a tecnologia e seus investimentos econômicos acabam sendo desperdiçados, reduzindo o fator sustentável, quando um produto é rejeitado, sem o devido aproveitamento de seus materiais.

É inegável o benefício econômico associado ao nosso sistema financeiro, devido à quantidade de melhorias que estão associadas ao desenvolvimento tecnológico aplicado em produtos, como cita WALKER (2006). Entretanto, esta vasta utilização precisa ser compensada com o sistema de consumo no qual está associada. Após o fim da Segunda Guerra Mundial, o mundo presenciou uma era de crescimento tecnológico através da maquinaria, cuja ignição deu-se durante a guerra (WALKER; GIARD; WALKER, 2013). A possibilidade de uma linha de consumo constante e crescente mostrou-se promissora para o avanço da economia. Isto levou, segundo os autores, a um grande incentivo ao consumo, conforme ficou institucionalizado e marcado pelo então analista de varejo, Victor Lebow, em 1955:

Nossa enorme economia produtiva demanda que nós tornemos o consumo o nosso estilo de vida, que nós convertamos o ato de comprar e usar bens em um ritual, que nós busquemos nossa satisfação espiritual e de ego no consumo. As medidas do *status* social, da aceitação social, do prestígio, devem ser encontradas nos nossos padrões de consumo. [...] Nós precisamos das coisas consumidas, queimadas, usadas, substituídas e descartadas em um passo cada vez maior. (WALKER; GIARD; WALKER, 2013)

Esta linha de pensamento foi necessária para o desenvolvimento do consumo acelerado e, conseqüentemente, do precipitado descarte de produtos (ASHBY, 2013). A própria escolha do

material a ser utilizado na manufatura de um produto pode ter um papel definitivo para a abreviação de seu fim de vida. WALKER (2006) comenta da propriedade de definir a possibilidade de uso dos produtos contemporâneos pelo estado de conservação de suas carcaças externas. É comum a escolha, nestes casos, de polímeros sintéticos injetados, como ABS, o qual oferece boas propriedades mecânicas e de acabamento, sendo possível de ser replicado inúmeras vezes, mantendo as mesmas características. O caso é que sua superfície, suscetível a riscos, é facilmente danificada e possui um problemático reparo.

A escolha por materiais naturais, como madeira, faz com que exista uma capacidade maior de recuperação, seja com lixa, cola, parafusos e materiais para polir (ASHBY; JOHNSON, 2010; LEFTERI, 2013, 2014; WALKER, 2006). Neste sentido, a seleção de materiais está diretamente relacionada, também, à durabilidade estética de um produto, uma abordagem literalmente mais superficial que descarte por motivos técnicos ou funcionais. Produtos complexos tendem a exigir consertos complexos, devendo ser projetados para manterem-se íntegros no decorrer de sua proposta de vida.

Em muitas situações os produtos são pensados para serem descartados prematuramente. O tempo de vida de um produto é algo muito frágil, podendo ser diminuído por uma série de razões (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). O consumismo patrocinado pelo design reflete uma série de escolhas que fazemos em nossas próprias vidas. De acordo com KINDLEIN JÚNIOR (2014), estamos imersos em uma atmosfera sem perduração, estamos descartando, eliminando, rejeitando e abandonando com tudo o que nos cerca, de pratos descartáveis a candidatos em *reality-shows*. Com a diminuição do “tempo das coisas”, o espaço para a recuperação também se restringe.

2.1.1 Design e sustentabilidade

Como visto, PLATCHECK (2012) baseia sua metodologia de projeto de produto com um foco ambiental de modo a ser tão importante quanto a demais fatores durante o desenvolvimento. Este aspecto ganhou particular interesse na mídia mundial durante a década de 70 (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003), principalmente após a divulgação do relatório do Clube de Roma, publicado em 1972 sobre o nome de Limites do Crescimento (MEADOWS *et al.*, 1972). O

sentido de preservação ambiental esteve naturalmente associado à quantidade de recursos naturais disponíveis, que influenciariam praticamente a todas as indústrias.

O cenário de destaque apresentado pelo relatório previa o fim próximo de reservas de minérios e, particularmente, do petróleo. Isto levou a uma crise nos anos seguintes e, sendo provado que o modelo previsto não estava precisamente correto, houve uma grande queda no preço do barril, de acordo com AZAPAGIC; EMSLEY e HAMERTON (2003). O problema, segundo os autores, passou a ser o foco nas mudanças climáticas que eram trazidas junto ao desencadeamento da indústria de transformação, como a do petróleo.

Houve um consentimento de que era necessária uma abordagem que contemplasse o meio ambiente, o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida, se a humanidade quisesse se manter por um período futuro (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). Assim crescia o conceito de desenvolvimento focado na capacidade sustentável de crescimento. Deste modo, o então Secretário Geral das Nações Unidas, Javier Perez de Cuellar, criou uma comissão para investigar estes aspectos a nível global (JOHNSON; GIBSON, 2014), sendo chamada de *World Commission on Environment and Development* (WCED – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento).

A WCED lança, posteriormente, em 1987, a publicação então intitulada de *Nosso Futuro Comum*, o qual ficou conhecido como o Relatório Brundtland devido ao nome de seu coordenador, Gro Harlem Brundtland (VEZZOLI; MANZINI, 2008; WCED, 1987). Segundo JOHNSON e GIBSON (2014), o documento contou com pesquisas e entrevistas com políticos, membros da indústria, acadêmicos, organizações não-governamentais além do público em geral, de modo a levantar informações sobre como se dá o impacto do homem no ecossistema. Este foi visto como um modo de garantir um crescimento e perpetuação das civilizações, sem que o meio ambiente fosse comprometido. Pela primeira vez, foram levantados a definição sustentabilidade e dois conceitos-chave, nos quais:

Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a habilidade de gerações futuras de atender a suas próprias. O conceito de ‘necessidades’, em particular as necessidades essenciais dos pobres do mundo, aos quais deve ser dada prioridade

absoluta; A ideia de limitações impostas pelo estado da tecnologia e da organização social sobre a capacidade do ambiente para satisfazer as necessidades presentes e futuras. (WCED, 1987)

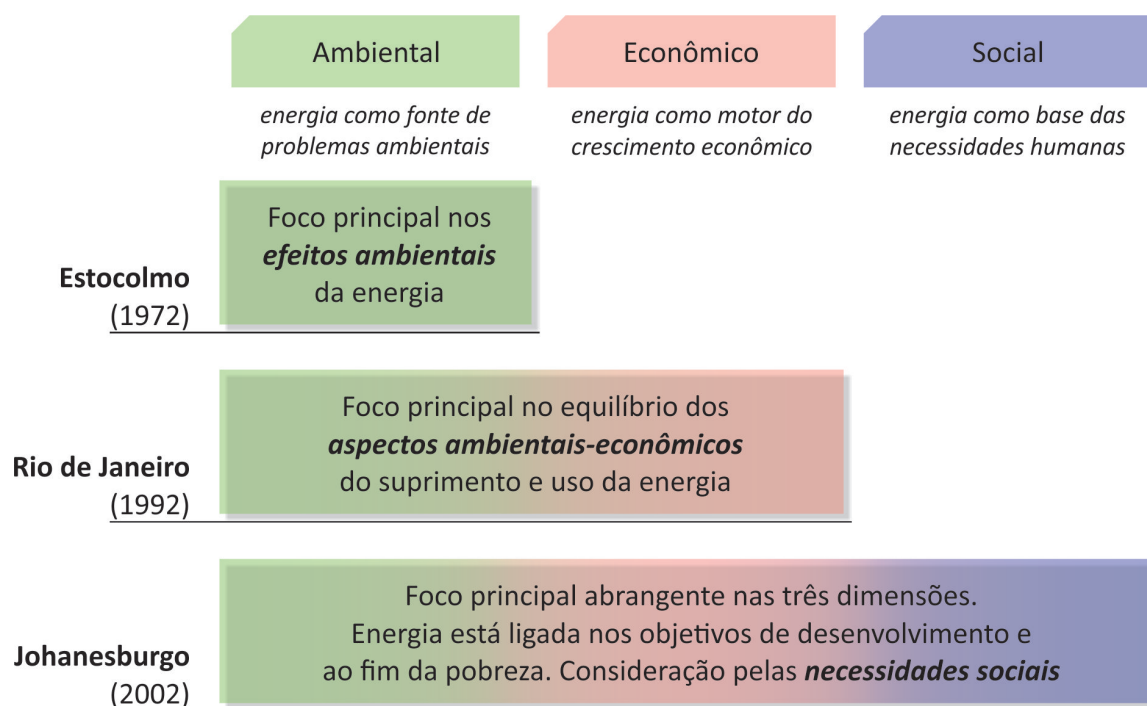
VEZZOLI e MANZINI (2008) comentam que mesmo esta definição não abordando explicitamente o meio ambiente, ela se refere ao bem estar das pessoas como uma questão ambiental. Assim, o relatório demanda políticas que adotem crescimento econômico, mas que também satisfaçam as necessidades das pessoas, melhorando sua qualidade de vida sem esgotar o meio ambiente (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). O primeiro conceito-chave definido, determinando quais são as 'necessidades', trata de uma solicitação geopolítica, como afirmam JOHNSON e GIBSON (2014). Entretanto, o segundo é mais relevante do ponto de vista da engenharia e do design, devendo estar na mente do designer quando este for criar novos produtos, uma vez que a tecnologia e os fatores sociais são também balizadores para a determinação do impacto de um produto no meio ambiente.

Este último conceito destaca que o planeta possui uma capacidade limitada de recursos para apoiar o crescimento da raça humana indefinidamente, com todos seus sistemas tecnológicos e sociais (JOHNSON; GIBSON, 2014). Isto levou à ideia de que os recursos como insumos sustentáveis, como matéria-prima, não bastam para o desenvolvimento de uma sociedade sustentável. É preciso considerar os recursos transformadores, a energia, termos de logística, reutilização e reciclagem dos resíduos. Assim o designer precisa ter em mente que não somente a utilização ou não de determinadas matérias-primas significa um uso suficientemente consciente dos recursos naturais. Partindo-se do princípio de que os demais processos em uma cadeia produtiva também são influenciadores ambientais, é necessário um pensamento abrangente em todas as etapas de um processo criativo.

Para a realização de ações ambientalmente corretas em todas as etapas de produção, são necessárias aplicações dos conceitos de desenvolvimento sustentável em diversas áreas de uma sociedade, bem como diversas abordagens. AZAPAGIC; EMSLEY e HAMERTON (2003) comentam da divisão adotada de sustentabilidade, de modo a ser compreendida para atender à proposta de manter o nosso sistema de sociedade em futuras gerações. Desenvolvimento sustentável compreende, então, da união de três conceitos individuais: sociedade, meio ambiente e economia, o tripé da sustentabilidade (ELKINGTON, 1997).

Estes diferentes aspectos nem sempre foram vistos de forma conjunta nas afirmações e relatórios de políticas públicas. O tripé da sustentabilidade foi sendo abordado de modo progressivo em um panorama mundial. HENS e NATH (2006) citam esta evolução como tendo seu início em 1972, com a Conferência de Estocolmo, onde o tema principal focava nos efeitos ambientais da energia. Em 1992, na Conferência do Rio de Janeiro, o foco passou a ser voltado para o equilíbrio entre meio ambiente e economia, através do fornecimento e uso de energia. Isto visava a um crescimento macroeconômico em meio a preocupações com o meio ambiente. Já em 2002, na Conferência de Johannesburgo, foram levantados os mesmos focos da conferência anterior, porém adicionando o elemento de que a energia é um requisito básico para as necessidades humanas. Estavam relacionados e interligados, pela primeira vez, os aspectos ambientais, econômicos e sociais de um desenvolvimento sustentável, em uma conferência das Nações Unidas. Neste sentido, a Figura 2 mostra a evolução da abordagem dos três aspectos básicos da sustentabilidade, em conferências mundiais.

Figura 2 — Evolução das abordagens do desenvolvimento sustentável



FONTE: Adaptado de NAJAM e CLEVELAND (2003); HENS e NATH (2006).

Esta subdivisão de desenvolvimento sustentável tem suas origens na agricultura, quando o enfoque era dado à produção de alimentos, para que o sistema de plantação, incluindo a água e o solo, mantivesse propício a futuras safras (BLACKBURN, 2007; ROOSA, 2010; TORTAJADA;

ALTINBILEK; BISWAS, 2012). O Relatório da Cúpula Mundial do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas de Johannesburgo (UNITED NATIONS, 2002) adapta este conceito para uma das principais necessidades de qualquer nação, a energia. Assim, o relatório apresenta as diretrizes para a obtenção de crescimento com sustentabilidade, visando à melhora na qualidade de vida das pessoas, em especial na erradicação da pobreza. Ele reafirma a apresentação dos princípios fundamentais e do programa de ação para obtenção de desenvolvimento sustentável mostrado na Conferência do Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, realizada no Rio de Janeiro, em 1992. Para implementação e obtenção destes princípios, foi adotado o programa global intitulado Agenda 21, de modo a organizar estas ações.

Entre as ações apresentadas pelo relatório, destaca-se a relacionada ao desenvolvimento sustentável, o qual compreende a utilização de recursos, energias e matérias-primas que sejam “confiáveis, acessíveis, economicamente viáveis, socialmente aceitas e ambientalmente corretas” (UNITED NATIONS, 2002). A abrangência das ações necessárias para um desenvolvimento sustentável faz com que elas necessitem, então, de um comprometimento tanto individual (relacionado aos consumidores) e coletivo (aos produtores), sendo a única forma de fazer com que a preservação de recursos seja suficiente para futuras gerações.

Mas considerando o desenvolvimento sustentável, em termos práticos, JOHNSON e GIBSON (2014) questionam uma abordagem diferente, a fim de determinar se é possível obter tais definições. Os autores levantam que a verdadeira sustentabilidade, deste modo, seria obtida através do desenvolvimento de produtos e serviços nos quais zero recursos são removidos da Terra. Este ponto é baseado em que todos os tipos de extração, transformação e utilização fazem com que sejam removidos recursos do meio ambiente de alguma forma (VEZZOLI; MANZINI, 2008). Mesmo que utópico, este pensamento precisa ser levado em conta, novamente, pelo designer, uma vez que o desenvolvimento de um produto é compreendido por diversas etapas que fazem com que o impacto ambiental possa ser originado de diversas vertentes.

Para um desenvolvimento sustentável é preciso manter a capacidade de resiliência de um ecossistema, *i.e.* fazer com que as alterações efetuadas através de cadeias produtivas não

prejudiquem as condições de equilíbrio natural (VEZZOLI; MANZINI, 2008). Utilizar-se de insumos economicamente viáveis, socialmente aceitos e ambientalmente corretos é somente parte da macroquestão “sustentabilidade”. O restante do processo de transformação irá definir se o bem gerado realmente é sustentável. Portanto, todas as etapas definidas no momento de detalhamento do projeto são impactantes ao meio ambiente, devendo ser planejadas considerando todo o processo produtivo.

Neste sentido, uma abordagem abrangente de design e produção é imperativa para se obter sustentabilidade. Uma vez determinado o conceito, bem como as três vertentes necessárias para um desenvolvimento sustentável, é possível verificar de que forma o design pode contribuir para a obtenção destes princípios.

2.2 Ecodesign

Uma das formas de inserir uma preocupação ambiental durante a etapa projetual dá-se através da aplicação do Ecodesign. O termo compreende o ato de projetar produtos com a preocupação focada no ambiente, por toda sua extensão do seu ciclo de vida (CÂNDIDO, 2011). Deste modo, compreende-se que todas as interações, diretas e indiretas, do produto com o meio ambiente são influenciadas pela aplicação do Ecodesign.

VEZZOLI e MANZINI (2008) comentam da dificuldade de definir propriamente o termo, apesar da sua abrangência contemporânea e de sua clara definição etimológica. Com o termo ‘eco’ prefixando o ‘design’, compreende-se que as ações do design de um determinado bem ou serviço, fazem com que a prática projetual seja balizada por parâmetros ambientais (VEZZOLI; MANZINI, 2008). Entretanto, os autores afirmam que o termo permanece sem uma definição precisa. Isto acarreta em um grande estado de insegurança ao unir duas áreas vastas e que, mesmo individualmente, não possuem definições bem compreendidas.

O prefixo ‘eco’ é utilizado como abreviação do termo ecologia. Segundo SCHNEIDER (2009) e RANA (2013), o termo foi cunhado por Ernest Haeckel, em 1869, como *Oekologie*, a partir das palavras gregas “casa” e “estudo”. O termo foi determinado para “compreender a relação do animal ao seu ambiente orgânico, bem como inorgânico, particularmente suas relações

amigáveis ou hostis com plantas ou animais vizinhos” (RANA, 2013). Esta composição mostra que ecologia trata da relação de interação do animal em função de seu meio, este que pode ser tudo o que o envolve e exerce interferência em sua vida.

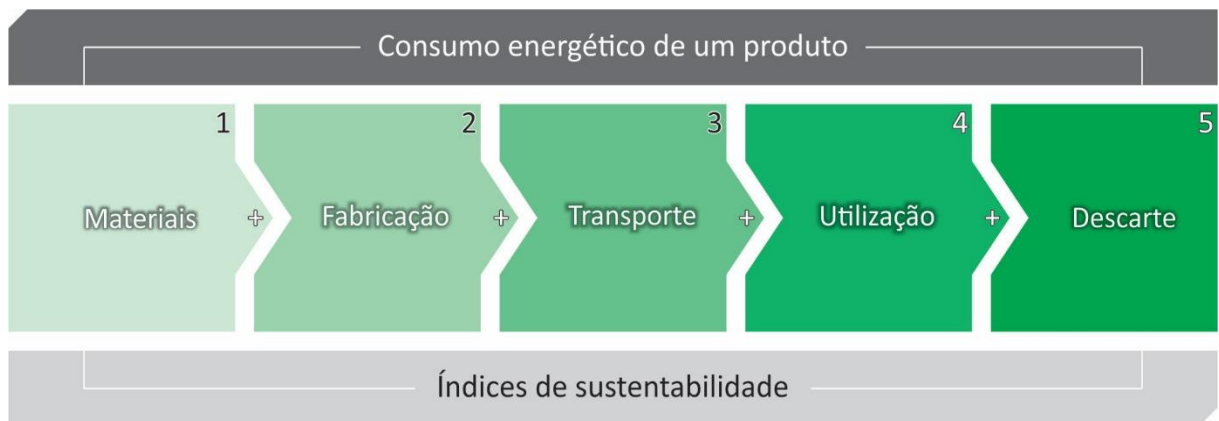
Da mesma forma que os conceitos de sustentabilidade vistos anteriormente, pelas cúpulas do meio ambiente das Nações Unidas, ASHBY e JOHNSON (2010) relacionam o impacto na sustentabilidade de um determinado produto por sua matriz energética durante seu ciclo de vida. Subdividindo o ciclo de um produto em cinco fases básicas – materiais, fabricação, transporte, utilização e descarte – é possível realizar um levantamento da quantidade de energia que é consumida em cada etapa do bem de consumo. Bens passíveis, aqueles que não demandam muita energia para cumprir sua função primária, como citados pelos autores, consomem mais para terem suas matérias-primas extraídas bem como para serem manufaturado. Exemplos destes produtos vão de peças de mobiliário, carpetes, bicicletas e acessórios, a pontes e prédios sem calefação. Neste tipo de produto dobrar sua vida útil é algo encorajador, de modo que o uso de todos os recursos materiais e energéticos serão prolongados de uma maneira a não haver tantos danos de sustentabilidade. Quanto mais for aumentado a duração de seu ciclo de vida, mais terá sido válida a extração de seus materiais de fabricação.

De modo contrário, produtos consumidores de energia durante sua fase de utilização e descarte, como eletrodomésticos, automóveis e construções com sistemas de ar-condicionado, por exemplo, fazem com que seja contraprodutivo aumentar sua vida útil (ASHBY; JOHNSON, 2010). Assim os melhoramentos devem estar concentrados em fatores que aumentem sua produtividade, através da redução do consumo de energia e do emprego de materiais com menor impacto ambiental. Como exemplo desta afirmação dos autores, é possível citar a situação de eletrodomésticos produzidos décadas atrás, mas que ainda permanecem em utilização. Estes possuem uma demanda energética muito elevada em relação aos similares atuais, fazendo que seja mais sustentável, pelas definições levantadas anteriormente, descartá-los apropriadamente e adquirir outros.

Este processo de quase “incentivo” ao descarte de produtos e compra de novos pode parecer um contrassenso à iniciativa de prolongar a vida útil ao máximo de bens de consumo. Entretanto, como levantado anteriormente, para definir quão sustentável é um determinado uso,

produto, processo ou material, é utilizado como base seu consumo energético como um elemento em comum dos possíveis índices de impacto ambiental. Isto se deve ao fato de que para a realização de qualquer etapa de um ciclo de vida de um bem de consumo é necessária a utilização de algum tipo de energia, e esta precisa ser gerada a partir de meios que, por si só, já causam impactos ao ecossistema, como usinas hidroelétricas, nucleares, termoelétricas, entre outras (GINLEY; CAHEN, 2012). A Figura 3 apresenta um esquema de representação da estimativa sustentabilidade de um produto, através de índices que podem ser mensurados através do gasto energético em cada fase de seu ciclo de vida.

Figura 3 — Sustentabilidade de um produto através da soma de seus gastos energéticos



FONTE: ASHBY e JOHNSON (2010); GINLEY e CAHEN (2012); HENS e NATH (2006).

Apesar da sustentabilidade de um produto ser considerada uma grandeza qualitativa, segundo levantado por alguns autores, uma das formas de determiná-la é através da energia consumida durante seu ciclo de vida (ASHBY; JOHNSON, 2010; GINLEY; CAHEN, 2012; HENS; NATH, 2006). Isto significa que da mesma forma que quantificamos e comparamos os preços de quaisquer bens ao atribuir valores monetários, é possível estimar um denominador comum da sustentabilidade. Deste modo, ao verificar o consumo energético de cada uma das cinco fases básicas do ciclo de vida de um produto (ASHBY; JOHNSON, 2010), pode-se obter um somatório que represente os impactos ambientais, sociais e econômicos do mesmo.

Durante a vida útil, é necessário um consumo de energia para a obtenção dos materiais utilizados em um produto, sejam eles virgens ou reciclados. Para produzi-lo, é necessário transformar os insumos através de processos de fabricação. Ele precisa, então, ser transportado

para encontrar-se disponível ao lojista, ao consumidor e, após, ao descarte. O comprador irá também consumir energia, seja durante o uso ou por meio de reparos e consertos. Por fim, no descarte, o produto precisa ser reinserido no meio ambiente, sendo por meio de lixões e aterros, que consomem gastos energéticos para mantê-los com impacto ambiental reduzido, ou ao ser reciclado, quando ocorre o reprocessamento de seus materiais.

Partindo do objetivo de preservação de energia durante o ciclo de vida de um material para torná-lo ecologicamente mais atrativo, pode-se considerar que uma ação de ecodesign deve visar a melhorar processos e produtos de modo a deixá-los mais eficientes a partir de um ponto de vista ambiental (VALLERO; BRASIER, 2008). A eficiência, do modo apresentado pelos autores, está associada ao desempenho energético de um determinado objeto durante seu ciclo de vida. Conforme apontado por ASHBY e JOHNSON (2010), determinados produtos consomem mais recursos energéticos em diferentes fases de sua vida útil. Logo, certos bens são mais ou menos agressivos ao meio ambiente, além de poderem ser considerados mais sustentáveis que outros.

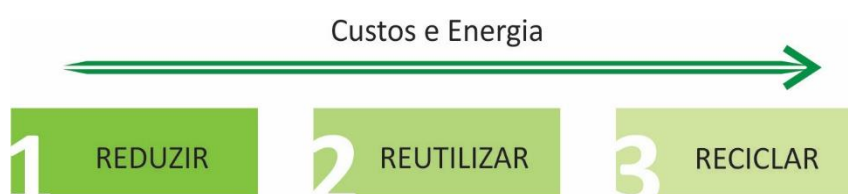
2.2.1 Os 3Rs

Devido a esta temporalidade do desempenho ambiental de um produto, é possível determinar que diferentes práticas podem contribuir para que o objeto em questão tenha uma característica mais sustentável. Isto pode ser obtido desde a fase de produção de um produto, até seu reprocessamento, após o descarte (VEZZOLI; MANZINI, 2008). Um mesmo bem pode ter seu impacto ambiental reduzido conforme os tipos de atitudes às quais o mesmo está sendo submetido, de modo que é possível intervir para melhorar estas características. A aplicação do ecodesign está ligada, assim, a uma visão holística do processo de produção de um produto, devendo identificar todos os fatores que podem influenciar seu comportamento ambiental (KINDLEIN JÚNIOR *et al.*, 2001).

O gasto energético de um produto está ligado, historicamente, não apenas a fatores ambientais, mas a termos sociais e econômicos, através do chamado desenvolvimento sustentável, como visto anteriormente. Um produto, cuja variável ecológica é considerada como um fator projetual, está automaticamente integrando, então, todas as etapas que o definem, desde sua

concepção às ações tomadas no fim de sua vida útil, sejam elas reciclagem ou reutilização. Neste sentido, é importante levar em consideração as ações que menos irão consumir recursos energéticos – e, conseqüentemente, ambientais – de um produto, como o conceito dos 3Rs, conforme apontado por CÂNDIDO (2011). Do ponto de vista do consumo, a ação que menos contribuirá com custos de energia para reaproveitamento dos seus materiais, é a redução na aquisição de bens, seguindo de sua reutilização e, por fim, na sua reciclagem, como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 — O conceito dos 3Rs no consumismo



FONTE: Adaptado de CÂNDIDO (2011).

Os 3Rs estão ligados a atitudes que devem ser tomadas com um determinado produto para reduzir seu impacto ambiental (CÂNDIDO, 2011). O primeiro “R” representa o ato de ‘reduzir’ o consumo de produtos e o uso de materiais, energia e processos. De um modo geral, ele visa a diminuir o fluxo de uma cadeia produtiva, para que menos recursos sejam extraídos, sendo assim a opção com menor impacto ambiental, devido à menor necessidade de energia. O segundo “R” corresponde à ‘reutilização’ do produto que não possui mais utilidade em sua função original. Assim, seus componentes e materiais podem ser aproveitados de alguma forma, evitando um descarte. Já o último “R” diz respeito à ‘reciclagem’ de um bem de consumo, compreendendo ao ato de reprocessar o material para fazer com que o mesmo possa ser inserido novamente no ciclo produtivo. Como este é geralmente um processo em que é necessária uma grande quantidade de energia, ele permanece como a última opção, apenas para evitar que os materiais sejam despejados diretamente na natureza.

Alguns autores veem a necessidade de utilização de um quarto “R”, correspondendo ao ato de recuperar ou reparar (JOHNSON; GIBSON, 2014; WALKER; GIARD; WALKER, 2013). Seu emprego ocorre em situações em que é possível recuperar a energia ou o material utilizado em um produto, sem haver a necessidade de reciclá-lo. Corresponde, também, quando há a

oportunidade de reparar o objeto em si, para melhorar seus atributos ambientais e torná-lo apto a continuar sendo utilizado de forma sustentável.

É importante ressaltar que muitos materiais possuem a capacidade de serem reprocessados depois do descarte (ASHBY; JOHNSON, 2010). Além de um modo de reutilizar a matéria-prima extraída, isto pode ser visto também como uma opção para aumentar o investimento realizado através da energia empregada para fabricá-lo, pela primeira vez. Deste modo, é possível verificar que a escolha do emprego dos 3Rs deve ser determinada visando à opção de menor gasto energético, resultando na ordem: reduzir, reutilizar e reciclar.

2.2.2 DfE – Design for the Environment

O conceito de desenvolvimento sustentável pode ser subdividido em diversas escalas de espaço e tempo, para ter sua aplicação alcançada com um determinado foco. ASBHY (2013) classifica uma matriz entre estas variáveis, através de diferentes abordagens durante escalas de observação da relação entre a industrialização e o ecossistema natural. Considerando o tempo de vida e o sistema de um único produto, é gerada uma intervenção relacionada a uma medida de limpeza. Por ser a alternativa menos ambiciosa, ela compreende adicionar parâmetros de controle à poluição através de novos dispositivos ou mecanismos específicos como, por exemplo, um conversor catalítico em automóveis. Este não faz do motor de combustão interna em si menos poluente, mas reduz a toxicidade dos gases resultantes do processo.

Na segunda escala de avaliação desta relação, encontra-se o *Design for the Environment* (Projeto para o Meio Ambiente), na sigla DfE. Nesta avaliação é considerado o processo inteiro de design e o objetivo é prever e minimizar o impacto ambiental de famílias de produtos em um nível projetual (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). O conceito do DfE está relacionado com a adição de aspectos ambientais durante a etapa projetual de um produto, balanceando-os com objetivos como desempenho, confiança, qualidade e custo (ASHBY, 2013). Novamente ao exemplo do veículo, o autor cita aplicações como sistemas de propulsão alternativos, como motores híbridos ou elétricos.

CÂNDIDO (2011) cita o *Design for the Environment* como uma maneira sistemática de incorporação destes aspectos e utilizá-los como definidores de escolhas para o produto a ser projetado. O objetivo é auxiliar, durante todo seu ciclo de vida, para que as cinco fases do ciclo de vida de um produto (KARANA; PEDGLEY; ROGNOLI, 2014), a pré-produção, a produção, a distribuição, o uso e o descarte venham a ser menos nocivos ao meio ambiente. AZAPAGIC, EMSLEY e HAMERTON (2003)

Além de parâmetros ambientais no projeto de um produto, encontram-se outras ferramentas que podem auxiliar na redução do impacto ambiental, como o Design for Disassembly (DfD – Projeto para Desmontagem), conforme já foi levantado por diversos autores (ASHBY, 2013; CÂNDIDO, 2011; VALLERO; BRASIER, 2008; WALKER; GIARD; WALKER, 2013). Este conceito está relacionado a capacidade física de um produto de ser desmontado, tanto em seu fim de vida quanto em etapas prévias, como na manutenção e reparos.

O simples emprego de elementos de junção eficientes (CÂNDIDO, 2011), por exemplo, que permitam a rápida desafixação de subcomponentes, pode fazer com que seja necessário muito menos tempo para a desmontagem durante o processo de triagem de materiais para a reciclagem (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). Automaticamente, isto significa que mais produtos podem ser reciclados em menos tempo, levando a um expressivo aumento na taxa de produtividade e, conseqüentemente, na geração de renda. Além disto, um sistema facilitado de desmontagem pode levar ao aproveitamento dos componentes de um produto cuja vida útil já tenha terminado, principalmente em produtos eletroeletrônicos (PALOMBINI; FERNANDES; CÂNDIDO, 2013).

2.2.3 Materiais e sustentabilidade

O final da vida útil de um produto pode ser alcançado por ao menos seis formas, segundo ASHBY (2013): através da sua vida física, quando o conserto de um produto supera o custo de um novo; da funcional, quando a necessidade pelo produto não existe mais; da técnica, no momento em que os avanços tecnológicos tornam o bem obsoleto; da econômica, a partir de similares que oferecem o mesmo desempenho a custos operacionais bem menores; da legal, quando nova legislação ou normas tornam seu uso ilegal; e da desejável, a partir de aspectos

estéticos, de moda ou de gosto pessoal tornam o produto não atrativo. Assim, a partir de diversas e incontroláveis formas que um bem de consumo pode atingir o fim de sua vida útil, é imprescindível trabalhar para que seu descarte tenha o menor impacto ambiental possível.

Ainda que o processo de manufatura após a reciclagem esteja ganhando grande aceitação, AZAPAGIC, EMSLEY e HAMERTON (2003) citam quem existem pelo menos três obstáculos para esta prática tornar-se normal. O primeiro é que o sistema de manufatura precisa conseguir recuperar os produtos dos consumidores. Devido à venda individualizada de muitos dos produtos, existe a dificuldade de reuni-los por sua dispersão no mercado, gerando um grande desafio às empresas. Em seguida, os autores comentam que para que estes bens possam ser recuperados, é necessário que os mesmos sejam fáceis de serem desmontados em seus sub-componentes, conforme foi abordado anteriormente. Produtos complexos, além do tempo gasto para a desmontagem, podem levar a danos em seus subsistemas, impedindo seu aproveitamento em novos projetos.

O terceiro obstáculo corresponde à percepção dos consumidores na aceitação de produtos remanufaturados. A impressão comum é de que as pessoas são relutantes por acharem que o desempenho destes produtos é inferior aos originais, havendo a consequência de ser necessário abaixar o preço de venda para torná-los atraentes aos consumidores (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). Entretanto, esta relação pode ter um efeito benéfico com determinados tipos de materiais. Conforme apresentam os autores, sacolas plásticas, embalagens recipientes e garrafas são naturalmente reutilizadas por consumidores além da sua função original, de transporte ou armazenamento temporário.

Certos tipos de produtos são ainda mais questionados pela duração de seu ciclo de vida que outros. Segundo ASBHY (2013), poucas aplicações de materiais, processos, energia e, conseqüentemente, questões ambientais, são tão criticadas quanto na manufatura de embalagens. O aspecto funcional deste tipo de produto encerra-se no momento em que ele é aberto, sendo considerado um produto efêmero, banal, e pouco aproveitado pelos materiais dos quais são fabricados. AZAPAGIC, EMSLEY e HAMERTON (2003) afirmam que a velocidade do consumo de embalagem, determinada pelo curto tempo do consumo ao descarte, é a principal causa da geração de resíduos de produtos poliméricos.

Além da utilização de diferentes técnicas de processamento, bem como materiais em excesso, sendo impulsionada pelo crescimento da economia global através do aumento na produção de bens de consumo, no avanço de técnicas de extração e transformação, a busca por alternativas mais baratas para a indústria levou à propagação das embalagens (ASHBY, 2013; JOHNSON; GIBSON, 2014). Isto significa que as empresas viram na necessidade de aumentar a produtividade como um impulso ao mercado de embalagens. Os produtos acondicionantes foram bem aceitos pelo mercado consumidor e pelo varejo, graças à capacidade de serem explorados de diversas maneiras. O caso é que o próprio emprego excessivo de embalagens, bem como a seleção inapropriada dos materiais empregados neste tipo de produto acabam tendo um efeito depreciativo na percepção do que se deseja comercializar (KARANA; PEDGLEY; ROGNOLI, 2014). A indústria de embalagens passa a se mostrar, neste sentido, como simultaneamente poderosa e frágil, devendo ser estudada para manter a competitividade, sem desconsiderar questões sustentáveis.

Como foi visto anteriormente, para uma prática de desenvolvimento sustentável, é preciso que os recursos extraídos do meio ambiente sejam racionalizados de modo a mantê-los a disposição para futuras gerações. DALY (1990) afirma que existem três parâmetros de princípios operacionais para um desenvolvimento sustentável. O primeiro é que a taxa de uso de recursos renováveis (tais como ar, água ou biomassa) não pode ser maior que a de regeneração. Em seguida, o autor afirma que a taxa de uso de recursos não renováveis (como minerais de alta qualidade, combustíveis fósseis) não pode ser maior que a taxa na qual os recursos renováveis, usados de forma sustentável, podem ser substituídos por eles. Por fim, a taxa de emissão de poluentes (emissões sólidas, líquidas e gasosas) não pode ser maior que a razão na qual eles podem ser reciclados, assimilados ou degradados pelo ambiente. Este parâmetro global deve estar associado à vida útil dos produtos dos quais é composto, principalmente os que possuem um grau de utilização abreviado e precoce, como no caso de embalagens (ASHBY, 2013).

Um dos desejáveis objetivos para a manutenção da sustentabilidade – compreendendo, como foi visto, não somente aspectos ambientais, mas sociais e econômicos – em uma sociedade é dado, entre outros, através da redução no número de embalagens e na utilização de materiais reciclados (JOHNSON; GIBSON, 2014). Isto leva os produtos a uma redução na quantidade de

resíduos despejados por unidade descartada, reduzindo o emprego de embalagens a suas funções originais, além de uma clara economia nos investimentos e uma melhor impressão social.

ASHBY (2013) comenta, também, o outro lado do emprego de embalagens em produtos. Ao compará-las com roupas para os humanos, o autor apresenta os mesmos motivos que levam à utilização e ao investimento nesta área: proteção, informação, afiliação, *status* e apresentação, entre outros. As embalagens são necessárias e precisam ser vistas como essenciais para a preservação e higienização de produtos, a divulgação de informações importantes, o transporte e armazenamento, bem como na promoção e comercialização. Neste sentido, é importante que a aplicação e seleção de materiais em embalagens sejam dados de forma a facilitar este vínculo com suas funções, de modo energeticamente eficiente (GINLEY; CAHEN, 2012).

Em termos de desenvolvimento sustentável, uma das melhores alternativas para a produção de materiais utilizados em embalagens são os polímeros, devido aos baixos requerimentos de energia para serem manufaturados, de acordo com SCOTT (1999). O requerimento energético gira, segundo o autor, em torno de 3,1 kWh/kg para plásticos, frente aos 7,1 para papel, 7,9 para vidro, 13,9 para aço e 74,1 para alumínio. Novamente, o autor também comenta que esta relação está ligada a termos ambientais, devido à facilidade de serem produzidas embalagens deste tipo, através dos menores gastos com fontes de energia. Isto significa que, em termos de massa bruta, existem certos tipos de materiais que são mais sustentáveis de serem empregados na manufatura de embalagens do que outros.

ASHBY (2013) traça um comparativo metafórico nas diferenças entre os sistemas natural e industrial. Ambos transformam recursos (materiais somados a energia), sendo o natural através do crescimento biológico e o industrial através da manufatura. O sistema natural captura desde a energia solar, dióxido de carbono da atmosfera, minerais da terra e demais organismos para crescer. O industrial, adquire a maioria de sua energia de combustíveis fósseis, bem como seus materiais de onde naturalmente ocorrem, como a crosta, os oceanos e todo o mundo natural.

As diferenças começam de modo que ambos o sistema natural e o industrial geram resíduos, sendo o primeiro através do metabolismo e na morte de organismos. Entretanto, no segundo,

isto se dá através da emissão de materiais transformados, assim como na obsolescência e vida finita de produtos. Enquanto os resíduos naturais são recuperados com 100% de eficiência, os industriais requerem ainda mais energia, levando-os a uma taxa muito menor, além ainda de depositar recursos contaminantes. Deste modo, o autor conclui o comparativo afirmando que o sistema natural consegue manter-se balanceado no ecossistema – conforme significado levantado anteriormente, das relações entre os seres com o seu meio – já o sistema industrial não consegue manter este equilíbrio.

O comparativo entre os sistemas natural e industrial pode ser resumido no conceito de ciclo, conforme coloca ASHBY (2013). O primeiro coexiste no ecossistema através de um sistema de ciclo fechado, no qual não há resíduos. Cada subsistema evoluiu para utilizar os rejeitos na forma de recursos, assim o ciclo de utilização de recursos coincide com o de deposição de resíduos e o de recuperação dos mesmos. Já no sistema industrial, os subsistemas carecem da utilização de resíduos como recursos, para manter a relação balanceada, visando à sustentabilidade. O ciclo fechado consiste, então, no equilíbrio, de modo que para ser aplicado no sistema industrial, é necessário aumentar os índices de recuperação de resíduos não biológicos, que não são biodegradáveis (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2010), para que os conceitos vistos anteriormente, de DfE e dos 3Rs, possam ser seguidos.

Aplicando no setor de embalagens, onde a volatilidade dos materiais e processos empregados na manufatura é muito maior, estes conceitos precisam ser ainda mais trabalhados de modo a permitirem um desenvolvimento sustentável. Ainda que 18% dos resíduos domésticos sejam de embalagens, este percentual compreende a apenas 3% em aterros, mostrando que a recuperação dos materiais empregados neste tipo de produto é uma importante etapa para a manutenção desta cadeia produtiva (ASHBY, 2013). O levantamento dos conceitos de sustentabilidade ratificou que é necessário cuidar dos requisitos econômicos de desenvolvimento, sem que haja descuido com os conceitos sociais e ambientais.

O modo de auxiliar uma sociedade a manter-se estável para futuras gerações pode ser resumido através das informações fundamentadas anteriormente. O foco em questões ambientais, econômicas e sociais precisa surgir não somente na concepção de novos materiais, pro-

cessos e produtos, mas na recuperação dos mesmos (AZAPAGIC; PERDAN, 2011). Neste sentido, pode ser definido que um dos principais meios para a obtenção de um ecossistema balanceado, é através de um sistema de ciclo fechado, elevando os índices de reciclagem e recuperação de materiais.

2.3 Materiais poliméricos

O polímero é um composto molecular de alta massa molar, apresentando diversas unidades simples repetitivas, com centenas ou milhares de átomos (CHANG; GOLDSBY, 2012). O termo foi cunhado pela primeira vez pelo químico sueco Jöns Jakob Berzelius, em 1833, sendo derivado dos termos *polus* (muitos, vários) e *meros* (partes), em grego, para a representação de macromoléculas (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). Esta nomenclatura demonstra que a base de formação de um polímero é dada através da grande repetição de uma molécula menor, exemplificando que a multiplicação de um padrão com uma pequena alteração acarreta em grandes mudanças no material final.

A variedade na síntese de polímeros, devido a alterações em seus meros, permite que sem encontrem entre os materiais mais versáteis e utilizados na indústria atual, com aplicações em diversos setores (MAGRINI *et al.*, 2012). No século XXI, estes insumos consolidaram-se como ubíquos, presentes em nossos ambientes diários, devido, principalmente, ao sucesso de tipos baratos e de grande aplicabilidade (DAVIS, 2004). Sua disponibilidade dá-se de inúmeras formas, com uma variedade de estruturas químicas, além de um leque de características que podem ser obtidas por mudanças relativamente sutis em seus processos químicos (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003).

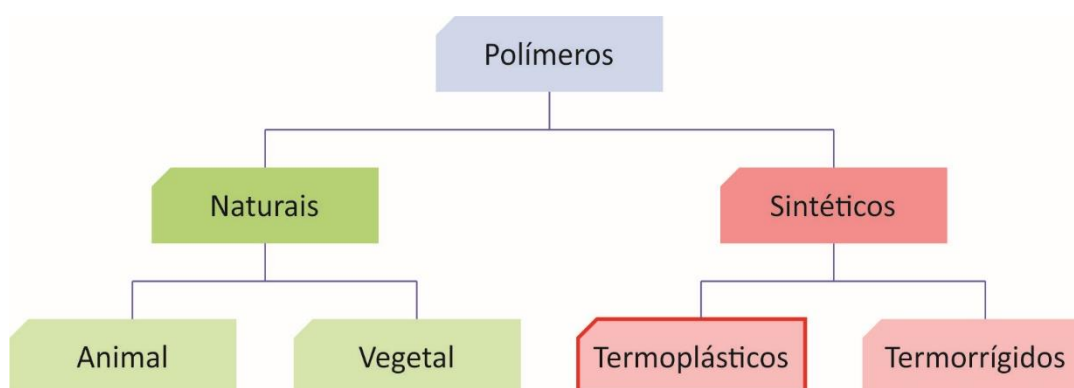
A capacidade de utilizar polímeros em inúmeras aplicações na indústria existe graças às diferentes propriedades físicas, químicas e mecânicas que podem ser obtidas. AZAPAGIC *et al.* (2003) exemplificam que estas mesmas aplicações podem ter efeitos de maior processabilidade e durabilidade. Entretanto, esta propriedade pode ser problemática ao ser considerada a possibilidade de se reciclar ou descartar o material polimérico. Dependendo do polímero utilizado, por exemplo, pode-se desejar uma maior resistência a intempéries e ações químicas

de solo, no entanto isto pode vir a impedir que este material possa ser degradado naturalmente, havendo a necessidade de utilização de outras técnicas (MAGRINI *et al.*, 2012). Deste modo, é importante a correta seleção do material mais adequado ao ciclo de vida do produto projetado. Considerando que cada material polimérico possui atributos específicos, é interessante compreendê-los como uma vasta gama de material, que pode ser dividida, entre outros, conforme seu material de origem e, também, do modo a forma em que o polímero é apresentado.

2.3.1 Classificação dos polímeros

Partindo-se do conhecimento que o polímero é uma macromolécula, gerada a partir da repetição de milhões de meros, ou monômeros individuais (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003), é possível deduzir que diferentes moléculas pequenas geram diferentes macromoléculas. A primeira forma de classificação de um polímero, neste sentido, relaciona-se com o tipo de mero do qual o material é composto. Ou, mais especificamente, com sua ocorrência (LUCAS; SOARES; MONTEIRO, 2001). Deste modo, eles podem ser obtidos através de duas grandes origens básicas: natural e sintética (MAGRINI *et al.*, 2012). Neste sentido, a Figura 5 mostra a classificação dos materiais poliméricos, sendo dividida, primeiramente, entre polímeros naturais e os sintéticos. Em seguida parte-se para a divisão dos naturais conforme sua origem – animal ou vegetal – bem como os sintéticos no modo em que são processados – sejam eles termorrígidos ou termoplásticos – no quais o presente trabalho enfoca.

Figura 5 — Classificação dos polímeros



FONTE: Adaptado de CALLISTER (2006).

Os polímeros naturais são assim denominados devido ao fato de serem encontrados na natureza, sobre quatro formas básicas (DAVIS, 2004; FISCHER, 2009; LUCAS; SOARES; MONTEIRO, 2001; SCOTT, 1999; TEEGARDEN, 2004), conforme mostra o Quadro 1. Também conhecidos como biopolímeros (TEEGARDEN, 2004), eles variam de modo a serem encontradas somente no reino animal, como os peptídeos, bem como somente no reino vegetal, como os polissacarídeos e as borrachas naturais. Da mesma forma, também há um tipo que é encontrado em todos os seres vivos: os polinucleotídeos. São conhecidos como os ácidos nucleicos, formadores do DNA e do RNA, responsáveis por carregar informações genéticas, bem como pelas funções bioquímicas dos organismos (TEEGARDEN, 2004).

Quadro 1 — Classificação, descrição e exemplos dos polímeros naturais

Polímero	Descrição	Exemplos
Polinucleotídeos	Poliésteres de ácido fosfórico e moléculas de açúcar. Responsáveis por funções bioquímicas nos organismos naturais.	Ácidos nucleicos (DNA e RNA).
Polipeptídeos	Formados pelo sequenciamento de aminoácidos. Quando em repetições, formam proteínas.	Penas, pelos, lã, seda, couro.
Polissacarídeos	A forma mais comum de polímeros naturais. Formados a partir da repetição de açúcares e carboidratos.	Madeira, algodão, fibras.
Borrachas	Polímeros obtidos de determinadas angiospermas. É uma emulsão de proteínas, açúcares e óleos.	Látex, resinas.

FONTE: DAVIS (2004); FISCHER (2009); LUCAS, SOARES e MONTEIRO (2001); SCOTT (1999); TEEGARDEN (2004).

Os polímeros que não são encontrados de forma natural são aqueles que precisam ser sintetizados (MAGRINI *et al.*, 2012). Os polímeros feitos pelo homem podem apresentar-se de diversas formas, variando-se os materiais básicos que os formam (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). Um modo de organizá-los é através destes materiais, compreendidos pelos que possuem origens de combustíveis fósseis, como gás e petróleo, bem como os derivados de outros materiais orgânicos. Outra forma de organização, é através de seu comportamento mecânico (MAGRINI *et al.*, 2012). Do mesmo modo que os polímeros naturais, os sintéticos podem ser apresentados da forma de fibras e elastômeros. O primeiro, é no caso de polímeros que possuem uma seção transversal muito menor que seu comprimento, sendo

flexíveis e muito resistentes à deformação. O segundo grupo é o de elastômeros, os quais são muito flexíveis e resilientes a deformações, de modo que conseguem ser alterados em suas formas em grandes quantidades, retornando ao seu estado original.

Entretanto, a classificação mais utilizada dos polímeros sintéticos, que foi adotada na classificação da Figura 5, corresponde ao modo em que podem ser processados, seja por fusão ou por solução (MAGRINI *et al.*, 2012). Portanto, eles podem ser encontrados de duas formas, os polímeros termorrígidos e os termoplásticos. Os termorrígidos são constituídos pela reticulação (ligação) entre macromoléculas quando aquecidos ou quando passam por um processo de cura. Neste modo, eles se tornam insolúveis (sem a capacidade de dissolver em soluções) e infundíveis (sem a capacidade de fundir). Os principais tipos de termofixos são as borrachas naturais, produzidas a partir da reticulação do látex, resinas epóxis, fenólicas e amínicas.

O segundo grupo, os termoplásticos, é assim denominado pois, em algum momento de seu processamento, estes materiais passam pelo estado de deformação plástica, através da fusibilidade e da solubilidade (MAGRINI *et al.*, 2012). Ainda, os termoplásticos possuem a capacidade de fluírem novamente, passando ao estado plástico, sempre quando aquecidos. Já suas propriedades permitem melhores capacidade de resistência ao impacto e flexão. Eles são os mais abundantes polímeros sintéticos encontrados na indústria graças, principalmente, à sua capacidade de ser derretido e conformado diversas vezes (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). Isto permite que o material seja muito mais barato de ser produzido, necessitando apenas, na maior parte, de um aquecimento, para que o mesmo possa ser trabalhado novamente. Devido ao grande volume deste material, os termoplásticos são o foco deste trabalho, de modo a encontrar soluções que auxiliem na diminuição do impacto ambiental dos mesmos.

Por sua tamanha popularidade e ubiquidade na indústria, acabaram fazendo com que o jargão “plástico” fosse utilizado para definir todos os polímeros sintéticos (LEFTERI, 2014). Isto gerou uma série de desentendimentos relacionados aos polímeros, associando-os aos termoplásticos. Deste modo, diversas considerações errôneas são pronunciadas a respeito de conceitos ambientais associados aos materiais poliméricos (MAGRINI *et al.*, 2012).

Os termoplásticos são, de um modo geral, muito baratos, sendo uma das primeiras opções de

seleção em virtude de suas propriedades mecânicas e sua baixa densidade (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). Além, disto, eles permitem a produção de bilhões de unidades com um alto grau de precisão. LEFTERI (2014) afirma que, neste sentido, eles mudaram o modo em que o mundo observa as produções de produtos em massa, gerando opções de personalização de cores e texturas no design de produto.

Como visto, os polímeros são macromoléculas encontradas, em diferentes escalas, em todos os seres vivos, assim como na maioria dos produtos manufaturados. A utilização de termoplásticos em diversos setores da indústria está relacionada tanto às suas propriedades, como à sua origem, sua processabilidade e seu preço, levando aos termoplásticos uma posição privilegiada, em virtude de possuírem todos estes quesitos em posições interessantes em comparação a concorrentes (MAGRINI *et al.*, 2012).

A relação homem-material está ligada à habilidade de aproveitar-se de suas propriedades para sua evolução tecnológica, fazendo com que tanto os polímeros naturais quanto os sintéticos possuam um papel fundamental na história do design de produtos. Neste sentido, é importante avaliar como se deu a evolução dos materiais poliméricos ao longo da história da humanidade, passando por períodos relevantes e impactantes à produção industrial.

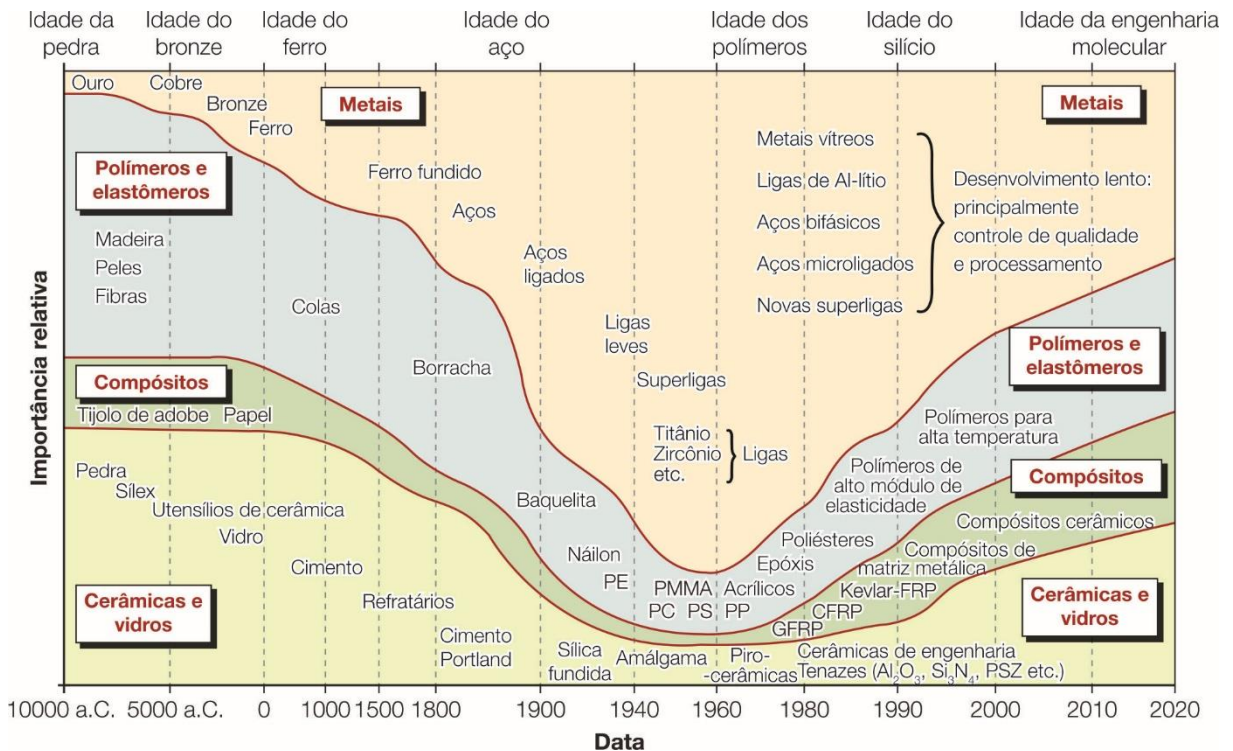
2.3.2 Evolução comercial dos polímeros

Diversos fatores contribuem para a seleção de materiais em um projeto de produto. A resistência mecânica, disponibilidade, preço, decomposição no meio ambiente, entre outros, podem ser citados como influenciadores deste processo, conforme exemplificam ASHBY e JOHNSON (2010). Entretanto, na pré-história, os materiais possuíam recursos limitados de manipulação, sendo influenciados por fatores como a acessibilidade de obtenção e maleabilidade, como ocorreu também com os metais (STREET; ALEXANDER, 1999).

A história da seleção de polímeros como matéria-prima para objetos gerais confunde-se com a evolução humana. Desde períodos pré-históricos, antes de 10 000 A.C., os materiais poliméricos sempre foram de grande importância no desenvolvimento de ferramentas e armas

(ASHBY, 2010). A grande disponibilidade, fácil obtenção e grandes aplicações de materiais naturais contribuíram para seu sucesso, estando diretamente vinculados ao desenvolvimento e dominação entre grupos e espécies. Na Figura 6, é possível observar a importância relativa dos polímeros durante a evolução dos materiais de engenharia ao longo do tempo.

Figura 6 — A evolução dos materiais de engenharia ao longo do tempo



FONTE: Adaptado de ASHBY (2010).

Antes da exploração profunda de metais, os materiais poliméricos naturais apresentavam grande importância. Com o advento da engenharia de materiais, os metais passaram a ser mais estudados no decorrer das gerações da humanidade, atingindo seu ápice nos anos 50, quando dominavam as aplicações na indústria (ASHBY, 2010). O desenvolvimento de polímeros sintéticos, como borracha, baquelite e polietileno, apesar de já estar se consolidando, ainda os mantinha representando uma pequena parcela no mercado de materiais.

A partir da década de 50, segundo ASHBY (2010), a taxa de desenvolvimento de novas ligas metálicas decrescia, fazendo com que as indústrias de aço e ferro fundido estagnassem-se e, em alguns países, até tivesse sua demanda diminuída. Segundo o autor, isto levou a indústria

de polímeros e compósitos ao rápido crescimento, com maiores investimentos no setor. Apesar da presença de polímeros desde o início da humanidade, foi somente a partir da metade do século XX que começamos a compreender sua natureza (EBEWELE, 2000). Este entendimento deu-se com o desenvolvimento dos termoplásticos, chamados apenas de plásticos, conforme cita o autor, como materiais verdadeiramente feitos pelo homem.

TEEGARDEN (2004) afirma que considerando a história do desenvolvimento de polímeros é possível dividi-la em três períodos: antes da Primeira Guerra Mundial, entre as grandes guerras e após a Segunda Guerra Mundial. Cada momento trouxe significativas definições de aplicações e propriedades de polímeros, tornando-os cada vez mais populares comercialmente e onipresentes na maioria das indústrias.

A indústria de plásticos teve seu início em 1868, quando uma fabricante de bolas de bilhar lançou e patrocinou uma competição para encontrar um substituto ao marfim, material do qual eram feitas, devido à sua escassez (EBEWELE, 2000). John Wesley Hyatt misturou nitrocelulose com cânfora, resultando no nitrato de celulose, chamado por ele de celuloide. Este polímero era derivado de celulose, mais especificamente do algodão, um material natural. Contudo, o primeiro termoplástico de origem humana surge apenas em 1909, com o desenvolvimento do fenol-formaldeído, pelo químico Leo Hendrick Baekeland, com grandes aplicações na indústria. O material novo, que ficou conhecido como baquelite, foi muito utilizado como sistemas de pegas para ferros de passar e painéis, telefones e plugues de tomadas, mantendo-se importante e, até hoje, ainda empregado em produtos.

Pode-se afirmar que a grande leva de invenções em polímeros deu-se progressivamente da década de 1920 à metade do século XX (ASHBY; JOHNSON, 2010; EBEWELE, 2000; OLABISI, 1997), conforme mostra a Tabela 1, com destaque às aplicações em embalagens comumente encontradas em Centros de Triagem. As primeiras experiências de polímeros feitos pelo homem eram de forma empírica, resultando em invenções pontuais. Segundo EBEWELE (2000), o foco principal era a composição química, sem atenção à estrutura. Entretanto, os desenvolvimentos levaram ao entendimento do conceito de estrutura de polímeros – centenas ou milhares de átomos (CHANG; GOLDSBY, 2012).

Muitos dos polímeros pesquisados tiveram incentivo para seu desenvolvimento durante a Segunda Guerra Mundial, como é o caso do polietileno, elastômeros, resinas termoplásticas poliésteres e o acrilonitrila butadieno estireno, hoje amplamente utilizado na indústria de eletroeletrônicos, de acordo com EBEWELE (2000). O estudo e o desenvolvimento de tantos polímeros surgiram da necessidade de materiais isolantes de melhor qualidade para cabos, aplicações militares em radares e na produção de larga escala de borrachas sintéticas. O mesmo aconteceu com o projeto de polímeros termorrígidos, que tinham aplicações militares devido a suas propriedades mecânicas, segundo o autor.

Tabela 1 — Introdução comercial de polímeros sintéticos

Data	Polímero	Uso típico
1868	Nitrato de celulose	Armações de óculos, filmes, bolas de bilhar
1909	Fenol-formaldeído	Telefones, maçanetas, puxadores
1927	Acetato de celulose	Escovas de dente, embalagens , óculos
1927	Policloreto de vinila	Tubos, pisos, discos, filmes, brinquedos
1933	Polimetacrilato de metila	Lentes, janelas, sinalização, mobiliário
1938	Poliestireno	Embalagens descartáveis , brinquedos, canetas
1938	Náilon (Poliamida)	Engrenagens, fibras, vestuário, embalagens
1941	Politereftalato de etileno	Revestimentos, fiação, antiaderentes
1942	Polietileno de baixa densidade	Embalagens , sacolas, isolantes, espumas
1943	Silicone	Vedantes, utilitários, bocais, implantes
1946	Politetrafluoretileno	Revestimentos, tecidos, utensílios
1947	Poliepóxido	Ferramentas, vedantes, artigos esportivos
1948	Acrilonitrila butadieno estireno	Carcaças de eletrônicos, brinquedos, carros
1954	Poliuretano	Espumas, forros, isolantes, revestimentos
1956	Poliacetal	Rolamentos, rodas, molas, partes móveis
1957	Polipropileno	Embalagens , utilitários, capacetes, fibras
1957	Policarbonato	CDs, utilitários, lentes, eletrodomésticos

FONTE: Adaptado de ASHBY e JOHNSON (2010); EBEWELE (2000); LEFTERI (2014); OLABISI (1997); TEEGARDEN (2004).

O período entre as duas grandes guerras resultou em um intenso desenvolvimento de polímeros, que contribuíram para a inserção definitiva de materiais sintéticos como alternativas ou substitutos de materiais naturais. TEEGARDEN (2004) cita o caso do náilon, o qual substituiu fibras naturais caras, como a seda. Igualmente, polímeros como borracha sintética permitiu a países isolados de recursos naturais a continuar a promover guerras ou a se defender

delas. Novamente, polietileno e politetrafluoretileno tornaram possível o desenvolvimento de tecnologias e indústrias novas, como radares e telecomunicações.

Os anos seguintes à Segunda Guerra Mundial, a partir da década de 1950, trouxe o estabelecimento de novos polímeros no mercado. Segundo EBEWELE (2000), o desenvolvimento de métodos de ordenamento de cadeias poliméricas permitiu aos químicos estruturar de formas mais variadas os polímeros. Os materiais poderiam ser feitos sob medida para propósitos específicos, graças ao maior controle sobre suas propriedades.

Neste ponto, após tornar os materiais poliméricos *commodities*, com o advento da era dos utensílios domésticos, um crescimento exponencial de sua utilização tomou conta da indústria. Em particular, duas famílias de polímeros representaram um avanço significativo neste sentido – poliacetal e policarbonato (EBEWELE, 2000). Ambos fazem parte do grupo conhecido como termoplásticos de engenharia, os quais possuem excelente resistência a impacto, além de estabilidade térmica e dimensional. Juntamente com náilon, fenoxi, poliamida e polifenileno, fizeram com que os polímeros passassem a ser comparados a materiais mais convencionais como os metais.

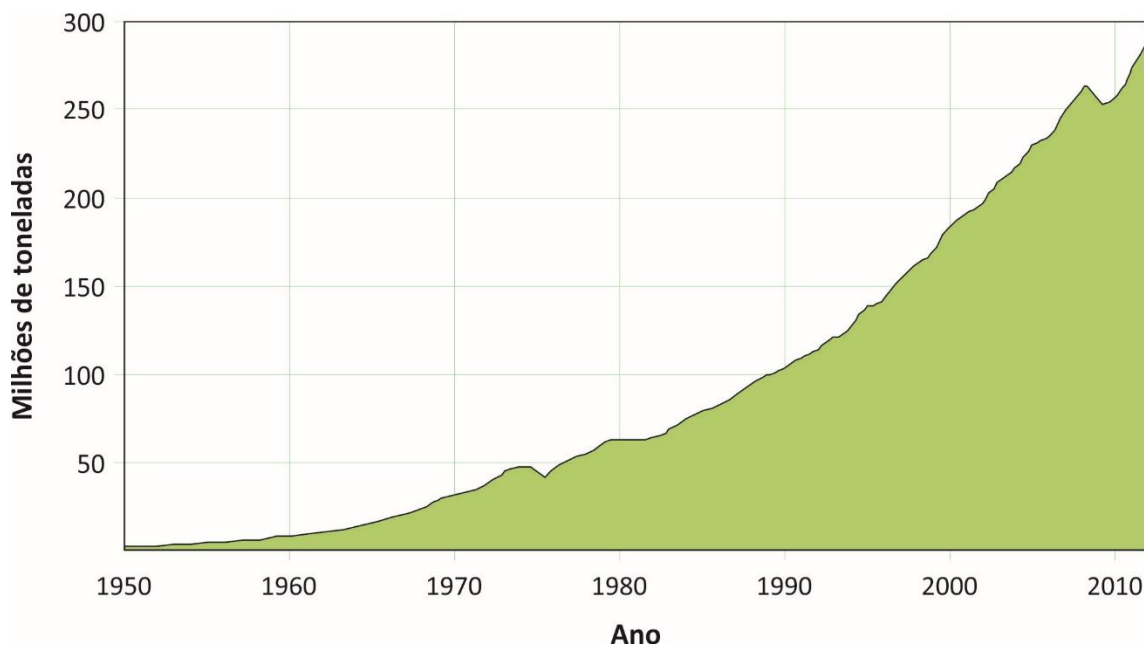
2.3.3 Cenário atual

O desenvolvimento da indústria de polímeros favoreceu diversos setores da indústria, entre os quais destacam-se o automotivo, no qual 8,2% da produção de polímeros é demandado, no mercado europeu (PLASTICS EUROPE, 2013). O setor de construção é responsável por 20,3% da demanda de materiais poliméricos. Entretanto a grande maioria dos polímeros é empregada no setor de embalagens, com 38,4%, segundo a instituição. Somente este segmento comercializa mais de 18 milhões de toneladas na região.

O crescimento geral da produção de polímeros foi impulsionado por estes setores, bem como devido às suas propriedades mecânicas e químicas e à acessibilidade de aquisição, frente a materiais concorrentes, conforme abordado anteriormente. O volume anual produzido aumentou de 1,5 milhão de toneladas, em 1950, para 288 milhões de toneladas em 2012, conforme pode ser visto na Figura 7. Os dados mostram um claro declínio recente na produção e,

consequentemente, no consumo, devido à crise econômica mundial, entre os anos de 2008 e 2009 (MAGRINI *et al.*, 2012).

Figura 7 — Produção mundial de polímeros de 1950 a 2012



FONTE: Adaptado de PLASTICS EUROPE (2013).

Cerca de 4% da reserva mundial de petróleo é utilizada na fabricação de polímeros (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003), o que faz do material um produto considerável de uma matéria-prima predominantemente utilizada na geração de combustíveis. A China permanece como o principal produtor de polímeros, com cerca de 23,9% da produção mundial em 2012, frente à Europa, com 20,4% (PLASTICS EUROPE, 2013). Isto mostra o grande impulso da indústria do país, alavancando o consumo da matéria-prima com um grande crescimento em relação a outros períodos.

O aumento na produção de polímeros, em determinadas regiões, deu-se em grande parte devido à crise do petróleo dos anos anteriores, o que prejudicou, consequentemente, a indústria polimérica em grande parte do ocidente (MAGRINI *et al.*, 2012). Considerando os tipos de resinas mais utilizadas na indústria europeia, encontra-se o polipropileno (PP), com 18,8%, o polietileno de baixa (LDPE) e alta densidade (HDPE), com respectivamente 17,5% e 12%, o policloreto de vinila (PVC), com 10,7%, o poliestireno (PS), com 7,4% e o politereftalato de etileno (PET), com 6,5% (PLASTICS EUROPE, 2013).

Dentro do setor de embalagens, no mercado europeu, as resinas mais utilizadas são, respectivamente, o LDPE, com 22%, o HDPE e o PP, com 17% cada, e o PET, com 16%, segundo o relatório da PLASTICS EUROPE (2013). Já nos Estados Unidos, a indústria de polímeros constitui o terceiro segmento mais importante da economia americana (SPI, 2012). O mercado com maior demanda de materiais poliméricos é o de embalagens, correspondendo a 34% do total de resinas termoplásticas comercializadas em 2013 (ACC, 2014).

O Brasil está aumentando sua produção de polímeros com relação aos demais países, somando um ganho de cerca de 33% na última década. Já o valor do consumo teve um aumento de 35% no mesmo período (MAGRINI *et al.*, 2012). Entretanto este continua abaixo da pro-porção mundial, com o país correspondendo a apenas 2,0% do volume mundial em 2012, com uma produção de 6 milhões de toneladas do material (ABIPLAST, 2013; PLASTICS EUROPE, 2013). Da mesma forma, o consumo *per capita* de polímeros, em 2013, foi de 33,9 Kg/habitante, enquanto que a média mundial encontra-se na casa dos 40 Kg/habitante.

Com relação aos setores aplicados, a principal resina termoplástica utilizada pela indústria no Brasil é o polipropileno, com 27,9%. Em seguida, encontra-se o polietileno de alta densidade, com 17,1% e o de baixa densidade com 11,8%. Já o emprego de politereftalato de etileno corresponde a 5,7% (ABIPLAST, 2013). Esta produção está associada a 11 670 companhias, formadas na grande maioria por micro e pequenas empresas, contando com 357 626 trabalhadores. Já o Rio Grande do Sul é o terceiro estado com maior número de empregados no setor de transformação de polímeros e o segundo no número de empresas deste ramo (ABIPLAST, 2013), evidenciando a importância da indústria para a economia gaúcha.

2.4 A reciclagem de resíduos poliméricos e os Centros de Triagem

A maioria das resinas termoplásticas utilizadas pela indústria, atualmente, são sintéticas, predominantemente originadas do petróleo, de acordo com os autores abordados anteriormente. Caracterizados por permitirem serem fundidos e reprocessados, os termoplásticos precisam passar por determinadas etapas para serem utilizados novamente. Entretanto, os polímeros tendem a perder suas propriedades mecânicas originais de um modo proporcional ao número de vezes que o material é reciclado (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003;

CÂNDIDO, 2011). Deste modo, é importante conhecer, de forma simplificada como é a manufatura e reciclagem das principais resinas termoplásticas utilizadas na indústria de embalagens, e o beneficiamento, isto é, o reprocessamento, em Centros de Triagem.

2.4.1 Fabricação e reciclagem de termoplásticos

O processo de fabricação consiste no refino do petróleo bruto, do qual são gerados seus subprodutos, tais como a gasolina, o óleo diesel, o gás GLP, resíduos e a nafta (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). Desta são produzidos os insumos petroquímicos, em um processo chamado de craqueamento, tais como eteno, propeno, buteno, butadieno, benzeno tolueno e xileno. A partir destes hidrocarbonetos, ocorre a polimerização que, com a adição de demais elementos, resulta em resinas termoplásticas, como, por exemplo, polietileno, polipropileno, poliestireno, policloreto de vinila e politereftalato de etileno. Com os polímeros manufaturados, é possível utilizá-los na indústria de transformação para a produção de filmes, chapas, perfis, espumas, embalagens e demais peças para diversos fins. O processo completo pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8 — Processo de fabricação de resinas termoplásticas a partir do petróleo



FONTE: Adaptado de ABIPLAST (2013).

Uma das principais características das resinas poliméricas é a sua capacidade de permitir se-

rem recuperados para utilização em novos materiais ou produtos. Segundo AZAPAGIC, EMSLEY e HAMERTON (2003), existem três opções que podem ser seguidas para tirar mais proveito do material ou dos recursos energéticos armazenados dentro dele: recuperação de energia, reciclagem química ou reciclagem mecânica. As duas últimas são consideradas reciclagem de material, uma vez que transformam o polímero em, respectivamente, materiais reutilizáveis e combustíveis.

Se a reciclagem do material via processo químico ou mecânico não é viável, o alto valor calorífico dos resíduos poliméricos pode ser reaproveitado através da recuperação de energia, via queima. Ela pode ser obtida por incineração direta, como em incineradores municipais que geram calor e eletricidade. Ainda, os resíduos deste material podem ser utilizados diretamente em processos produtivos para substituir outros combustíveis – como em fornos de cimento – ou para gerar energia (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). Em 2012, 35,6% dos rejeitos de polímeros no mundo foram utilizados em recuperação de energia (PLASTICS EUROPE, 2013). Este valor, entretanto, ainda encontra-se abaixo aos 38,1% destes rejeitos que foram destinados a aterros, mostrando um grande desperdício de material e energia.








Quando os resíduos de polímeros são constituídos por blendas ou misturas que inviabilizem outros métodos de recuperação do material, uma alternativa interessante é a recuperação química (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). Neste tipo, processos químicos são empregados para a quebra das macromoléculas poliméricas em constituintes químicos e, então, convertê-los em insumos úteis, como substâncias básicas ou monômeros para novos polímeros ou combustíveis.

A reciclagem mecânica utiliza meios físicos e mecânicos, tais como moagem, aquecimento e extrusão para processar rejeitos poliméricos em novos produtos (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). Segundo TEEGARDEN (2004), dependendo do tipo de resíduo, a reciclagem é dada de duas formas: primária e secundária. A primeira diz respeito ao reprocessamento de materiais pós-industriais, o qual corresponde a resíduos homogêneos e bem separados, sem que haja degradação durante o uso. A deterioração pode ser dada através de fatores humanos, como sujeira e contaminantes por outros materiais, orgânicos ou não, ou por fatores ambientais, pela ação dos raios ultravioleta, umidade, salinidade, dentre outros. Já a

reciclagem secundária é conduzida quando o material a ser processado é de pós-consumo, ou seja, já foi utilizado e, portanto, degradado durante esta etapa, tornando-o química ou fisicamente impróprio para substituir o material virgem.

Para a realização de qualquer tipo de reciclagem em resinas termoplásticas, é necessária, antes de tudo, a correta identificação das mesmas, para não haver misturas e, conseqüentemente, maiores perdas na qualidade do material (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). O código de identificação proposto pela Sociedade das Indústrias dos Plásticos (Society of the Plastics Industry – SPI) sugere uma numeração de 1 até 7, indicando, respectivamente: PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS e Outros, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2 — Códigos de Identificação de Resinas Poliméricas.

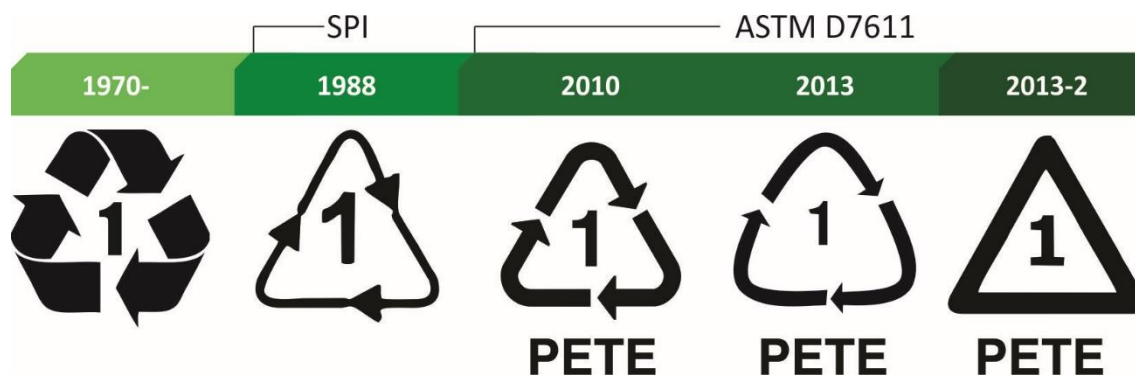
Código	Polímero	Uso típico
	PET – Politereftalato de etileno	Embalagens de refrigerantes, alimentos;
	HDPE – Polietileno de alta densidade	Embalagens de iogurtes, shampoo;
	PVC – Policloreto de vinila	Canos, tubulações, filmes;
	LDPE – Polietileno de baixa densidade	Sacolas, filmes diversos;
	PP – Polipropileno	Embalagens de condimentos, tampas;
	PS – Poliestireno	Embalagens de alimentos diversos;
	Outros	Eletrônicos, refis, embalagens diversas;

FONTE: Adaptado de ASTM (2013a).

O código 7, referente a Outros, inclui todos os demais polímeros utilizados pela indústria, com aplicações em eletrônicos, refis e embalagens diversas, considerando que os seis primeiros

códigos correspondem à grande maioria da demanda de consumo. A Figura 9 mostra a evolução e padronização dos códigos de identificação de resinas plásticas, que começou com a adoção do símbolo universal de reciclagem, após sua criação em 1970 (JEDLICKA, 2013).

Figura 9 — Evolução dos códigos de identificação de resinas plásticas



FONTE: ASTM (2013a); HOSETTI (2006) e JEDLICKA (2013).

Em 1988, a SPI desenvolveu uma versão simplificada do símbolo universal de reciclagem, através da remoção das dobras das flechas. Esta foi a primeira padronização existente e adotada mundialmente, a qual passou a ser aplicada em uma variedade de produtos. Algumas versões desta incluíam a sigla de identificação da resina abaixo do símbolo, entretanto isto não era padronizado pela norma (HOSETTI, 2006; JEDLICKA, 2013).

A SPI passou a trabalhar com a American Society for Testing and Materials (ASTM), a Sociedade Americana de Ensaio e Materiais, lançando a norma ASTM D7611 (ASTM, 2013a), com a exigência da sigla da resina na parte inferior do símbolo. Esta passa as diretrizes para a utilização dos símbolos de identificação de resinas plásticas, priorizando a visualização clara do tipo de polímero. Ela passou por duas mudanças na aparência, até a última versão, de junho de 2013, na qual as flechas curvadas foram substituídas por um triângulo equilátero. A norma foi modificada para dar enfoque na identificação da resina, ao invés da sua capacidade de ser reciclada (ASTM, 2013b).

Com a prioridade na qualidade da resina, é fundamental também reconhecer quantas vezes a mesma foi reciclada antes de ser aplicada no produto. Assim, a série de ensaios do Ciclo de

Reciclagem dos Materiais, proposta por CÂNDIDO (2011) surge como fundamental para determinar as propriedades mecânicas de uma resina, frente à quantidade de vezes que ela foi processada. Este número poderia ser aplicado de maneira gráfica em embalagens e produtos poliméricos, auxiliando os agentes recicladores a distribuir os seus materiais de modo a melhor aproveitar suas propriedades após o reprocessamento, conforme apontado por CÂNDIDO, PALOMBINI e KINDLEIN JÚNIOR (2011).

2.4.2 Reciclagem mecânica na indústria – visita técnica

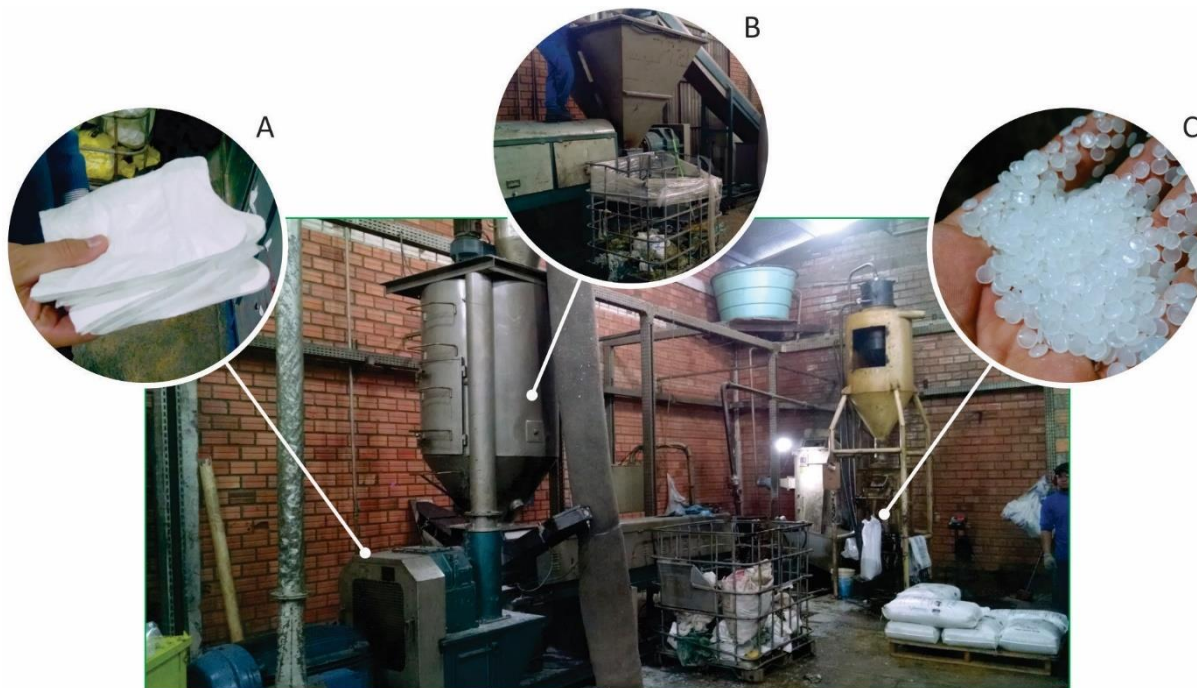
Para o material ser reciclado pela primeira vez, quando originado de resíduos primários, correspondendo a produtos pós-indústria, são necessárias determinadas etapas para garantir a qualidade e a homogeneidade do insumo resultante. Para conhecimento prático das formas de reciclagem primária de materiais poliméricos, foi contatada a ValimPlast – Indústria de Beneficiamento de Plásticos Ltda., especializada nestes processos. Com sede no município de Nova Santa Rita, a empresa realiza serviços de *granulação/pelletização*, homogeneização, moagem e demais tipos de processamentos em polímeros.

Por tratar-se da realização de reciclagem primária, na ValimPlast são trabalhados materiais como rejeitos originados de falhas em impressão ou moldagem, peças injetadas com erros, bem como aparas de filmes e sacolas plásticas, conforme mostra a Figura 10. Isto faz com que os resíduos encaminhados à empresa, sobre demanda, sejam originalmente limpos e homogêneos, permitindo-os ser reinseridos na indústria para a fabricação dos mesmos produtos novamente. Como a qualidade dos polímeros oriundos de uma reciclagem primária é muito semelhante aos materiais originais, a reciclagem mecânica é a mais indicada, isto porque ela demanda uma quantidade menor de energia que outros métodos (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003; TEEGARDEN, 2004). Neste sentido, este tipo de reciclagem torna-se mais acessível e viável para tais insumos.

Ao ser questionado sobre a possibilidade de utilizar múltiplos equipamentos, com potências e rendimentos menores, simultaneamente, a empresa afirmou não ter interesse. Foi comentado que, inicialmente, havia sido estudada a opção de compra de equipamentos menores, sendo adquiridos mais unidades conforme crescimento da empresa. Entretanto, esta opção

não foi seguida devido aos altos valores de manutenção e gasto energético das unidades. Uma máquina maior produziria a mesma quantidade de material que várias pequenas, porém com uma fração do gasto energético e de constante manutenção.

Figura 10 — Reciclagem primária na ValimPlast: (A) aparas, (B) processamento e (C) *pellet*



FONTE: Autor (2014).

Na empresa visitada, as aparas de sacolas plásticas, um dos resíduos mais frequentemente processados, são feitas de polietileno de baixa densidade, conforme visto na Figura 10A. Por tratarem-se de filmes e, portanto, serem muito leves para serem moídas diretamente, as mesmas precisam passar por um processo chamado de aglutinação. Nesta etapa (Figura 10B), o material é processado por um conjunto de lâminas rotacionadas em alta velocidade dentro de um cilindro vertical, gerando muito calor devido ao atrito do cisalhamento. Dentro deste recipiente, água a temperatura ambiente é jogada, fazendo com que o material esfrie repentinamente e, com o choque térmico, encolha de tamanho, aumentando sua densidade (HAGGAR, 2010).

Após este processo, o material polimérico já possui densidade suficiente para ser comprimido, aquecido e passar por uma extrusora. Esta compressão faz com que o material perca todas as suas bolhas de ar, resultantes do processo de aglutinação. Após a extrusão, o insumo já pode

ser transformado em grânulos ou *pellets* (Figura 10C), através de lâminas giratórias dentro de outro cilindro. Os *pellets* restantes são, portanto, formados exclusivamente de um mesmo material, sem contaminantes, garantindo uma qualidade muito semelhante ao do produto original.

Empresas como a ValimPlast são muito importantes no panorama nacional da reciclagem de resíduos poliméricos. No relatório do Instituto Sócio-Ambiental dos Plásticos (PLASTIVIDA, 2013), denominado Monitoramento dos Índices de Reciclagem Mecânica de Plásticos no Brasil, no ano 2012, foi verificada a situação das 762 empresas brasileiras da Indústria de Reciclagem Mecânica de Plástico (IRmP). Destas, 272 encontram-se na Região Sul, correspondendo a 36% do total.

O estudo verificou que existem 257 municípios com coleta seletiva estruturada na Região Sul, o que representa pouco mais de uma empresa recicladora para cada município (PLASTIVIDA, 2013). Isto tenderia à um grande volume de material a ser processado pelas empresas, possuindo, entretanto, um nível operacional baixo, de cerca de 64% no Brasil e 60% na Região Sul, segundo o relatório. Das cerca de 512 mil toneladas ao ano de capacidade no Sul do Brasil, apenas 306 mil toneladas foram produzidas.

A quantidade descartada de resíduos poliméricos pós-consumo no Brasil, material de qualidade mais inferior devido ao uso e à contaminação por uma série de agentes, conforme visto anteriormente, chegou a aproximadamente 3,3 milhões de toneladas (PLASTIVIDA, 2013). Contudo, apenas por volta de 680 mil toneladas destes foram recicladas. Isto permite calcular o índice de reciclagem pós-consumo de 20,9%, inferior a outros cenários internacionais, como na Europa, onde 26,3% dos resíduos poliméricos foram reciclados, no mesmo período (PLASTICS EUROPE, 2013). O PLASTIVIDA (2013) também aponta os tipos de resinas termoplásticas que mais possuem participação no grupo chamado de “plástico de vida-curta”. Este termo designa os resíduos poliméricos descartados em um prazo máximo de 2 anos após a fabricação.

A Indústria de Reciclagem Mecânica de Plásticos (IRmP) corresponde a um grande mercado no Rio Grande do Sul, de acordo com o Relatório apresentado pela SIMPLÁS (Sindicato das

Indústrias de Material Plástico do Nordeste Gaúcho (2011). O relatório, intitulado Análise do Perfil da Indústria de Reciclagem Mecânica de Plásticos no Rio Grande do Sul, mostrou o desempenho econômico de 110 empresas recicladoras do estado. Destas, a maior parte localiza-se na Região Metropolitana de Porto Alegre e Vale dos Sinos, com um destaque, também, à região da Serra. O faturamento em 2010 foi de R\$ 275 milhões, com o emprego direto de 2,5 mil funcionários. Foi constatado, no ano base de 2010, que a capacidade instalada é de 154,4 mil toneladas por ano, sendo produzidas 106,1 mil toneladas (SIMPLÁS, 2011). Esta produtividade representa um nível operacional de 69%, valor superior, como visto anteriormente, aos níveis nacional e da Região Sul, de respectivamente, 64% e 60%.

O volume total de resíduos poliméricos consumidos no Rio Grande do Sul, em 2010, foi de 122 mil toneladas, sendo que 44% foi originado de pós-consumo. Ao avaliar as resinas mais recicladas pela IRmP do Rio Grande do Sul, em 2010, foi verificado que a maior parte compreendeu de LDPE, com 36%. Em segundo lugar vem o PET, com 34% do volume total (SIMPLÁS, 2011). Da mesma forma que no panorama nacional, a maior parte da produção do material reciclado foi originado de material com uma moagem leve, em *flakes*, com 60%. O preço médio de aquisição da sucata de resíduos de PET, por exemplo, no Rio Grande do Sul é de 1,1 R\$/kg, entretanto, após um beneficiamento, o resíduo pode ser comercializado a 2,0 R\$/kg a 2,5 R\$/kg, quando proveniente de pós consumo, de acordo com a SIMPLÁS (2011). Isto mostra que um investimento no setor de moagem de resíduos, nas empresas e cooperativas recicladoras, pode acarretar num retorno muito significativo em relação ao material não processado.

2.4.3 Reciclagem mecânica: aplicação em Centros de Triagem

Para a correta reciclagem mecânica de resíduos poliméricos, é necessário que haja antes o recolhimento e a triagem destes materiais. Neste sentido, no sistema de coleta de resíduos sólidos no Brasil, é importante a busca por uma maior participação destas atividades nos municípios. Entretanto, este nível ainda se encontra muito aquém da necessidade. Segundo o relatório do Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos do Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada – IPEA (2012), ainda que o número de municípios com algum sistema de coleta seletiva tenha aumentado, com relação ao ano anterior avaliado, este sistema abrange apenas 18% do total, concentrando-se mais nas regiões Sul e Sudeste e nas regiões metropolitanas.

No Brasil, cerca de 2 592 toneladas de resíduos recicláveis são encaminhadas para Centros de Triagem diariamente, sendo 1 009 somente na Região Sul (IPEA, 2012). Somente em Porto Alegre, são estimadas 74 toneladas de resíduos sólidos encaminhadas às unidades de triagem todos os dias, de acordo com o Departamento Municipal de Limpeza Urbana – DMLU (2013) da capital. Este número ainda é muito inferior às mais de 532 mil toneladas anuais – ou 1 458 toneladas diárias – de resíduos sólidos urbanos encaminhados a aterros sanitários na cidade, segundo o mesmo relatório do DMLU.

Com o decreto da Lei Federal Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, o país definiu a gestão integrada de resíduos sólidos como um “conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2010). Deste modo, foi compreendido que a ação para controle, gerenciamento e tratamento dos resíduos sólidos gerados deve partir de diversas esferas, considerando todos os participantes da cadeia produtiva.

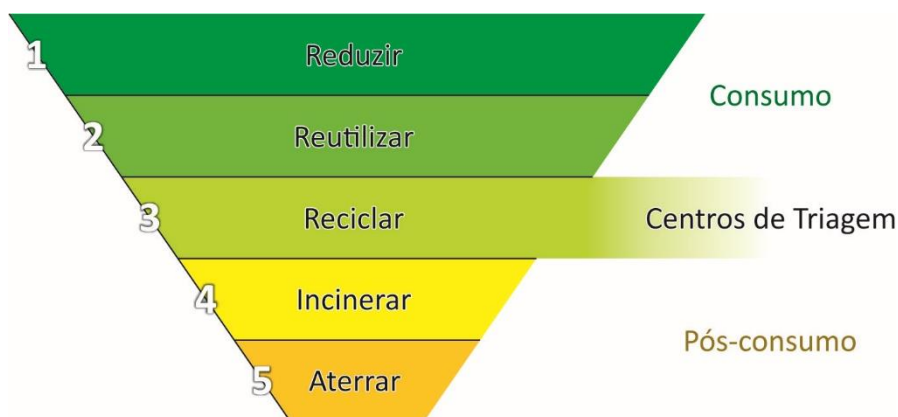
Na PNRS, o ciclo de vida dos produtos deve ser avaliado de uma forma individualizada e encadeada, de modo a dirigir a responsabilidade e compartilhá-la entre os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores (BRASIL, 2010). Já quanto ao tratamento dos resíduos gerados, segundo a PNRS, deve existir com iniciativas de investimento público em Centros de Triagem e cooperativas de reciclagem. Assim, estes agentes assumem uma parte importante na implementação da política, associando conceitos de recuperação e reciclagem de materiais e produtos que poderiam ser destinados integralmente a aterros e lixões (ABRELPE, 2013).

Os Centros de Triagem e as cooperativas de reciclagem exercem um papel fundamental nos âmbitos social e ambiental do tratamento dos resíduos sólidos pós-consumo. Segundo SOUZA, PAULA e SOUZA-PINTO (2012), ao analisar as cooperativas do Programa de Coleta Seletiva no município de São Paulo, foi verificado que o volume de material coletado ainda é incipiente, comparando-se com os níveis de resíduos gerados diariamente. Além da recuperação dos materiais, incluindo a energia investida em seu processo de fabricação, as atividades dos Centros de Triagem apresentam-se, segundo as autoras, como uma oportunidade para trabalhadores

não qualificados, que encontram nestas cooperativas um importante meio de sustento.

A Lei Federal Nº 12.305/2010 concedeu o prazo até o mês de agosto de 2014 para que a destinação final dos resíduos sólidos seja dada de forma ambientalmente correta, no país. Entretanto, segundo o levantamento do Panorama dos Resíduos Sólidos de 2013 (ABRELPE, 2013), poucas mudanças foram diagnosticadas com relação ao período do ano anterior avaliado pela mesma instituição. A ABRELPE cita que a indústria de resíduos sólidos ainda se encontra em crescimento, e ressalta o potencial a ser explorado das possibilidades de reciclagem e, portanto, da recuperação dos materiais. O objetivo, portanto, na gestão dos resíduos, é preferencialmente reduzir e reutilizar os produtos e materiais durante a etapa do consumo. Com o descarte e a geração dos resíduos, é mais desejável que ocorra a reciclagem dos materiais, antes de incinerá-los, para a recuperação energética, ou ainda aterrá-los, durante a fase do pós-consumo de seu ciclo de vida (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003), conforme mostra a Figura 11.

Figura 11 — Objetivos da gestão de resíduos, em ordem de desejabilidade



FONTE: Adaptado de AZAPAGIC, EMSLEY e HAMERTON (2003); DMLU (2013).

Durante a etapa de reciclagem, na qual se concentra o presente trabalho, os Centros de Triagem destacam-se como uma importante agente social e ambiental com vista à gestão de resíduos sólidos (DMLU, 2013; SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012). Em Porto Alegre, o projeto dos Centros de Triagem foi implantado em 1989, como iniciativa do DMLU (2013), visando a aumentar o reaproveitamento de matérias-primas durante o processo de coleta seletiva. O objetivo foi implementar a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos do município, reduzindo o volume destinado a aterros, aumentando os índices de reciclagem.

A primeira região a ser aplicado o sistema de coleta seletiva na capital gaúcha, de modo piloto e experimental, e ainda inédito no Brasil, foi o bairro residencial Bom Fim, em julho de 1990 (DMLU, 2013). A prática surgiu com o incentivo de separar os resíduos domésticos entre orgânicos e secos, dispondo-os em duas coletas diferentes. Em seis anos, o serviço foi estendido para 100% dos bairros formadores de Porto Alegre, com uma periodicidade semanal. Já em 2009, a coleta seletiva passou a ocorrer duas vezes na semana, elevando a necessidade de incentivos de Centros de Triagem, para auxiliar no destino dos resíduos sólidos recolhidos.

A coleta seletiva de Porto Alegre encaminha os resíduos recolhidos a 18 Centros de Triagem, os quais individualmente são organizados por uma associação de recicladores. Estas precisam ser construídas formalmente, sendo conveniadas ao DMLU. São constituídas de galpões cobertos, com piso concretado, e equipadas com bombonas, recipientes os quais são utilizados para depósito de diferentes tipos de materiais triados pelos centros, a partir de separação manual. Os Centros de Triagem também possuem prensas, balanças e elevadores de carga, sendo a disposição de seu layout estudada junto ao DMLU, de modo a melhorar o trabalho dos recicladores (DMLU, 2013).

O rendimento mensal médio de cada trabalhador dos Centros de Triagem de Porto Alegre variou de R\$ 500,00 a R\$ 700,00, em 2012 (DMLU, 2013). Existem cerca de 560 associados cadastrados, no período avaliado de junho de 2012, conforme o departamento, cujo trabalho inicia com o recebimento dos resíduos sólidos, provenientes da coleta seletiva. Os mesmos são dispostos em grandes compartimentos, dos quais são recolhidos, aos poucos, espalhados sobre uma esteira, e separados, quanto ao tipo de material. Quanto aos polímeros, a separação básica é dada entre filmes de LDPE e PP, embalagens de PET, HDPE, PP, PS, EPS, e PVC, além de outros, como carcaças de ABS e PC, elastômeros e blendas de um modo geral.

Ainda que muitos materiais sejam triados e separados apropriadamente, cerca de 26,39% dos resíduos não são aproveitados, sendo rejeitados pelos próprios Centros de Triagem e encaminhados a aterros (DMLU, 2013). Em 2011, cerca de 1 830 toneladas tiveram este destino, fazendo com que o aproveitamento dos materiais seja ainda muito baixo. Devido ao grande volume, alguns tipos de resíduos possuem um sistema próprio de gestão, como os orgânicos, que são destinados à ração para suinocultura, e os polímeros.

A gestão e processamento dos resíduos poliméricos promove a recuperação e reinserção no mercado de uma importante matéria-prima, na qual bastante energia foi empregada para fabricá-la (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003; LEFTERI, 2014). Isto mostra o quão importante é o beneficiamento do material oriundo de resíduos sólidos para agregar valor de venda e promover o melhoramento da qualidade de vida dos envolvidos no processo. Entretanto, ainda que interessante, de um ponto de vista do desenvolvimento sustentável, são poucos as cooperativas recicladoras do estado que realizam este tipo de processamento nos materiais triados, enquanto que, em Porto Alegre, nenhuma unidade promove este nível de beneficiamento (DMLU, 2013).

Neste sentido, o foco do presente trabalho permeia os Centros de Triagem, devido à sua importante, e ainda mal aproveitada, participação na gestão de resíduos sólidos nos grandes centros urbanos. Os usuários definidos para o presente projeto encontram-se neste cenário, sendo importante desenvolver estudos com os mesmos, conforme abordado pela metodologia adotada, como será visto a seguir.

3 ANÁLISE COM USUÁRIOS

Apesar da coleta seletiva e do sistema de cooperativas e Centros de Triagem em Porto Alegre já existirem há pelo menos 23 anos, as unidades permanecem ainda sem realizar um beneficiamento nos resíduos com que trabalham. Assim, muito do valor energético e econômico presente nos materiais é desperdiçado, havendo questões a serem levantadas quanto da possibilidade de melhorar estes cenários.

Neste sentido, para verificação da atual situação dos Centros de Triagem na Região Metropolitana de Porto Alegre, foram visitadas três unidades com diferentes panoramas de tratamento de resíduos sólidos na região. O objetivo foi conhecer como são gerenciados os resíduos poliméricos em associações que experienciam diferentes realidades e lidam de formas distintas com o tratamento e comercialização dos materiais que recebem.

3.1 Centros de Triagem – visitas técnicas

3.1.1 Centro de Triagem da Vila Pinto

Situado no bairro Bom Jesus, em Porto Alegre, o Centro de Educação Ambiental – CEA é uma organização não governamental fundada por um grupo de mulheres, em 1996, sobre a presidência de Marli Medeiros. O centro teve como iniciativa a busca por melhorar as condições de vida de suas integrantes, que era demarcada pela pobreza e pela violência. O objetivo era a busca por um meio que lhes trouxesse independência e qualidade de vida (CEA, 2014).

O Centro de Triagem da Vila Pinto – CTVP, observado na Figura 12, foi montado como um modo de origem do sustento para os associados do CEA. Conta com 45 trabalhadoras, com uma renda mensal média de 1 salário mínimo. O trabalho deles inicia com o recebimento dos resíduos oriundos da coleta seletiva de diversos bairros de Porto Alegre, entre os quais o Bela Vista, Petrópolis e o próprio Bom Jesus.

No centro, foi contatada a Sra. Sirlei de Souza, coordenadora do CTVP, para conhecimento da situação do gerenciamento dos resíduos recebidos. Conforme os dados apresentados pelo

DMLU (2013), foi verificado que o centro não possui qualquer tipo de equipamento para moagem ou processamento de resíduos poliméricos. O máximo de gerenciamento realizado no CTVP é a separação dos diferentes tipos de materiais (Figura 12B) e a compactação dos mesmos, através de duas prensas (Figura 12A), para, então, serem comercializados.

Figura 12 — CTVP: (A) prensas, (B) área de triagem e (C) resíduos rejeitados



FONTE: Autor (2014).

Este processo de triagem e prensagem dos resíduos poliméricos faz com que sejam comercializados alguns materiais e rejeitados outros. Dentre os mais comercializados, encontram-se o PET incolor, com uma média de venda de 4 toneladas ao mês. Em seguida, encontram-se o HDPE branco e o PP, com uma média de 2 toneladas mensais cada. Entre os demais tipos de resíduos significativos, encontram-se o PS e o EPS, as demais colorações dos polímeros citados, além das embalagens longa vida, que possuem multicamadas de papel e alumínio.

Os resíduos são comercializados em sacos com cerca de 180 kg, dependendo do tipo de polímero. Já aqueles que não são vendidos acabam descartados pelo próprio centro (Figura 12C), sem qualquer tipo de separação ou beneficiamento, sendo destinados a aterros. Dentre os

principais tipos encontram-se os filmes poliméricos de um modo geral. Em especial, são descartados os feitos de PP metalizado com alumínio, muito utilizados em embalagens de alimentos industrializados. Este excesso de material rejeitado faz com que um *container* cheio seja recolhido do CTVP, toda a semana.

O grande desperdício de material, e conseqüentemente de energia, gera, também, um grande impacto ambiental, uma vez que toneladas de resíduos são destinadas a condições indesejadas, como o aterramento. Além disto, estes polímeros de grande qualidade poderiam ser comercializados se houvesse algum tipo mais profundo de beneficiamento. A Sra. Sirlei afirma que há o interesse em adquirir equipamentos de moagem para aumentar o valor agregado nos produtos vendidos pelo centro, como aglutinador e moinho de facas. Entretanto, segundo ela, a faixa de preço atual de cada um de ambos os equipamentos gira em torno dos R\$ 70 mil reais, inviabilizando a projeto.

3.1.2 COOLABORE – Cooperativa de Construção Civil e Limpeza Urbana Ltda.

O segundo Centro de Triagem e reciclagem de resíduos poliméricos visitado possui sede no município de Campo Bom, na Região Metropolitana de Porto Alegre, com gestão do Sr. Geraldo Simmi, que acompanhou o percurso. Criada em 1994, a Cooperativa de Construção Civil e Limpeza Urbana Ltda. – COOLABORE (Figura 13), surgiu como um grupo estabelecido para prestar serviços de construção civil. Inicialmente, a organização realizava uma coleta e separação rudimentares dos polímeros, sem maiores informações de como realizar uma seleção que fornecesse um maior valor aos resíduos.

Em 1996, a COOLABORE ganhou a licitação para assumir a usina de reciclagem do município e passou a contar com um galpão de triagem, conforme mostra a Figura 13A, com esteira e prensa cedidos pela prefeitura. Nesta época, conforme afirma o Sr. Geraldo, a cooperativa recebia cerca de 25 toneladas por dia, entre resíduos secos e orgânicos. Atualmente, esta quantia aumentou para 60 toneladas diárias, com um índice de aproveitamento bem maior.

Figura 13 — COOLABORE: (A) galpão, (B) planta, (C) material processado e (D) aglutinado



FONTE: Autor (2014).

O sistema de triagem da cooperativa funcionava do mesmo modo que o das demais: recolhendo os resíduos, realizando a triagem, a prensa e a comercialização. Devido à falta de coleta seletiva completa em Campo Bom, grande parte dos resíduos secos que chegavam à COOLA-

BORE era contaminada com os orgânicos, dificultando ainda mais a triagem e levando à necessidade de uma limpeza antes da venda do material. Com isto, a produtividade era baixa, gerando uma renda com poucas perspectivas de crescimento a seus associados.

Em 2003, a COOLABORE recebeu equipamentos da prefeitura para o beneficiamento de resíduos poliméricos (CAMP, 2014). Inicialmente, as máquinas não eram adequadas ao tipo de resíduo que recebiam, tendo uma produtividade inferior e não proporcionando tanta qualidade no material final. Em 2011, em uma parceria com a Braskem S.A., a cooperativa realizou uma melhoria em sua planta de reciclagem, para aumentar os níveis de processamento de polímeros e gerar mais renda a seus associados. A planta atual, que pode ser vista na Figura 13B, possui um moinho para pré-processar os resíduos, um tanque de lavagem e uma aglutinadora, responsável por moer o material, deixando-o pronto para ser comercializado. Inicialmente, são processados o material mais nobres em seu preço de venda: o LDPE transparente, proveniente de sacolas incolores. Após o término da leva, passa-se para os materiais brancos e, quando encerrado, aos coloridos. Por fim, os últimos materiais a serem processados na semana são os filmes escuros, também de PE. O Sr. Geraldo explica que esta distinção progressiva, do polímero mais claro ao mais escuro, é de suma importância para agregar mais valor ao material final, de modo que uma pequena quantidade de resíduo mais escuro em um processamento de mais claro pode pôr a perder todo o lote.

Na planta de reciclagem são beneficiadas 30 toneladas de polímeros ao mês, onde trabalham 4 funcionários que, juntos aos demais trabalhadores do galpão de triagem, formam os 41 associados da cooperativa em Campo Bom. Em 2011, a COOLABORE abriu sua filial no município de Novo Hamburgo, onde mais de 80 funcionários trabalham. Atualmente, os trabalhadores da cooperativa conseguem uma renda de cerca de R\$ 1.000,00 mensais, permitindo-os que comprem inclusive suas casas e carros, aumentando a qualidade de vida, como afirma o Sr. Geraldo.

A inserção de uma planta de reciclagem de polímeros trouxe um grande impacto aos cooperados, aumentando consideravelmente o valor obtido pelo material beneficiado. Antes dos aglutinadores, com os resíduos somente picados (Figura 13C), o valor de venda era de cerca de R\$ 1/kg. Após a aquisição do equipamento de aglutinação, o mesmo resíduo, agora em

flakes (Figura 13D), pode ser comercializado a R\$ 2,50/kg¹. Neste sentido, fica clara a capacidade de aumento de valor de venda dos resíduos, conforme o mesmo é mais processado. O atual objetivo da cooperativa é a aquisição de uma extrusora, para que o material reciclado em *flakes*, da aglutinadora, possa ser homogeneizado e transformado em *pellets* com um moinho. Com isto, o material seria ainda mais valorizado e, conseqüentemente, teria a possibilidade de ser comercializado para um número bem maior de clientes.

Um problema encontrado com a instalação da planta de reciclagem e que, provavelmente, será vivenciado novamente no futuro, com a aquisição de uma extrusora, é a instalação de redes de alta tensão. Como todos estes equipamentos consomem muita energia para mantê-los funcionando, além de serem caros para adquirir, eles exigem um alto nível de investimento no local em que serão instalados, em termos tanto de infraestrutura quanto de treinamento de pessoal. Estes custos altos, sem o devido apoio do estado ou de empresas privadas, tornam a criação de uma planta de reciclagem muito difícil de ser concretizada em Centros de Triagem com menor poder aquisitivo.

3.1.3 Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos

No município de Dois Irmãos, na Região Metropolitana de Porto Alegre, encontra-se uma cooperativa de recicladores que é considerada referência em todo o estado. Em 1983, houve a construção de um prédio para incineração dos resíduos sólidos domiciliares do município, como a alternativa encontrada para conter o excesso de lixo que surgia. O processo continuou até 1991, quando a queima dos resíduos foi interdita e um novo lixão foi projetado, próximo ao prédio, que foi transformado em aterro pelo governo, dois anos depois.

No ano seguinte, em 1994, a Associação dos Recicladores foi fundada na Usina de Reciclagem de Dois Irmãos (Figura 14), juntamente com o início da coleta seletiva no município. No primeiro momento, a associação realizava o trabalho de triagem dos resíduos sólidos (Figura 14A), recebidos pela prefeitura, buscando uma comercialização precária dos mesmos. Em 1997, a associação começou suas atividades de beneficiamento de polímeros, tornando-se a

¹ Os valores foram informados pela COOLABORE.

primeira no estado a realizar este tipo de processamento.

Figura 14 — Cooperativa de Dois Irmãos: (A) centro, (B) depósito e (C) beneficiamento



FONTE: Autor (2014).

Após uma parceria com o Instituto Vonpar, de 2008 a 2010, foi criada a Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos, com um melhoramento do setor de beneficiamento dos resíduos de polímeros. Em 2010, a parceria foi estabelecida com a Braskem S.A., do mesmo modo que na COOLABORE, resultando em uma série de reformas na cooperativa. Foram construídos novos espaços de armazenamento (Figura 14B), descarga e triagem dos resíduos, adquirida uma nova esteira com o dobro de comprimento e equipamentos para beneficiamento de filmes e demais resíduos poliméricos de baixa densidade, conforme mostra a planta de reciclagem na Figura 14C.

A visita foi guiada pelo presidente da Cooperativa, Paulo Roberto Correa dos Santos. No total, a Cooperativa recebe mais de 18 toneladas de resíduos sólidos por mês, incluindo os resíduos secos e orgânicos, conforme aponta o Sr. Paulo. Ele comentou que, somente em polímeros,

são beneficiadas cerca de 15 toneladas mensais, tendo um destaque maior para o LDPE presente em filmes, como pode ser visto na (Figura 15), com 3 toneladas mensais.

Figura 15 — Beneficiamento na Cooperativa: (A) aglutinador e (B) material processado



FONTE: Autor (2014).

O processo de beneficiamento dos resíduos de filmes de LDPE, bem como de outros filmes, somente é possível com a utilização de dois aglutinadores. Cada equipamento (Figura 15A) faz a moagem dos resíduos limpos, diminuindo-os em *flakes* (Figura 15B), que são comercializados. Da mesma forma que na COOLABORE, na Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos, são necessários poucos operários para manter a planta de beneficiamento de polímeros: 2 nos equipamentos e mais 3 na triagem dos polímeros. Já na cooperativa inteira, trabalham 36 pessoas, sendo 24 no galpão de triagem e 12 funcionários na coleta.

O material polimérico beneficiado também segue uma ordem para garantir uma maior qualidade resultante, sendo iniciado um ciclo completo com filmes transparentes, depois um com materiais brancos e, por fim, um com coloridos. Ao utilizar o aglutinador, há um aumento considerável no preço cobrado pelo resíduo beneficiado, sendo comercializado por R\$ 2,50/kg contra o R\$ 1,20/kg, quando o material era somente prensado. No caso de filmes pretos, a diferença é ainda maior: R\$ 2,20/kg quando aglutinado e R\$ 0,40/kg quando apenas compactado².

² Os valores foram informados pela Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos.

3.2 Entrevistas com o público-alvo

Com base nas informações levantadas na Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos e na COOLABORE de Campo Bom, acerca dos principais equipamentos utilizados no reprocessamento de resíduos poliméricos, foram realizadas entrevistas informais somente com Unidades de Triagem do município de Porto Alegre. O objetivo foi verificar os principais tipos de materiais poliméricos trabalhados, as quantidades médias comercializadas, assim como a existência de equipamentos que auxiliem a triagem. Por fim, foram levantadas considerações acerca da importância dada por quatro tipos de equipamentos básicos para o reprocessamento de polímeros, conforme vistos nas visitas técnicas aos Centros de Triagem. Os dados das entrevistas podem ser visualizados no Quadro 3.

Quadro 3 — Dados das entrevistas com Centros de Triagem de Porto Alegre.

Centro de Triagem	Resíduos poliméricos Triados (média)	Equipamentos existentes	Ordem de preferência por equipamentos
C.T. Vila Pinto	- PET: 4 t/mês - HDPE: 2 t/mês - PP: 2 t/mês - PS: 1 t/mês	- Esteira - Prensas-hidráulicas	1º - Aglutinador 2º - Moinho de facas 3º - Moinho de lavagem 4º - Prensa-hidráulica
C.T. Santíssima Trindade	- HDPE: 2 t/mês - PET: 1,7 t/mês - LDPE: 1,6 t/mês - PS: 1,5 t/mês - PP: 0,3 t/mês	- Esteira - Prensas-hidráulicas	1º - Moinho de facas 2º - Aglutinador 3º - Moinho de lavagem 4º - Prensa-hidráulica
C.T. Restinga	- HDPE: 2 t/mês - LDPE: 1 t/mês - PET: 1 t/mês - PP: 0,5 t/mês	- Esteira - Prensa-hidráulica	1º - Aglutinador 2º - Moinho de facas 3º - Moinho de lavagem 4º - Prensa-hidráulica
C.T. Chocolateão	- HDPE: 3 t/mês - PET: 2,5 t/mês - LDPE: 1 t/mês - PP: 1 t/mês	- Esteira - Prensas-hidráulicas - Elevador de carga	1º - Aglutinador 2º - Prensa-hidráulica 3º - Moinho de facas 4º - Moinho de lavagem
C.T. Rubem Berta	- PET: 2 t/mês - HDPE: 1,6 t/mês - LDPE: 1 t/mês - PS: 1 t/mês - PP: 0,5 t/mês	- Esteira - Prensa-hidráulica	1º - Prensa-hidráulica 2º - Aglutinador 3º - Moinho de facas 4º - Moinho de lavagem

FONTE: Autor (2014).

Os equipamentos básicos analisados a partir das informações levantadas nos Centros de Triagem da Grande Porto Alegre são: a prensa-hidráulica, o moinho de facas, o aglutinador e o moinho de lavagem. O primeiro é utilizado para a compactação do material triado, para a produção de fardos e, assim auxiliar o transporte para venda. O moinho de facas, conhecido somente por moinho, realiza o reprocessamento de embalagens semirrígidas, aumentando o seu valor agregado. Já o aglutinador é o responsável pelo reprocessamento do resíduo sobre a forma de filmes, transformando-o em *flakes*, os quais são mais os aceitos e valorizados comercialmente. Por fim, o moinho de lavagem é o responsável por remover impurezas dos resíduos e pré-processá-los, aumentando o valor agregado.

As entrevistas mostraram que os principais resíduos poliméricos triados são o HDPE, o PET, utilizados em embalagens, como filmes, garrafas e potes. Em seguida, encontram-se materiais como o LDPE – utilizado em sacolas e determinados recipientes – o PP – utilizado principalmente em embalagens de biscoitos, como filmes, e de margarina, como semirrígidos – e o PS – em copos e recipientes diversos. Cabe ressaltar que a os Centros de Porto Alegre compactam apenas os materiais semirrígidos, descartando quase a totalidade dos resíduos em filmes. Isto se deve à carência de equipamentos para reprocessamento deste tipo de polímero nos Centros de Triagem, como os aglutinadores, levando a um grande desperdício de material.

Como não são comercializados, a grande maioria das embalagens poliméricas produzidas com filmes são destinadas a aterros, à exceção de filmes de transparentes, de maior valor. Tais materiais são utilizados para o envase de alimentos, como biscoito, massa, arroz, pão, além de produtos de higiene e limpeza, como sabonetes, refis de shampoo, lava-roupas, entre outros. A grande circulação destes produtos faz com que um grande volume chegue aos Centros de Triagem, ocasionando num considerável impacto ambiental.

Conforme visto no relatório do DMLU (2013), os Centros de Triagem de Porto Alegre entrevistados não possui qualquer tipo de equipamento de reprocessamento de polímeros. Eles estão limitados a prensas-hidráulicas e elevadores de carga, o que permite apenas a compactação dos resíduos para venda a empresas que irão reprocessar estes materiais, limitando a venda a materiais semirrígidos. Isto significa que a quase totalidade dos filmes poliméricos é desper-

diçada, sendo destinada a aterros. O aumento de cerca de 5 vezes no valor de venda do resíduo polimérico reprocessado, é um dos fatores que tornaram o aglutinador o equipamento considerado de maior importância pela maioria dos Centros de Triagem entrevistados. Além de ser eficiente, seu uso o torna muito útil para filmes, os quais não são trabalhados nos Centros que possuem apenas prensas. Em segundo lugar na ordem de preferência das unidades entrevistadas encontram-se os moinhos para semirrígidos, que auxiliam na moagem dos resíduos, ao invés de apenas prensá-los. Em terceiro, encontram-se os moinhos de lavagem, seguidos pelas prensas-hidráulicas.

Por ser considerado de grande importância pelos centros, ao tratar o material comercializado, o moinho de lavagem também é usado para agregar mais valor ao resíduo. Além de limpar os materiais poliméricos, o mesmo inicia etapas de moagem prévias, diminuindo seu volume. Entretanto, a aquisição de um moinho de limpeza torna necessária a construção de uma área especial para receber e tratar a água utilizada no processo, o que significa a necessidade de maiores custos de implementação, além de determinadas licenças ambientais, conforme visto na COOLABORE de Campo Bom.

3.3 Conclusão do levantamento informacional com usuários

Através das informações e dos dados levantados nas visitas e entrevistas com os trabalhadores de Centros de Triagem, considerados os usuários do presente projeto, é possível afirmar que o equipamento considerado mais importante para o reprocessamento de resíduos poliméricos é o aglutinador. Esse é responsável por transformar a quase totalidade dos resíduos de embalagens de filmes poliméricos em *flakes*, incluindo os metalizados com alumínio. Ainda que eles não tenham suas impurezas removidas em um moinho de lavagem, o equipamento é responsável por alavancar o preço de venda do material em até 5 vezes. Além disto, o aglutinador torna o material mais atraente a empresas, aumentando o número de compradores que preferem resíduos com este tipo de processamento ao material apenas prensado.

4 ANÁLISE DE SIMILARES

Ambas as cooperativas visitadas reiteram a importância de se possuir um equipamento aglutinador para agregar mais valor ao resíduo polimérico, sobretudo se o Centro de Triagem que está iniciando com o beneficiamento de polímeros. Como a grande maioria de resíduos recebidos nestes centros são provenientes de embalagens sob a forma de filmes e semirrígidos, o foco da análise de similares será em equipamentos que processam este tipo de material.

No caso da COOLABORE, o aglutinador era de uma escala maior, com alta produtividade, conforme modelo utilizado indústria, visto na empresa ValimPlast. Nestes equipamentos, por lidar-se com altas pressões e mudanças bruscas de temperatura, era necessário um controle eletrônico da quantidade de material e água, utilizando-se de diversas válvulas de segurança para manter o equipamento funcionando.

Por sua vez, o equipamento utilizado na cooperativa de Dois Irmãos é muito mais simples. Como a produtividade é menor, a quantidade de insumo processado é, deste modo, reduzida, necessitando de um motor menos potente. Inclusive a água utilizada para a densificação do polímero é despejada manualmente, durante o choque térmico com a alta temperatura causada pelo atrito das lâminas. Isto comprova que mesmo um projeto simples pode levar a grandes resultados no beneficiamento de polímeros, agregando mais valor aos resíduos.

4.1 Análise de similares de função

4.1.1 SEIBT® – Máquinas Para Plásticos Ltda.

Para fins de conhecimento dos equipamentos utilizados para processamento de polímeros, foi conduzida uma visita técnica à SEIBT® – Máquinas para Plásticos Ltda., localizada no município de Nova Petrópolis, na serra gaúcha. Na empresa, pôde-se conhecer diferentes tipos de equipamentos de moagem de polímeros semirrígidos de alto torque e baixa velocidade, bem como sua mecânica básica de funcionamento, conforme mostra a Figura 16.

Figura 16 — SEIBT®: (A) indústria, (B) moinho, (C) lâminas e (D) acesso interno



FONTE: Autor (2014).

Os equipamentos da empresa possuem diversos perfis, desde voltados à alta produtividade, como máquinas para uso em pequenas recicladoras. Na planta da fábrica (Figura 16A), são produzidas e entregues todas as máquinas, com prazos que variam de 1 a 3 meses, dependendo da configuração. Para o processamento de polímeros semirrígidos, os equipamentos de entrada, como o moinho visto na Figura 16B, possuem uma produtividade que varia de 100 kg/h a 250 kg/h, com motores de 2 a 20 cv.

Na Figura 16C é possível ver o conjunto de lâminas giratórias que cortam os resíduos ao passarem pela lâmina fixa. As giratórias são divididas em pares e alinhadas com uma pequena inclinação no centro, para que o corte com a lâmina fixa seja dado de forma gradual. Estes

moinhos também possuem um compartimento de acesso interno, como visto na Figura 16D, para permitir a troca da peneira medidora, que regula o tamanho do material picotado.

Tanto os moinhos de entrada – de baixa rotação – quanto os de maior produtividade são focados para materiais semirrígidos, como aparas e rejeitos de peças poliméricas. Isto faz com que sua utilização seja limitada ao tipo de polímero em que se pode processar. Do mesmo modo, os modelos de aglutinadores da empresa são limitados a filmes, e possuem uma capacidade inicial de 150 kg/h, até 250 kg/h, com sistemas automáticos de injeção de água e controles pneumáticos.

Como a produtividade desejada para um Centro de Triagem de pequeno porte é dada através do uso de um aglutinador e de um moinho de facas, a aquisição de ambas as máquinas ocasionaria, obviamente, num custo maior à compra de somente um único produto. Isto reforça o fato de que uma integração entre os diferentes tipos de equipamentos traria muitos benefícios aos usuários. Com a visita, pôde-se entender melhor a mecânica das máquinas de processamento de polímeros, bem como delimitar que a facilidade de manutenção e utilização são um dos parâmetros mais importantes no projeto de um equipamento deste tipo.

Pelo fato de os resíduos sobre a forma de filmes não serem aproveitados pelos Centros de Triagem de Porto Alegre, a maior necessidade econômica e ambiental dá-se pelos aglutinadores, que contribuiriam para a mudança deste cenário. Neste sentido, foi conduzida uma pesquisa com aglutinadores similares presentes no mercado brasileiro.

4.1.2 Análise sincrônica de aglutinadores

Ao comparar com linhas completas de reciclagem de polímeros, os aglutinadores ganharam muita popularidade no comércio. Diversas empresas fabricam estes equipamentos no Brasil, variando de potência, capacidade produtiva, número de lâminas rotativas e fixas, além de suas dimensões e suporte. Deste modo, torna-se importante conhecer os principais tipos existentes, bem como suas características importantes e limitações. Neste sentido, o Quadro 4 mostra um comparativo detalhado com aglutinadores de 11 fabricantes brasileiros, com destaque ao aglutinador analisado na Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos. As imagens dos

equipamentos encontram-se no ANEXO I.

Quadro 4 — Análise sincrônica de aglutinadores.

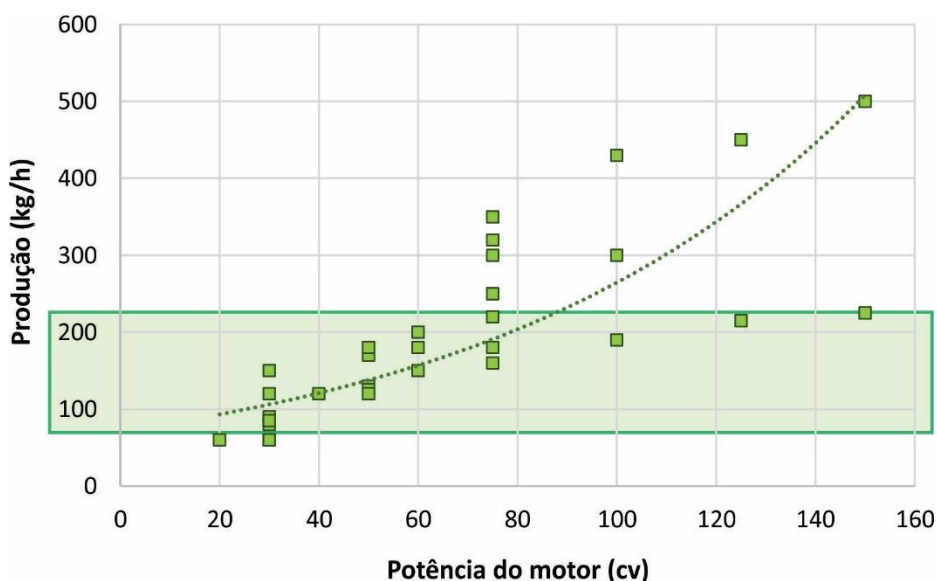
Fabricante	Modelos	Potência	Produção	Lâminas	Dimensões	Características
Ability	PMA-50	50 cv	130 kg/h	4 facas rotativas	D: 65 cm H: 70 cm	- Tambor em chapa 3/8";
	PMA-60	60 cv	150 kg/h		D: 75 cm H: 85 cm	- Capac. máx. 30 kg;
	PMA-75	75 cv	250 kg/h		D: 90 cm H: 100 cm	- Motor direto na hélice;
Gold Press	AG-30	30 cv	60 kg/h	Número de facas não informado Em aço temp. e revenido.	D: 60 cm H: 70 cm	- Instalado em plataforma;
	AG-50	50 cv	120 kg/h		D: 72 cm H: 90 cm	- Em aço carbono;
	AG-75	75 cv	180 kg/h		D: 82 cm H: 110 cm	
Kie	AK 45	20 cv	60 kg/h	2 facas rotativas 3 facas fixas	D: 45 cm	- Capac. de 15 a 60 kg;
	AK 60	30 cv	120 kg/h		D: 60 cm	- Motor direto na hélice;
	AK 70	50 cv	170 kg/h		D: 70 cm	- Aço carbono de 3/8";
	AK 75	75 cv	220 kg/h		D: 75 cm	- Exaustão por ventilador;
	AK 80	100 cv	300 kg/h		D: 80 cm	
	AK 90	125 cv	450 kg/h		D: 92 cm	
Lessa	AG-75	75 cv 1300 RPM	350 kg/h	4 facas rotativas 4 facas fixas	D: 90 cm H: 100 cm	- Aço carbono de 1/2";
	AG-100	100 cv 900 RPM	430 kg/h			- Redução direta;
Metalúrgica Wagner (Dois Irmãos)	AG-30	30 cv	90 kg/h	2 facas rotativas 4 facas fixas	D: 70 cm H: 85 cm	- Motor direto na hélice;
	AG-40	40 cv	120 kg/h			- Instalado em plataforma;
Plastimax	PMA- 30	30 cv	80 kg/h	Número de facas não informado	D: 70 cm H: 90 cm	- Estrutura com cantoneiras reforçadas;
	PMA-50	50 cv	180 kg/h		D: 80 cm H: 95 cm	
	PMA-60	60 cv	180 kg/h	Facas em aço com corte em dois sentidos	D: 85 cm H: 100 cm	- Motor direto na hélice;
	PMA-75	75 cv	320 kg/h		D: 90 cm H: 110 cm	

Premiata	PRM-30A	30 cv	85 kg/h	4 facas rotativas 2 facas fixas Facas em aço temp. e retificado	D: 70 cm H: 90 cm	- Instalado em plataforma; - Bandeja de alimentação com prolongamento lateral; - Motor direto na hélice;
	PRM-50A	50 cv	125 kg/h			
	PRM-75A	75 cv	160 kg/h			
	PRM-100A	100 cv	190 kg/h			
	PRM-125A	125 cv	215 kg/h			
	PRM-150A	150 cv	225 kg/h			
Primotécnica	APC 60	30 cv	60 kg/h	Número de facas não informado Facas fixas helicoidais circulando pelo tambor.	D: 60 cm H: 75 cm	- Motor direto na hélice; - Exaustão por ventilador;
	APC 150	50 cv	120 kg/h			
	APC 200	60 cv	200 kg/h			
	APC 300	75 cv	300 kg/h			
	APC 500	150 cv	500 kg/h			
RONE	A-6030	30 cv	-	2 facas rotativas Facas fixas helicoidais	D: 60 cm H: 80 cm	- Aço soldado; - Instalado em plataforma; - Motor direto na hélice; - Exaustão por ventilador;
	A-6040	40 cv				
	A-7050	50 cv				
	A-7060	60 cv				
	A-8075	75 cv				
	A-80100	100 cv				
	A-90150	150 cv				
SEIBT	AS-500	30 cv	150 kg/h	2 facas rotativas 2 facas fixas	-	- Instalado em plataforma; - Motor direto na hélice;
	AS-700	50 cv	180 kg/h			
	AS-900	75 cv	250 kg/h			
WG	WG-50	50 cv 1750 RPM	-	4 facas rotativas 4 facas fixas	D: 80 cm H: 100 cm	- Aço carbono com cantoneiras reforçadas; - Motor direto na hélice;
	WG-75	75 cv 1750 RPM				

FONTE: ABILITY (2014); GOLD PRESS (2014); KIE (2014); LESSA (2014); PLASTIMAX (2014); PREMIATA (2014); PRIMOTÉCNICA (2014); RONE (2014); SEIBT (2014); WG (2014).

Ao avaliar os similares de aglutinadores existentes no mercado brasileiro, pode-se afirmar que os motores variam de 20 a 150 cv, produzindo a uma taxa de 60 a 500 kg/h. Conforme avaliado, os Centros de Triagem de Porto Alegre processam cerca de 5 toneladas de resíduos poliméricos por mês, o que representa um volume semanal de 1,25 tonelada, e um diário de 250 kg, desconsiderando os finais de semana, quando a maioria dos centros não operam. Se a produção contasse com a quantidade de resíduos que são desperdiçados, o volume diário poderia aumentar para até 500 kg. Neste sentido, para os Centros de Triagem da capital utilizarem um equipamento aglutinador por 1 ou 2 horas por dia, seria necessária uma produtividade de 100 a 200 kg/h. Para analisar o efeito da potência do motor sobre a taxa de produtividade, a Figura 17 mostra a relação entre estas variáveis, com destaque para a região de interesse, de 100 a 200 kg/h.

Figura 17 — Relação entre Produção e Potência do motor dos aglutinadores similares



FONTE: Autor (2014).

Como pode ser visto na Figura 17, para a faixa de produção desejada, o ideal é trabalhar com motores entre 30 e 60 cv. Deste modo o Centro de Triagem poderia manter sua produtividade necessária com um gasto mínimo energético, além de possuir uma margem maior para o aumento da quantidade de resíduos processados. Quanto à relação do número de facas pela produtividade, pode-se verificar que a utilização de 4 unidades rotatórias proporciona uma produção média de 210 kg/h, cerca de 10% maior que a produção média de 192 kg/h, quando utilizadas máquinas com somente 2 unidades.

De acordo com informações levantadas na ValimPlast, foi verificado que, conforme diminui-se a potência da máquina, há um decréscimo ainda maior na produção. Esse efeito pode ser observado na linha de tendência no gráfico da Figura 17, na qual conforme aumenta-se a potência do motor, a produtividade cresce em uma taxa ainda maior. Isto ocasionaria num aumento excessivo de demanda energética para se obter uma mesma quantidade de material reciclado que um equipamento maior alcançaria.

Além disto, um dos grandes responsáveis por elevar o custo de venda de um equipamento como aglutinador ou moinho, independentemente de sua potência, é o motor e a quantidade de material utilizado em sua estrutura, como o aço das lâminas, do tambor e do suporte. Mesmo que sejam projetados equipamentos pequenos de reprocessamento, sua aquisição tenderia a ser cara devido à presença de motor e pela quantidade de material utilizada em sua fabricação.

4.1.3 Aglutinador da Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos

Visando identificar pontos positivos e problemas de reprocessamento foi realizada uma visita técnica de dois dias na Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos. Os equipamentos aglutinadores do Centro possuem um grande significado aos cooperados. Além da forma de sustento, de transformação de resíduo em renda, os mesmos estão presentes há 15 anos no local. Eles são da marca Metalúrgica Wagner, com potências de 30 cv e 40 cv. O aglutinador analisado foi o de 40 cv, o mais utilizado pela Cooperativa. Ambos possuem motores da marca WEG, modelo W22 Plus, sem redução mecânica, conectados diretamente às 2 facas rotativas. O motor do aglutinador avaliado é trifásico, operando à velocidade de 1765 RPM. A Figura 18 mostra o processo a bateladas de aglutinação dos resíduos poliméricos na Cooperativa.

Figura 18 — Aglutinador analisado: (A) alimentação, (B) água, (C) saída e (D) motor

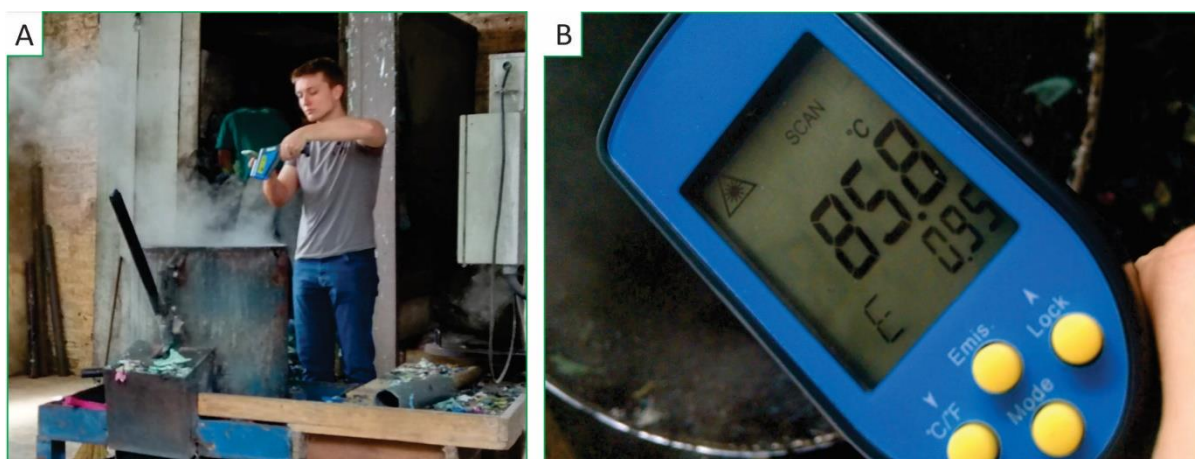


FONTE: Autor (2014).

O diâmetro do tambor é de 70 cm, possuindo 4 facas fixas. Inicialmente, os resíduos de filmes são alimentados na parte superior do tambor (Figura 18A) diretamente sobre as lâminas, aproveitando-se da gravidade para força-las para baixo. Quando o resíduo começa a amolecer devido à alta temperatura do atrito com as facas, tomando um aspecto mais homogêneo, é adicionada água manualmente a temperatura ambiente (Figura 18B), para o resfriamento repentino, o que pode acarretar em queimaduras pelo vapor. O processo é repetido mais uma ou duas vezes, dependendo do material, para que os *flakes* fiquem no tamanho desejado. A quantidade utilizada, no total, por batelada varia de 0,5 a 1 litro. Após o término, o material é removido através de uma saída localizada na parte inferior do tambor (Figura 18C). O motor do aglutinador (Figura 18D), da marca WEG de 40 cv, fica localizado na parte inferior da estrutura suporte, sendo conectado diretamente às facas, o que, segundo a Cooperativa, fez com que o mesmo fosse mais suscetível a quebras, devido à sobrecarga.

Durante a análise do funcionamento do equipamento, foi utilizado um termômetro digital infravermelho para levantamento das temperaturas durante o reprocessamento dos filmes poliméricos, cujo processo e imagem da medição pode ser visto na Figura 19. A medição foi realizada com a mira dentro do aglutinador (Figura 19A). Após cerca de 3 a 5 minutos do material ser despejado sobre as facas, a temperatura subia rapidamente para cerca de 85°C (Figura 19B), precisando se manter inferior à de fusão do material, para que não ocorra degradação do mesmo. Esta temperatura torna a superfície do tambor muito quente, podendo ocasionar queimaduras, conforme relatado na Cooperativa.

Figura 19 — Temperatura do aglutinador: (A) medição e (B) resultado



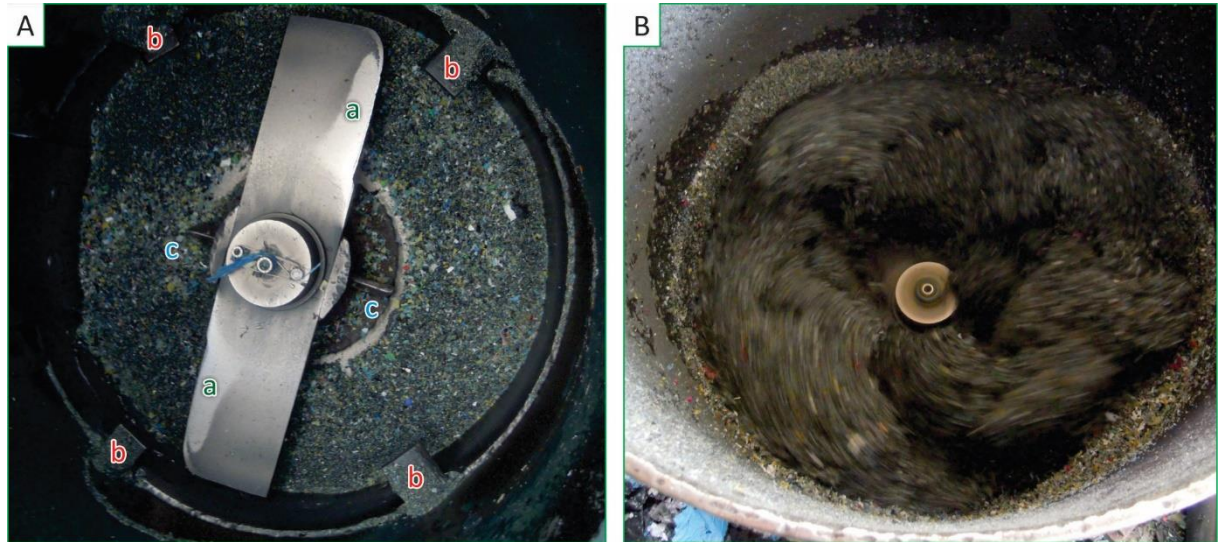
FONTE: Autor (2014).

Com o calor, o polímero começa a se transformar em uma massa com aspecto emborrachado que segundo relatado no Centro de Triagem, tende a sobrecarregar o motor, podendo levá-lo a estragar. Para evitar isto, é adicionada a água que irá reduzir a temperatura do material para menos de 50°C em alguns segundos, liberando grande quantidade de vapor. Com o choque térmico o material é encolhido e, portanto, densificado, sendo transformado em *flakes*, encerrando o processo.

A Figura 20 mostra o funcionamento das facas do aglutinador avaliado, correspondendo aos detalhes dos 3 conjuntos de lâminas (Figura 20A, - detalhes a, b e c). As facas rotativas (a) são as responsáveis por cortar o material. As fixas (b), na base do tambor, auxiliam no cisalhamento junto das rotativas. As transversais (c) servem para erguer o material localizado mais próximo ao eixo, evitando que fique sem ser processado. A Figura 20B mostra o conjunto das

lâminas em funcionamento.

Figura 20 — Conjunto de facas do aglutinador: (A) parado e (B) funcionamento



FONTE: Autor (2014).

Seguindo o padrão dos modelos de aglutinadores de mesma potência, analisados no Quadro 4, o modelo da Metalúrgica Wagner da Cooperativa de Dois Irmãos, possui um tambor com 70 cm de diâmetro e 85 cm de altura até sua base da estrutura. Esta altura está de acordo com IIDA (2005), que afirma que para trabalhos pesados em pé, a superfície superior precisa encontrar-se de 75 a 90 cm do apoio do trabalhador. Com relação ao alcance da mão, em pé, o centro do tambor avaliado também encontra-se dentro do limite de 60 cm (IIDA, 2005). Por possuir motor na parte inferior, ligado diretamente às facas, ele possui uma estrutura para erguê-lo cerca de 60 cm do chão onde está instalada.

Dentre os problemas relatados pelos usuários da Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos, encontram-se a dificuldade de remoção das lâminas para afiá-las semanalmente, bem como a necessidade de utilizar uma ferramenta para socar o resíduo enquanto ele é processado. Isto porque quando o material é aquecido ele acaba grudando, permanecendo unido sobre a ação das lâminas, cobrindo-as. Assim, é preciso empurrar o material aglutinado para de encontro às facas para poder dar continuidade ao processamento, o que pode trazer sérios riscos à segurança do operador.

Além do rendimento do equipamento aglutinador avaliado, a Cooperativa dos Catadores de Dois Irmãos afirmou que seu moinho para semirrígidos funciona sobre um motor de 20 cv, proporcionando um rendimento aproximado de 180 kg/h, enquanto que o aglutinador de 40 cv produz apenas 120 kg/h. Isto corresponde a taxa de rendimento por potência do moinho 3 vezes maior que o de um aglutinador, logo para um mesmo volume de resíduos, é necessário um motor 3 vezes mais potente para um aglutinador. O princípio de funcionamento do moinho da Cooperativa é idêntico ao moinho estudado na SEIBT® Ltda., no qual um conjunto de 4 lâminas paralelas longitudinais rotacionam, cisalhando o material ao contato com lâminas fixas. Entretanto, para verificação da aplicação de funcionamento de um moinho, foi necessária uma visita técnica ao LACOR/UFRGS.

4.1.4 Moinho do Laboratório de Corrosão, Proteção e Reciclagem de Materiais

Para análise mais profunda do funcionamento mecânico de um moinho para semirrígidos, foi conduzida uma análise do equipamento localizado no LACOR – Laboratório de Corrosão, Proteção e Reciclagem de Materiais, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Figura 21). Sua alimentação é na parte superior (Figura 21A), onde aproveita a ação da gravidade para mover suas lâminas paralelas (Figura 21C). O equipamento também possui motor da marca WEG, com potência de 5 cv, e 1710 RPM de rotação, mas com um sistema de redução mecânica (Figura 21B), o qual diminui a velocidade de funcionamento para cerca de 800 RPM, aumentando seu torque.

Foi realizado um ensaio com garrafas de HDPE, mas o equipamento encontrou muita dificuldade na moagem do material (Figura 21D). O mesmo não conseguiu moer o material por ser muito dúctil, com as facas apenas amassando e rasgando o material. Este efeito poderia ser reduzido com um moinho que operasse em velocidades maiores e com um conjunto de lâminas mais eficiente, conforme comentado no LACOR/UFRGS. As medições realizadas com um termômetro infravermelho não apresentaram alterações significativas.

Figura 21 — Moinho do LACOR: (A) alimentação, (B) redução, (C) lâminas e (D) moagem



FONTE: Autor (2014).

O sistema de alimentação do moinho, como visto no LACOR/UFRGS e na SEIBT® é perpendicular à ação das lâminas. Uma peneira na parte inferior das mesmas limita o tamanho da granulometria a ser moída, fazendo com que o material continue sendo cortado pelas facas até atingir o tamanho desejado. O acesso para as facas é difícil, necessitando a remoção de diversos parafusos para acesso aos mancais de rolamento, bem como para afiá-las. Isto mostra um projeto de um moinho carente de aprimoramentos de facilidade de moagem. O ensaio apontou que para a moagem de materiais semirrígidos, é necessário a operação com velocidades mais altas, com pouca redução mecânica aplicada no motor. Deste modo é possível traçar um comparativo entre os dois tipos de equipamento avaliados: aglutinador e moinho.

4.1.5 Comparativo dos equipamentos: aglutinador e moinho

Como visto nas análises, o equipamento com maior demanda energética, considerando o nível de produção de cerca de 250 kg diários de um Centro de Triagem, é o aglutinador. O equipamento precisa funcionar sobre altas velocidades para aquecer suficientemente o material polimérico em filme e permitir o choque térmico com água, quando resfriado. Para fins de potência, conforme os valores estudados, é necessário um motor de 30 a 60 cv, operando em cerca de 1700 RPM em um aglutinador, para atingir a produção diária.

Conforme levantamento na Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos, o motor necessário para fornecer o mesmo rendimento em um moinho possuiria cerca de um terço da potência de um aglutinador. O ensaio realizado no LACOR mostrou que o sistema de lâminas paralelas ao eixo mostrou-se ineficiente para semirrígidos. O resumo comparativo das características do aglutinador e do moinho, conforme o cenário avaliado, é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 — Comparativo entre características do aglutinador e do moinho

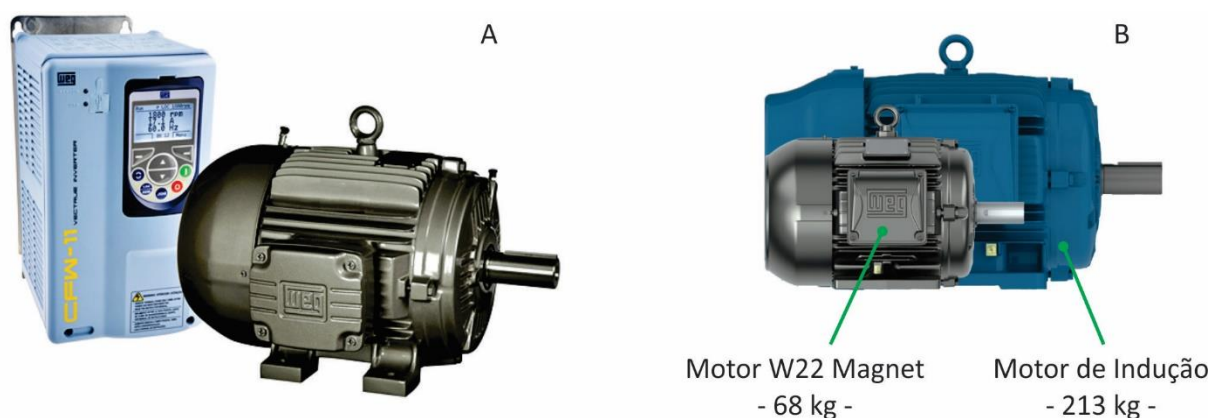
Característica	Aglutinador	Moinho
Alimentação	Superior	Superior
Aproveitamento da gravidade	Lâminas na base	Peneira na base
Aquecimento do material	Sim	Não
Direção do movimento	Vertical	Horizontal
Elementos mecânicos	Simples	Complexos
Manutenção facilitada	Sim	Não
Material reprocessado	Filmes	Semirrígidos
Método de processamento	Alta velocidade, por calor	Baixa velocidade
Peneira	Não	Sim
Potência requerida	De 30 a 60 cv	De 10 a 20 cv
Redutor de velocidade	Sim	Não
Resfriamento a água	Sim	Não
Segurança ao utilizar	Não	Não
Sistema de facas fixas	Base do tambor	Lateral do tambor
Sistema de facas rotativas	Transversais ao eixo	Paralelas ao eixo

FONTE: Autor (2014).

As informações levantadas e apresentados na Tabela 2 mostram que ainda que o sistema mecânico, o funcionamento e a manutenção de um moinho sejam muito mais complexos, seu sistema propulsor é muito menos potente que o de um aglutinador. Ambos se aproveitam da gravidade de diferentes formas: o aglutinador para forçar os filmes em direção às facas, e o moinho, em direção à peneira. Isto faz com que os mesmos possuam dois modos de operação, vertical e horizontal. Entretanto, o sistema de moagem vertical do aglutinador mostrou-se mais eficiente e a atuação da gravidade mais bem aproveitada, uma vez que no moinho o material fica sendo constantemente jogado para os lados. Isto mostra que, apesar de necessitar de um motor com mais potência, o sistema vertical do aglutinador é mais eficiente no processo, justificando a preferência dos Centros de Triagem por este tipo de equipamento, conforme mostrado na pesquisa com os usuários.

Com estes dados, é possível concluir que, para uma mesma produtividade, um aglutinador precisa de um motor com o triplo de potência que um moinho. A utilização de um motor trifásico por indução comum faria com que fosse necessária a aplicação de um sistema de redução mecânica, conforme visto no LACOR/UFRGS. Entretanto, ao ser consultada, a fabricante dos motores avaliados WEG (2014) afirma que, para o cenário informado, é possível a utilização do motor W22 Magnet, com rotores de ímãs permanentes, chamados de ímãs de Terras Raras, uma combinação de neodímio, ferro e boro (NdFeB). O motor pode ser visto na Figura 22.

Figura 22 — Motor W22 Magnet: (A) inversor de frequência e (B) comparativo de volume



FONTE: WEG (2014).

O motor por indução funciona em conjunto com um inversor de frequência (Figura 22A), equipamento capaz de alterar a velocidade de funcionamento de modo preciso e eletrônico, mantendo o torque constante. Para efeito comparativo, na Figura 22B é possível ver a diferença de volume do motor W22 Magnet com um similar de indução. Ao simular a aplicação de um motor com 40 cv de potência, o W22 Magnet possui 68 kg, contra os 213 kg do motor por indução, além de um volume 66% menor e uma eficiência energética muito maior (WEG, 2014).

O conjunto do motor magnético com inversor de frequência de 1800 RPM permite ter sua velocidade reduzida eletronicamente, sem perda de desempenho. Este conjunto de motor com inversor de frequência permitiria a aplicação direta em um equipamento de processamento de polímeros com diferentes modos de funcionamento. Quando necessária a aplicação

de velocidades maiores ou menores, um simples ajuste no inversor permitiria a troca da velocidade do motor, sem a necessidade da utilização de redutores mecânicos (WEG, 2014).

Com a possibilidade de utilização de um único motor magnético para operação em duas funções, aglutinador e moinho, parte-se para o aprimoramento da configuração do tambor e das facas, para adaptar-se aos materiais. Conforme verificado, não há uma necessidade específica do moinho de semirrígidos funcionar horizontalmente. Esta disposição dá-se principalmente em função do equipamento ser alimentado de forma transversal à ação das lâminas e de as mesmas aproveitarem da gravidade para saírem pela peneira, na parte inferior.

Se mesmo com esta configuração, a disposição das lâminas em relação à alimentação e à peneira não se mostrou eficiente, é possível realizar uma análise de similares de conceito para verificação de outras possibilidades de configuração. Deste modo, novos sistemas e métodos de moagem podem aproveitar-se de similares de outras indústrias para aprimorar seu funcionamento, conforme a metodologia seguida.

4.2 Análise de similares de conceito

Considerando a capacidade de processar materiais em recipientes confinados, com segurança, controle e facilidade de uso, existem uma variedade de soluções existentes que possam contribuir para desenvolvimento criativo deste projeto. Conforme a metodologia seguida, pretende-se nesta etapa analisar similares de conceito, os quais compartilhem de alguns princípios de funcionamento que podem ser empregados na geração de alternativas para um equipamento de reprocessamento de polímeros.

4.2.1 Moedores e trituradores

4.2.1.1 *Ninja® Kitchen Blender*

O processador de alimentos da Ninja® Kitchen (Figura 23) possui um suporte em suas lâminas para o encaixe de dispositivos adicionais (Figura 23A). Cada ferramenta auxiliar conectada tem

um propósito específico, dependendo do tipo de alimento que se pretende processar. Dentre os tipos de facas, encontra-se o de facas em dois estágios (Figura 23B), o qual dois conjuntos paralelos de lâminas processam o material, fazendo com que um volume muito maior de alimento aproveite a potência do motor.

Figura 23 — Similar de conceito 1: Ninja® Kitchen Blender



FONTE: Adaptado de NINJA KITCHEN (2014).

O princípio conceitual de modularidade nas trocas de lâminas poderia ser empregado para proporcionar múltiplos tipos de processamento de polímeros. Além disso, o funcionamento das lâminas em dois estágios proporciona uma moagem mais eficiente, aproveitando mais o espaço do copo do liquidificador.

4.2.1.2 Baratza® Conical Burr Coffee Grinder

O moedor de café da Baratza® (Figura 24) utiliza um sistema alternativo ao de lâminas para o processamento dos grãos. Em seu eixo está acoplado uma peça estrelar (Figura 24B) em formato helicoidal, a qual é rotacionada pressionando, gradativamente, o café contra seu recipiente cônico. Conforme o material vai ficando mais fino, ele vai se aproximando mais da base do sistema moedor, diminuindo o espaço entre a peça de moagem e seu recipiente. Este ainda

possui uma série de dentes, também movimentados de modo helicoidal, no sentido oposto, para que o cisalhamento ocorra. Por fim, o produto moído pode ser removido do equipamento através da pressão de um botão frontal (Figura 24A), que libera o conteúdo.

Figura 24 — Similar de conceito 2: Baratza® Conical Burr Coffee Grinder



FONTE: Adaptado de BARATZA (2014).

O funcionamento diferenciado do moedor de café com lâmina extrusada em formato de estrela para objetos mais rígidos pode servir como inspiração para o sistema de facas. A superfície cônica e espiral do suporte dos grãos tem o objetivo de aumentar gradativamente a área de contato entre o café e as lâminas.

4.2.1.3 *Microplane® Herb Mill*

Para o processamento de alimentos com menor rigidez, como ervas, é necessário a utilização de configurações específicas de lâminas. O moedor de ervas da Microplane® (Figura 25), faz uso de 2 conjuntos de lâminas em formato de um disco, com cortes internos em formato de espirais dentadas (Figura 25A). Um dos conjuntos permanece fixo enquanto o outro é rotacionado manualmente por um sistema que, ao mesmo tempo, empurra as ervas (Figura 25B).

Figura 25 — Similar de conceito 3: Microplane® Herb Mill



FONTE: Adaptado de MICROPLANE (2014).

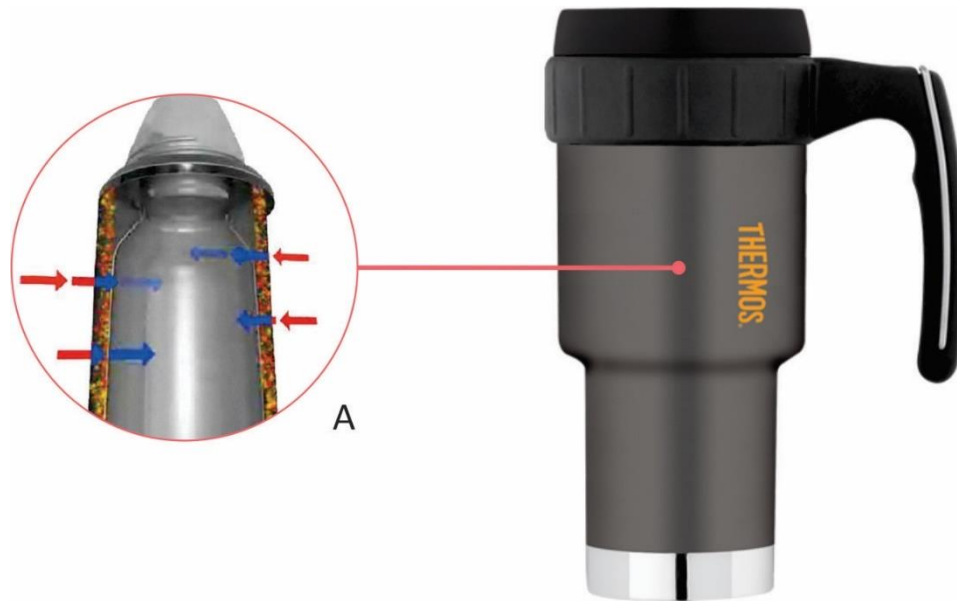
Assim, o processamento folhas com baixa rigidez se dá por inúmeras lâminas que vão cisa-lhando o material simultaneamente, enquanto é compactado manualmente pelo êmbolo. A diferente disposição das lâminas é um diferencial do produto, sendo empregada para cisalhar, com eficiência, produtos finos, leves e de menor rigidez. Esta disposição poderia ser empre-gada para um novo conjunto de facas no equipamento, para melhor moer os resíduos.

4.2.2 Isolantes térmicos

4.2.2.1 Thermos® Insulated Travel Mug

A caneca de viagem da Thermos® (Figura 26) possui um revestimento mais barato que o de vácuo utilizado em outros modelos de térmicas. Entre suas paredes de aço inox, existe uma espuma de PU - Poliuretano (Figura 26A), capaz de resistir a temperaturas superiores a 110°C. Seu desempenho não é superior a sistemas a vácuo, entretanto seu preço é muito inferior, permitindo a aplicação em estruturas maiores, com uma área a ser isolada de dimensões muito superiores.

Figura 26 — Similar de conceito 4: Thermos® Insulated Travel Mug



FONTE: Adaptado de THERMOS (2014).

O sistema de isolamento entre superfícies metálicas da caneca de viagem, através da adição de uma camada de espuma de poliuretano é uma opção viável e eficiente para utilização em dimensões maiores. Como as temperaturas lidadas no processamento de polímeros são menores que as suportadas pelo poliuretano, este seria um material com grande potencial para isolamento térmico.

4.2.2.2 Bolsa térmica BEL FIX®

A bolsa térmica da BEL FIX®, vista na Figura 27, possui um sistema de baixo custo de isolamento térmico. A propriedade isolante é dada através da espuma de EPE – Polietileno expandido – que promove proteção contra perda ou ganho de temperatura, em virtude da grande presença de poros com a presença de ar, que é um condutor térmico ruim. O revestimento externo é de poliéster e o interno é de PVC (Figura 27A), que fica em contato com o alimento.

Este sistema de isolamento pode ser considerado devido ao seu baixo custo e de maleabilidade, o qual permite ser adicionado a estruturas de diferentes formatos sem comprometer suas propriedades. Da mesma forma que o poliuretano, o EPE possui uma resistência térmica

superior à temperatura de reprocessamento de polímeros, tornando-o outro candidato a material de isolamento para o projeto.

Figura 27 — Similar de conceito 5: Bolsa térmica BEL FIX®



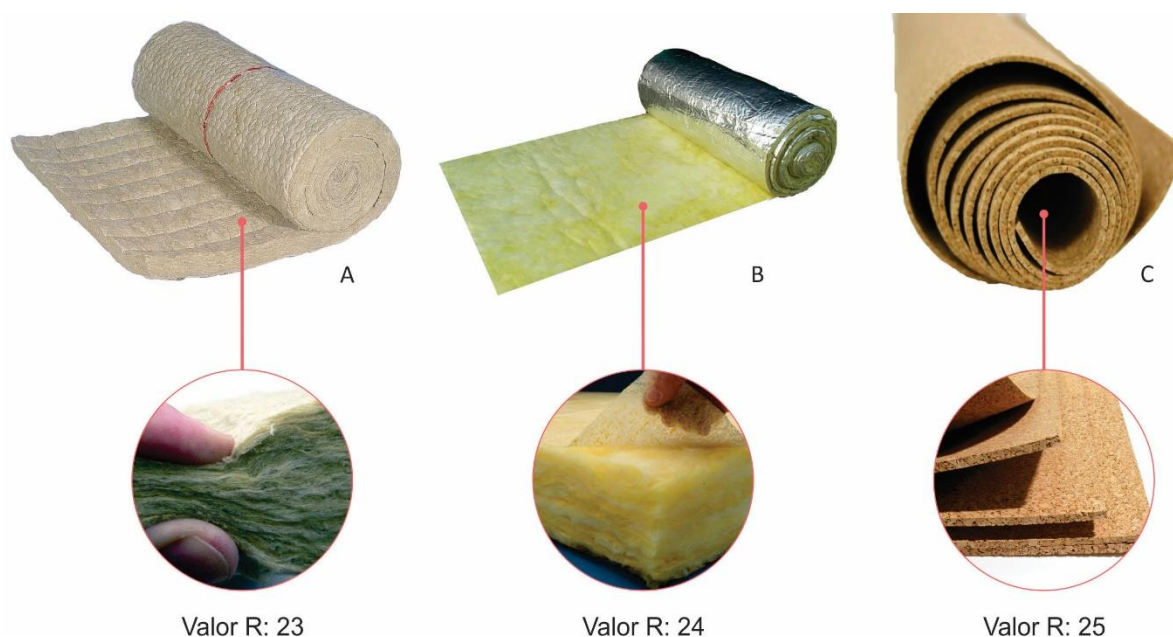
FONTE: Adaptado de BEL FIX (2015).

4.2.2.3 *Materiais para isolamento térmico*

Além dos materiais poliméricos expandidos, como espumas de poliuretano, polietileno e poliestireno, é possível utilizar determinadas versões de materiais naturais ou utilizados em demais indústrias. Alguns materiais utilizados pela construção civil possuem boas propriedades de isolamento térmico, tais como a lã de rocha, a fibra de vidro e a cortiça, como podem ser vistos na Figura 28. Estes materiais podem ser encontrados sobre diversas formas, como mantas, painéis ou como enchimento solto e cada um apresenta desempenhos diferentes (LECHNER, 2014).

Segundo LECHNER (2014), diversas formas podem ser utilizadas para determinação das propriedades isolantes de materiais, conforme suas aplicações práticas. Na indústria da construção civil, é comum o uso do chamado Valor R, uma medida de resistência térmica, definida pela diferença de temperatura entre um isolante e um fluxo de calor. Em unidade do SI, é apresentada por $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$ (LECHNER, 2014). Desse modo, quanto maior for o Valor R, mais alta é a capacidade do material de isolamento térmico.

Figura 28 — Materiais para isolamento térmico e respectivo Valor R



FONTE: Adaptado de LECHNER (2014).

Na Figura 28 é possível encontrar o Valor R da lã de rocha (Figura 28A) igual a 23; da fibra de vidro (Figura 28B), igual a 24; e da cortiça (Figura 28C), igual a 25, de acordo com LECHNER (2014). A lã de rocha é feita com fibras da rocha vulcânica diábase, na qual é adicionada resina aglutinante e posteriormente prensada em formas específicas ou produzida em mantas. A fibra de vidro é fabricada através da aglomeração de pequenos filamentos de vidros de sílica, que tomam a forma desejada quando resfriam. Já a cortiça é um material natural retirado da casca dos sobreiros, cultivada na Europa. Após moagem grossa ou fina do material, ele é comprimido com aglutinantes poliméricos, fazendo com que possa ser conformado da maneira desejada (LECHNER, 2014). Nesse sentido, ambos os materiais são considerados alternativas interessantes às opções poliméricas, para aplicação no presente projeto. De modo que podem ser fabricados sobre diferentes formatos e inseridos no tambor de processamento para evitar a condução térmica em excesso.

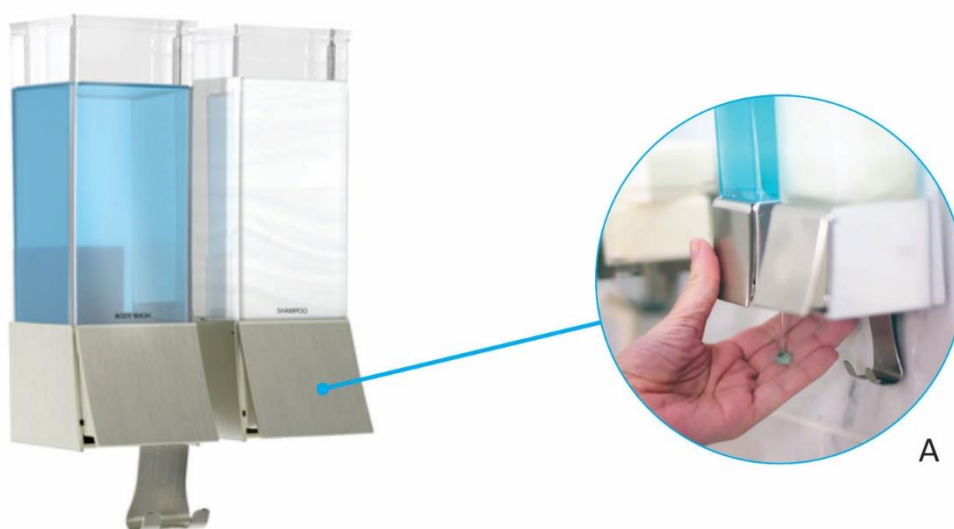
4.2.3 Dispensadores de água

4.2.3.1 *Better Living™ LINEA Shower Dispenser*

O recipiente com dispensador para banho da Better Living™, visto na Figura 29, possui versões

com um, dois ou três compartimentos isolados. Nos recipientes é possível colocar shampoo, condicionador e sabonete líquido previamente para utilização durante o banho, armazenando uma grande quantidade. O conjunto é fixado na parede, contendo botões isolados para pressionamento manual, a fim de liberar os produtos de higiene, conforme o detalhe presente na Figura 29A. Deste modo, o usuário pode ter o recebimento de quantidades precisas dos líquidos, sem a necessidade de pressionar a embalagem.

Figura 29 — Similar de conceito 6: Better Living™ LINEA Shower Dispenser



FONTE: Adaptado de BETTER LIVING (2014).

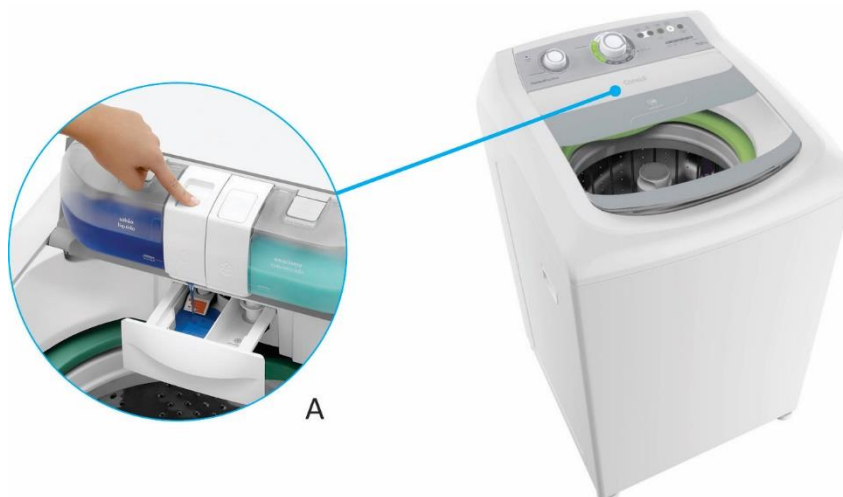
Este sistema simples de ejeção de líquidos poderia ser empregado para facilitar o processo de despejo de água nos aglutinadores a uma distância segura. Deste modo, o processo proporcionaria uma segurança maior ao operador, uma vez que, ao despejar a água no polímero em alta temperatura, uma grande quantidade de vapor é exalada, podendo levar a queimaduras.

4.2.3.2 Lavadora de Roupas Facilite Estoque Fácil Consul®

A lavadora de roupas Facilite Estoque Fácil da Consul® (Figura 30) é equipada com dois recipientes para estoque de produtos de limpeza, como sabão líquido e amaciante. O usuário abastece estes recipientes e utiliza um botão de liberação (Figura 30) no momento de utilizar o equipamento. Este botão despeja uma quantidade fixa de produto de limpeza na gaveta da lavadora, de modo a ser utilizada durante a lavagem, podendo ser pressionado mais de uma

vez, conforme a quantidade de roupa.

Figura 30 — Similar de conceito 7: Lavadora de Roupas Facilite Estoque Fácil Consul®



FONTE: Adaptado de CONSUL (2015).

Este conceito de botão simples para despejo de quantidade pré-determinada pode ser empregado no presente projeto, da mesma forma que o dispensador visto no similar anterior. Assim o usuário de um equipamento de moagem de polímeros poderia despejar uma quantidade específica de água diretamente no tambor, a uma distância segura e, portanto, sem riscos de queimaduras pelo vapor de água.

4.3 Conclusão da análise dos similares

A proposta visaria ao público-alvo de Centros de Triagem de Porto Alegre, os quais precisam processar todo o tipo de resíduos poliméricos – filmes e semirrígidos –, mas que, ao mesmo tempo, não possuem recursos suficientes para adquirir dois equipamentos individuais de moagem. A pesquisa verificou que o estado da arte dos equipamentos de reciclagem de polímeros é focado unicamente para um tipo de resíduo, havendo a necessidade de aquisição de diferentes máquinas. Assim, pode-se levantar a possibilidade do desenvolvimento de um equipamento que se aproveite de um único motor e estrutura, com mais de uma configuração de funcionamento.

Com base nas informações fornecidas pela empresa prestadora de serviços de reciclagem de

polímeros ValimPlast e pela fabricante de máquinas de reciclagem SEIBT®, foi verificado que a possibilidade de utilização simultânea de diversos pequenos equipamentos seria inviável economicamente. Ainda que a segurança de um sistema modular seja interessante do ponto de vista projetual – em virtude de que, na eventual falha de uma das microunidades, a perda da produtividade do conjunto seria muito pequena em comparação com a falha de uma única macrounidade existente – seu consumo energético, seu custo de fabricação e de manutenção seriam muito elevados.

Os produtos similares de conceito apresentam propostas diferentes de forma e estilo de processamento, com moedores de diversas configurações. Além disto, diferentes sistemas de corte, isolamento térmico, e dispensadores de água poderiam ser incorporados no presente projeto, com o objetivo de tornar o equipamento mais seguro, eficiente e prático.

Com a conclusão do levantamento informacional, técnico e conceitual, segundo a metodologia proposta, é possível contextualizar as necessidades dos Centros de Triagem de Porto Alegre, frente aos tipos de resíduos encontrados e equipamentos operados. Dentre os principais tópicos abordados na análise, referentes aos problemas e oportunidades técnicas encontrados, é possível citar:

- Os equipamentos de reprocessamento de polímeros existentes funcionam com somente um tipo de resíduo cada;
- Existe uma relação crescente entre a potência do motor do equipamento de processamento e a sua produção, em kg/h;
- Considerando produções de 100 a 250 kg/h, conforme a demanda dos Centros de Triagem de Porto Alegre, os motores utilizados em moinhos, para semirrígidos, precisam possuir de 10 a 20 cv, enquanto os utilizados em aglutinadores, precisam de 30 a 60 cv;
- Os aglutinadores funcionam sobre alta velocidade, já os moinhos trabalham com torque mais elevado;
- A utilização de 4 facas rotatórias mostrou-se 10% mais eficiente, em termos de produtividade, em comparação ao de 2;
- O método de jogar água manualmente no aglutinador aumenta o risco de queimaduras causadas pelo vapor;

- O sistema de moagem de semirrígidos na horizontal mostrou-se menos eficiente que o de moagem de filmes na vertical;
- O acesso ao eixo e às facas é muito mais facilitado no aglutinado que no moinho;
- Os similares mostraram que novas configurações de conjuntos de facas e tambores podem proporcionar um aumento no desempenho da moagem;
- A utilização de motores conectados diretamente ao conjunto de facas apresenta um sistema mais simples, porém mais sujeito a falhas;
- A versatilidade e usabilidade múltipla dos similares surge como um conceito diferenciado para aplicação em moagem de resíduos poliméricos;
- Diferentes materiais de isolamento podem ser empregados no tambor para prevenir queimaduras causadas pelo calor do reprocessamento;
- É possível a utilização de um único motor elétrico trifásico magnético para operar em diferentes velocidades, sem a necessidade de um redutor mecânico;

5 REQUISITOS DE PROJETO

5.1 Requisitos dos usuários

Após o levantamento do perfil de demanda dos Centros de Triagem de Porto Alegre, bem como dos dados técnicos, sobre o funcionamento, limitações e problemas de aglutinadores, é possível definir que o projeto envolve o conceito de um equipamento de reprocessamento de polímeros de baixa produção e fácil utilização. Devido à presença de diferentes tipos de resíduos poliméricos encontrados em Centros de Triagem, há a necessidade de que o projeto satisfaça o reprocessamento de filmes e semirrígidos, para se adequar ao cenário dos usuários. Assim, o conceito do produto, partindo das necessidades do usuário, compreende a lista de itens a seguir:

- Aumentar o valor agregado dos resíduos plásticos, através do beneficiamento;
- Corresponder à demanda diária de Centros de Triagem de Porto Alegre;
- Apresentar baixa complexidade de uso e manutenção;
- Oferecer segurança no reprocessamento dos polímeros;
- Ocupar pouco espaço físico;
- Oferecer facilidade para amolar as facas;
- Possuir um consumo energético não superior ao necessário pela demanda;
- Permitir a moagem de diferentes tipos de resíduos;
- Ser resistente à degradação química e mecânica causada pelo reprocessamento;
- Oferecer potência necessária para materiais semirrígidos e filmes;
- Facilitar o manuseio dos *flakes* do aglutinador para a embalagem de transporte;
- Melhorar o processo de empurrar os resíduos contra as facas;
- Minimizar o aquecimento do tambor para proteção do usuário;
- Utilizar uma composição de facas eficiente;
- Evitar queimaduras com o vapor da água despejada.

5.2 Conversão dos requisitos dos usuários para orientações de projeto

Segundo BAXTER (2000) para determinação dos objetivos técnicos de um projeto, é necessário

realizar a conversão das necessidades do usuário em requisitos de projeto. A definição destas especificações é essencial para o controle da qualidade do projeto, com a dupla função de direcionar e filtrar o desenvolvimento. Neste sentido, ao preparar os requisitos do projeto, é necessário obter um equilíbrio entre as necessidades dos usuários e os objetivos técnicos do produto, de modo que esta conversão seja feita com a correta interpretação do cenário dos usuários, os Centros de Triagem (BAXTER, 2000).

BACK *et al.* (2008) afirmam que os requisitos dos usuários precisam ser traduzidas para uma linguagem mais compacta, apropriada ao desenvolvimento de produtos. Deste modo, o Quadro 5 mostra a conversão dos requisitos do levantamento informacional para as orientações gerais de projeto, que irão balizar o desenvolvimento do produto.

Quadro 5 — Conversão dos requisitos dos usuários em orientações de projeto

REQUISITOS DOS USUÁRIOS	Orientações gerais para o projeto
Aumentar o valor agregado dos resíduos plásticos, através do beneficiamento;	- Reprocessar resíduos poliméricos;
Corresponder à demanda diária de Centros de Triagem de Porto Alegre;	- Produção de 250 a 500 kg de resíduos por dia;
Apresentar baixa complexidade de uso e manutenção;	- Sistema de desmontagem de fácil operação; - Produto com manufatura facilitada;
Oferecer segurança no reprocessamento dos polímeros;	- Sistema de desligamento de emergência; - Proteção ao acesso às facas durante o uso;
Ocupar pouco espaço físico;	- Dimensões minimizadas;
Oferecer facilidade para amolar as facas;	- Sistema simples de troca de conjuntos de facas;
Possuir um consumo energético não superior ao necessário pela demanda;	- Utilizar motores de 30 a 60 cv;
Permitir a moagem de diferentes tipos de resíduos;	- Modos de operação de resíduos semirrígidos e filmes;
Ser resistente à degradação química e mecânica causada pelo reprocessamento;	- Materiais com tratamentos superficiais;
Oferecer potência necessária para materiais semirrígidos e filmes;	- Utilizar motor de múltiplas velocidades;
Facilitar o manuseio dos <i>flakes</i> do aglutinador para a embalagem de transporte;	- Sistema de remoção dos resíduos de fácil operação;
Melhorar o processo de empurrar os resíduos contra as facas;	- Sistema automático para posicionar os resíduos;
Minimizar o aquecimento do tambor para proteção do usuário;	- Isolamento térmico externo;
Utilizar uma composição de facas eficiente;	- Conjuntos com mais facas;
Evitar queimaduras com o vapor da água despejada;	- Melhorar o sistema de despejo de água;

FONTE: Autor (2014)

BACK *et al.* (2008) afirmam que do ponto de vista dos usuários, todas as necessidades apontadas são igualmente importantes. Entretanto, esta importância torna-se relativa do ponto de vista projetual à medida em que são comparadas umas com as outras. Neste sentido, foi utilizado um Diagrama de Mudge para elencar os principais requisitos de projeto, a serem utilizados no desenvolvimento do projeto. O Diagrama pode ser visualizado no APÊNDICE A.

O Diagrama de Mudge correlaciona os requisitos do projeto entre si, de modo a avaliá-los quanto ao grau de importância relativa. Deste modo, é atribuído o valor de 5, para o item mais importante, 3 para importância igual e 1 para o de menor importância. Após isto, os valores são somados e organizados conforme a pontuação, em ordem decrescente. Deste modo, os requisitos de projeto, conforme o percentual de importância, estão ordenados abaixo.

- Reprocessar resíduos poliméricos;
- Proteção ao acesso às facas durante o uso;
- Produto com manufatura facilitada;
- Sistema de desligamento de emergência;
- Melhorar o sistema de despejo de água;
- Modos de operação de resíduos semirrígidos e filmes;
- Utilizar motor com múltiplas velocidades;
- Isolamento térmico externo;
- Sistema automático para posicionar os resíduos;
- Utilizar motores de 30 a 60 cv;
- Produção de 250 a 500 kg de resíduos por dia;
- Materiais com tratamentos superficiais;
- Conjuntos com mais facas;
- Sistema simples de troca de conjuntos de facas;
- Sistema de desmontagem de fácil operação;
- Dimensões minimizadas;
- Sistema de remoção dos resíduos de fácil operação.

6 SÍNTESE PROJETUAL – CONCEITO DA PROPOSTA

Com base nos requisitos levantados, o projeto irá abranger o desenvolvimento de um equipamento para o reprocessamento não apenas de resíduos poliméricos em filmes, mas também de semirrígidos, de modo a ser utilizado em Centros de Triagem de Porto Alegre para agregar mais valor ao material, permitindo uma maior geração de renda e a diminuição do impacto ambiental. Para o funcionamento, o equipamento deverá, portanto, ser apto a processar os dois tipos de resíduos poliméricos mais encontrados em Centros de Triagem.

O projeto deverá possuir sistemas de segurança contra acidentes que possam ocorrer durante seu funcionamento. A manufatura deverá ser viável, bem como a utilização e a manutenção do produto precisa ser facilitada e segura, em virtude dos perigos aos quais os usuários estão sujeitos, durante a operação. Assim, é primordial que o produto seja desenvolvido de modo a evitar tais acidentes.

O produto deverá ter um rendimento condizente com a demanda avaliada de resíduos beneficiados por dia, fazendo com que tenha um consumo energético proporcional à produção demandada. A utilização de um motor elétrico magnético implica em dois modos de operação, conforme o tipo de resíduo polimérico a ser processado: modo de alta velocidade, para filmes, e modo de alto torque, para semirrígidos. Deste modo, o equipamento deverá ser projetado de modo a possuir um consumo eficiente, independentemente do tipo de resíduo.

O desempenho do produto deverá conter aprimoramentos nos sistemas de alimentação, processamento, refrigeração com água, posicionamento dos resíduos e remoção do material moído. O equipamento poderá incluir uma tecnologia de facas de corte de modos múltiplos, para modos específicos, aprimorando e unificando os modelos existentes. Devido à intensa utilização, os seus materiais precisam suportar as solicitações mecânicas do reprocessamento e o desgaste aos seus materiais, provenientes da temperatura e da umidade.

O projeto precisará, também, adaptar-se às limitações espaciais dos Centros de Triagem de Porto Alegre. As dimensões do equipamento devem ser condizentes com os parâmetros ergonômicos avaliados, compreendendo a um tambor de cerca de 70 cm de diâmetro e com seu

bocal localizado a cerca de 85 cm de sua base. Se houver a necessidade de instalação de uma estrutura para erguer o equipamento do chão, esta deverá permitir o acesso ao usuário de modo a deixá-lo no nível da base do tambor.

Neste sentido, ao concluir essa etapa, buscou-se o levantamento de parâmetros balizadores para a continuação do projeto na etapa 2. Cabe salientar que, na atual dinâmica de projeto de produto, existe a necessidade contínua da busca de informações técnico-científicas para o desenvolvimento de soluções inovadoras e tecnológicas.

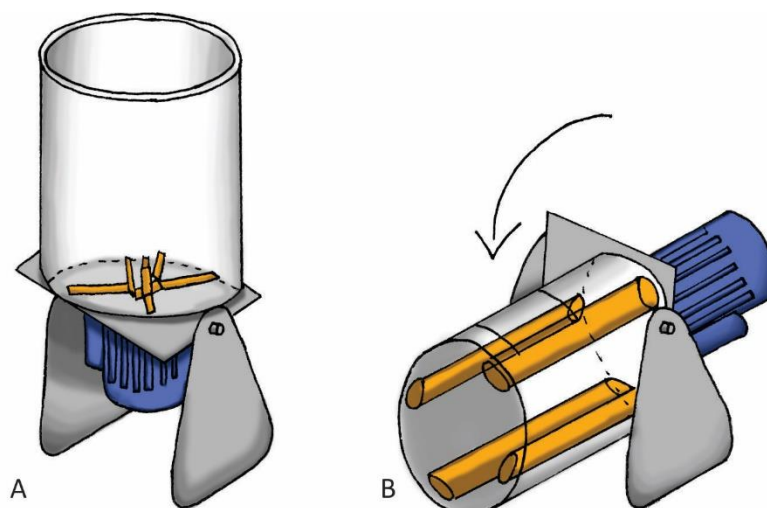
7 GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

Com base nas análises de similares de função e de conceito, bem como balizando-se nos requisitos de projeto organizados no levantamento informacional, foram desenvolvidas 4 alternativas conceituais e distintas que visassem ao cumprimento dos parâmetros. Nas ilustrações das alternativas são ressaltados e mostrados apenas os conceitos de funcionamento básico de moagem, sendo desconsiderados, em um primeiro momento, aspectos estruturais, operacionais e antropométricos. O objetivo era avaliar as diferentes possibilidades de execução da função primordial – reprocessamento de resíduos poliméricos – frente aos diversos similares de função e de conceito revisados.

7.1 Alternativas conceituais

Na Figura 31, é mostrada a Alternativa 1, na qual consiste em um equipamento único que funcione como aglutinador e moinho de facas através do tombamento de seu tambor. A Figura 31A apresenta o modo aglutinador, no qual o tambor encontra-se na posição vertical, com o conjunto de lâminas para moagem de filmes, em destaque na cor laranja.

Figura 31 — Alternativa 1 – Tombamento: (A) aglutinador e (B) moinho



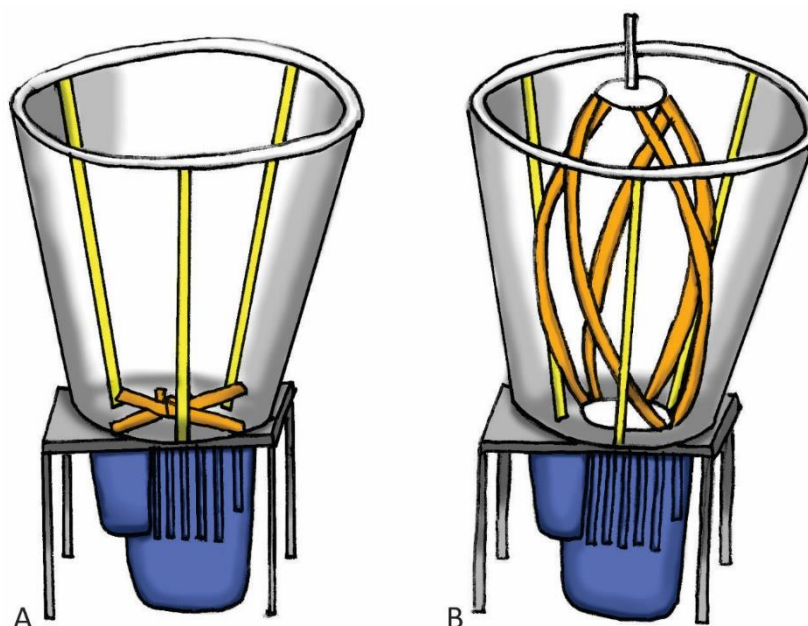
FONTE: Autor (2015).

Na Figura 31B, o tambor é girado 90°, juntamente com o motor, tendo seu eixo de rotação na horizontal. Deste modo, através de uma troca das lâminas internas, em laranja, seria ativado

o modo moinho de facas, para semirrígidos. Esta alternativa, entretanto, exigiria o posicionamento de um mancal na parte aberta do tambor, de modo a apoiar o conjunto de lâminas. O tambor, para funcionamento do modo moinho de facas, possuiria duas portas de acesso em sua superfície lateral cilíndrica, para entrada de material polimérico semirrígido e para posicionamento da peneira e saída do material moído.

Já na Figura 32, é vista a Alternativa 2, na qual consiste em um tambor com formato de tronco de cone. Assim, as lâminas fixas, ressaltadas em amarelo, produziriam um efeito crescente no material a ser processado, de modo a aumentar a pressão das lâminas rotatórias, em laranja, devido à gradativa diminuição do espaço para moagem, conforme o material se aproxima da base.

Figura 32 — Alternativa 2 – Troca de lâminas: (A) aglutinador e (B) moinho



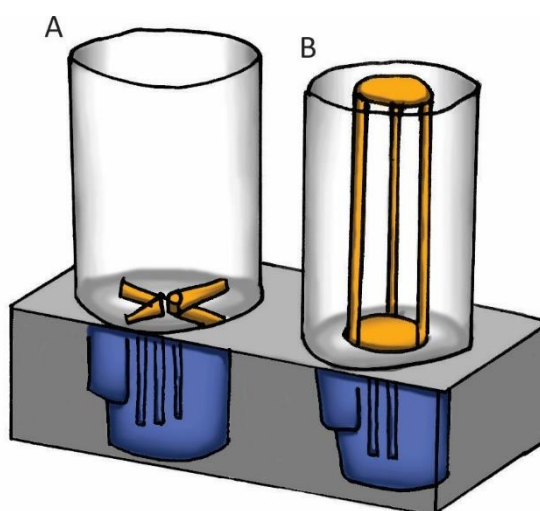
FONTE: Autor (2015).

Esta alternativa funciona através de um módulo de troca de lâminas rotatórias, conforme a necessidade de utilização do material. Assim um mesmo equipamento apresentaria as funções de aglutinador (Figura 32A) e moinho de facas (Figura 32B), aproveitando-se da mesma estrutura externa, do mesmo tambor e do mesmo motor. Nesta alternativa, no modo moinho de facas, a alimentação de material semirrígido seria dada como o modo aglutinador, pela abertura superior do tambor. Já a saída do material peneirado seria através de uma abertura

na parte inferior do tambor, da mesma forma, também, que no modo aglutinador.

Na Figura 33 é vista a Alternativa 3, que consiste em módulos independentes de aglutinador (Figura 33A) e de moinho (Figura 33B). Neste conceito, equipamentos individuais com potências e produtividade menores seriam posicionados lado a lado. O funcionamento seria do modo convencional, tanto no aglutinador como no moinho, mas como motores menos potentes e capacidades menores. A grande vantagem de expansão de equipamento consiste na possibilidade de se utilizar mais unidades conforme a demanda.

Figura 33 — Alternativa 3 – Módulos independentes: (A) aglutinador e (B) moinho

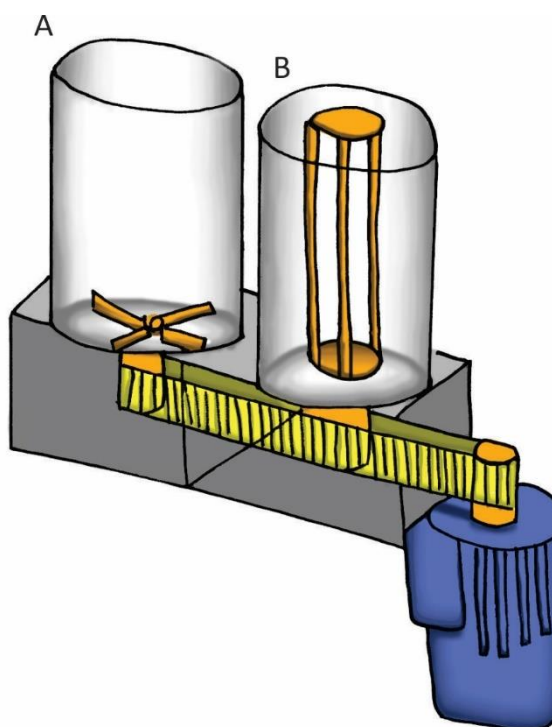


FONTE: Autor (2015).

Esta alternativa apresenta o máximo de flexibilidade na sua capacidade produtiva, moldando-se conforme as necessidades do usuário. Entretanto, como visto anteriormente, esta alternativa apresentaria uma menor eficiência energética, de modo que para o reprocessamento de uma mesma quantidade de material, demandaria um consumo maior com vários motores menores, em comparação a um único motor maior.

Já na Figura 34, é apresentada a Alternativa 4, com outra proposta de modularidade, mas que contenha um único motor. Nesse conceito, cada módulo seria disposto lateralmente, alinhado pelo posicionamento de uma correia, em destaque em amarelo, ligada ao motor. À correia, seriam ligados os mecanismos de acionamento das lâminas, destacadas em laranja, de cada módulo, aglutinador (Figura 34A) e moinho (Figura 34B).

Figura 34 — Alternativa 4 – Módulos com único motor: (A) aglutinador e (B) moinho



FONTE: Autor (2015).

Este conceito permitiria a utilização simultânea de ambos equipamentos, tracionando-se a partir de um único motor. As diferenças entre torque e velocidade, características do aglutinador e moinho, poderiam ser obtidas através de engrenagens de diferentes raios ligados à correia, como visto na Figura 34. No equipamento aglutinador, para funcionamento com maior velocidade e menor torque, seria utilizada uma engrenagem com raio menor e, no moinho, uma engrenagem maior.

7.2 Análise das alternativas conceituais

Após a geração de conceitos diversos de reprocessamento de resíduos poliméricos, foi realizada uma visita técnica à empresa SEIBT® – Máquinas Para Plásticos Ltda. O objetivo da visita-reunião foi avaliar as possibilidades de desenvolvimento do produto, através do ponto de vista de um fabricante de equipamentos de moagem de polímeros. A experiência técnica e comercial, de manufatura e uso de aglutinadores e moinhos permitiu visualizar aspectos positivos e negativos de cada alternativa conceitual desenvolvida. A visita contou com a presença do Prof.

Dr. Luis Henrique Alves Cândido, orientador do Trabalho de Conclusão de Curso e do Sr. Carlos Seibt, diretor da empresa (ANEXO II).

Ao Sr. Seibt foi explicado a proposta do trabalho, incluindo dados da etapa de levantamento informacional desenvolvidas durante as fases do Trabalho de Conclusão de Curso I, sendo apresentadas as alternativas conceituais geradas. O conceito geral da proposta, de um equipamento híbrido para o reprocessamento de resíduos poliméricos do tipo filme e semirrígido, foi bem recebido e elogiado pela iniciativa inovadora. Foram apresentados comentários técnicos que visam à viabilidade de execução das alternativas similares. Na Alternativa 1, de tombamento do tambor de processamento, devido ao considerável peso do equipamento, com levantado que seria necessário construir uma estrutura que permitisse seu apoio de modo firme e seguro, o que poderia acarretar em um custo maior de fabricação. Isto poderia levar a uma equivalência no preço de manufatura de dois equipamentos convencionais.

Foi comentado que a troca do conjunto de lâminas demandaria um grande tempo de manutenção e limpeza, uma vez que uma grande quantidade de resíduo permaneceria presa às lâminas, ao eixo, ao tambor e à peneira, após a operação. Se fossem reaproveitadas estas estruturas em ambos modos operacionais, aglutinador e moinho, sua mudança seria dificultada pela necessidade de limpar o equipamento e prevenir a contaminação de material entre as etapas de moagens.

Ainda, tratando-se de equipamentos com grande precisão de encaixe de componentes internos, bem como em distâncias bem especificadas entre as lâminas fixas e as rotatórias, uma constante troca de conjuntos de lâminas poderia levar à histerese mecânica, ou seja, folga nos elementos de transmissão de força, como engrenagens e correias, e de movimento, como rotores e mancais. Esta situação poderia levar à danos no equipamento, o que aumentaria os custos de manutenção, além de, em casos extremos, levar perigo aos operadores. Desse modo as trocas, de lâminas e de demais componentes internos, devem ser limitadas à manutenção básica, como para afiá-las ou limá-las.

Outro ponto levantado pelo diretor da empresa foi o de utilização de um moinho de facas com o tambor na posição vertical, como o aglutinador. Este design era utilizado pela fabricante e

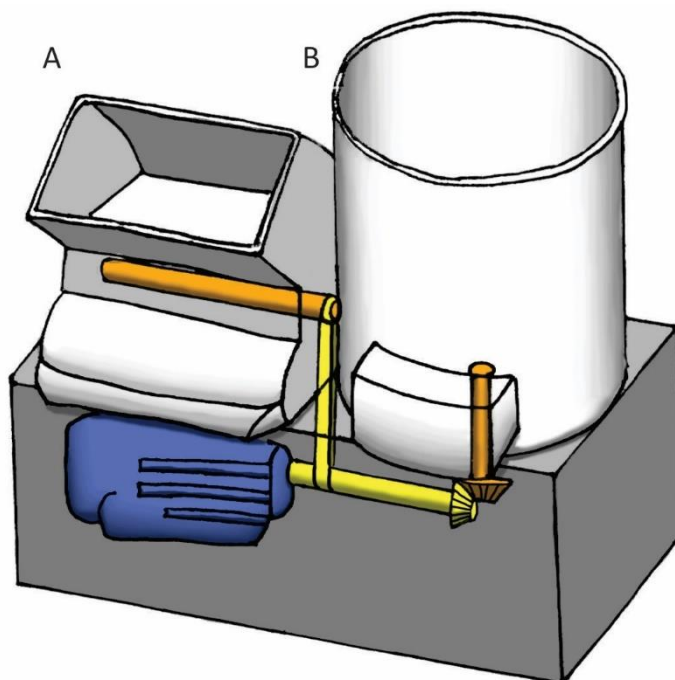
por concorrentes, mas foi sendo substituído por modelos de moinhos de facas com eixo na horizontal, há cerca de 30 anos. Isto se deve a uma maior eficiência no processo de moagem quando a alimentação e a saída do resíduo moído, através da peneira, é feita no sentido perpendicular ao eixo, quando o tambor encontra-se na horizontal. Desse modo, o material polimérico é empurrado pela gravidade diretamente perpendicular ao corte das lâminas, o que facilita sua moagem.

A proposta de um novo formato em tronco de cone do tambor para aglutinação e moagem de resíduos poliméricos foi vista como uma proposta interessante de ser estudada, em termos de eficiência. Entretanto, segundo o Sr. Seibt, para a manufatura de uma estrutura cônica e de seus consequentes sistemas estruturais e funcionais – como lâminas diferenciadas e sistemas isolantes adaptados ao novo formato – levaria a um grande custo de adaptação das fábricas, o que encareceria muito o projeto. Além do mais, o projeto poderia não ser bem recebido, inicialmente, por clientes que já estão acostumados com um design mais tradicional.

A utilização de diversos módulos individuais e pequenos, com motores independentes também foi desaconselhada pelo Sr. Seibt, de modo que isto, como estudado, aumentaria o consumo energético dos motores e o custo de fabricação, além de incluir a necessidade de um tempo muito maior para a limpeza e manutenção de cada unidade. Quanto menos unidades de moagem são utilizadas, menor o tempo disperso para as tarefas pós-operação dos equipamentos.

Contudo, a proposta de uma solução modular, que utilizasse apenas um único motor, poderia surgir como uma alternativa economicamente viável, mantendo uma boa produtividade. Com isto, foi desenvolvida uma 5ª alternativa, baseada nas informações dadas pela empresa, com base nos estudos desenvolvidos, nos conceitos gerados e mantendo-se dentro dos requisitos projetuais. Nesse sentido, a Figura 35 apresenta a Alternativa 5, que consiste em um módulo híbrido de moinho (Figura 35A) e aglutinador (Figura 35B), ligados a um mesmo motor. O sistema de transmissão do motor, destacado na cor amarela, seria conectado aos sistemas de movimentação das facas do moinho e do aglutinador, em cor laranja.

Figura 35 — Alternativa 5 – Módulo híbrido: (A) moinho e (B) aglutinador



FONTE: Autor (2015).

Nesta alternativa, o moinho de facas funcionaria através de um eixo horizontal, como nos modelos tradicionais desenvolvidos. Já o aglutinador continuaria a funcionar com o tambor na vertical, sendo a transmissão da árvore do motor com a das lâminas dada através de engrenagens cônicas ligadas a 90°. Esta alternativa permite múltiplos modos de disposição dos equipamentos e do motor, com mais flexibilidade de adição de mecanismos de transmissão de potência. Para verificar qual das 5 alternativas melhor contempla os requisitos de projeto listados anteriormente, foi aplicada uma Matriz de Pugh, utilizando como peso os valores obtidos pelo Diagrama de Mudge.

A Matriz de Pugh pode ser visualizada no APÊNDICE B. Conforme resultados, a alternativa que obteve uma pontuação maior foi a 5ª, contendo o Módulo Híbrido, com peso relativo quase 3 vezes superior às demais alternativas. O sistema de um Módulo Híbrido, portanto, contempla os requisitos projetuais levantados, bem como as recomendações de manufatura e de manutenção informadas pelo Sr. Seibt. Com a definição espacial do mecanismo de funcionamento geral do equipamento híbrido, parte-se para o desenvolvimento e estudo de seus subsistemas.

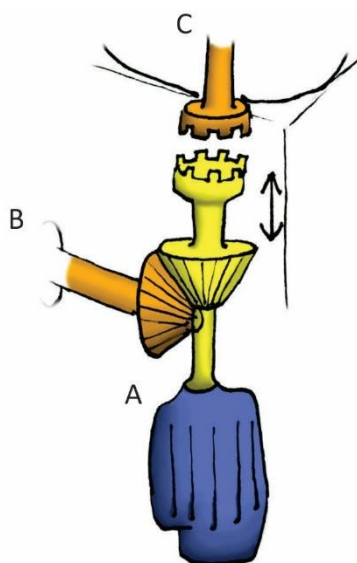
8 DESENVOLVIMENTO

Após definida a alternativa de conceito que será seguido pelo projeto, parte-se para a etapa de desenvolvimento dos elementos funcionais, estruturais e estéticos do equipamento. Para isto são decididos os aspectos do projeto e definidas questões ambientais, conforme a metodologia seguida de PLATCHECK (2012). Esta análise dá-se através de estudos de alternativas de subsistemas que vão compor o produto desenvolvido, sendo relativas ao funcionamento isolado de cada componente.

8.1 Subsistemas do equipamento

Os estudos de subsistemas, como as alternativas, são realizados através de desenhos esquemáticos onde são apresentados os elementos básicos de funcionamento de cada conjunto. Nas representações, as demais partes do equipamento não são mostrados em sua totalidade de funcionamento, de modo que, em cores, sejam destacados os principais elementos para o funcionamento do subsistema em questão. Na Figura 36, é apresentado um estudo para o sistema de transmissão do equipamento, entre o motor (Figura 36A), o moinho (Figura 36B) e o aglutinador (Figura 36C).

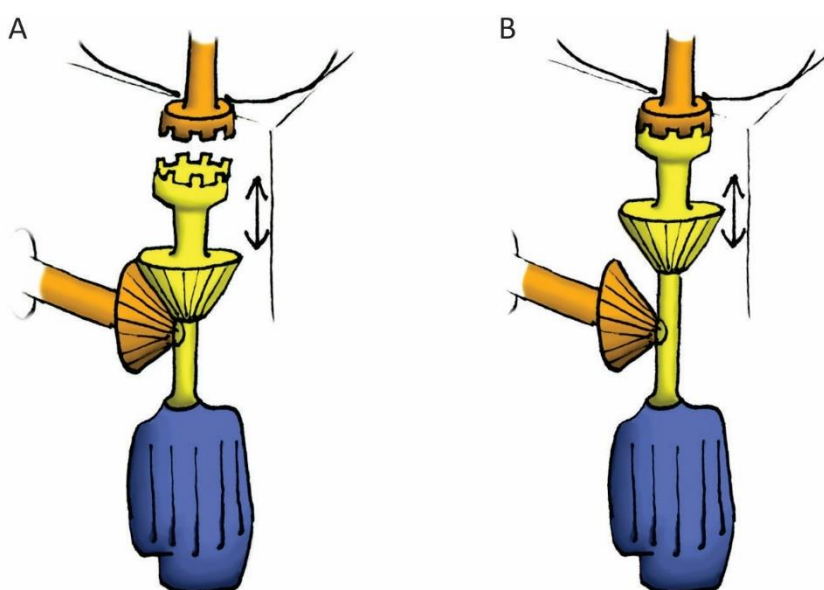
Figura 36 — Sistema de transmissão: (A) motor, (B) moinho e (C) aglutinador



FONTE: Autor (2015).

Nesse sistema, o motor magnético estudado, destacado em azul, com torque e velocidades definidos eletronicamente, possui dois modos de transmissão para o funcionamento do equipamento, vistos na Figura 37. No primeiro modo (Figura 37A), o motor conecta-se diretamente ao moinho, através da utilização de um par de engrenagens cônicas, a 90°. No segundo modo (Figura 37B), o sistema de transmissão é levantado, desconectando-se do moinho e encaixando-se no aglutinador. Este sistema assemelha-se ao encaixe de um liquidificador, em que o copo é conectado à base do produto, onde localiza-se o motor.

Figura 37 — Sistema de transmissão conectando: (A) moinho e (B) aglutinador



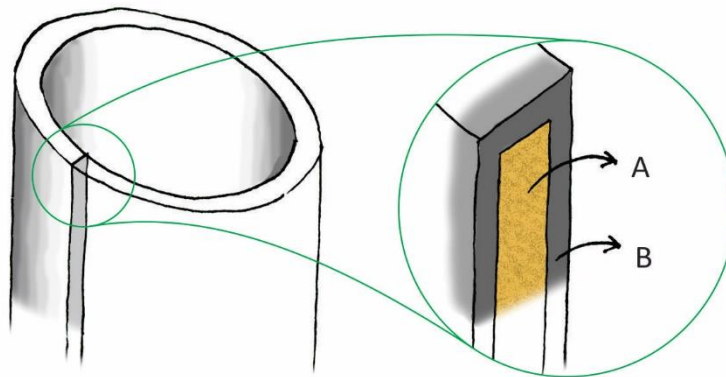
FONTE: Autor (2015).

Este sistema aproveita-se do controle eletrônico de torque e velocidade do motor magnético avaliado, que acaba por dispensar a necessidade de utilizar uma caixa de redução. Este sistema facilita a saída de inércia das lâminas paradas, posição que necessita de grande quantidade de energia para o início do movimento. Além disto, com a ausência de excesso de partes móveis, como correias e polias, o equipamento como um todo tende a possuir uma tendência menor a falhas por problemas mecânicos e de transmissão.

Na Figura 38 é apresentado o desenvolvimento do sistema de isolamento térmico para o tambor do aglutinador. Como visto na etapa informacional, a alta velocidade das lâminas com o material polimérico faz com que o atrito levante a temperatura do material a próximo de 90°C e, conseqüentemente, aumente a superfície do tambor. Esta temperatura, como relatado nas

visitas técnicas, é perigosa e pode levar a queimaduras no usuário do equipamento.

Figura 38 — Sistema de isolamento: (A) material isolante e (B) estrutura metálica



FONTE: Autor (2015).

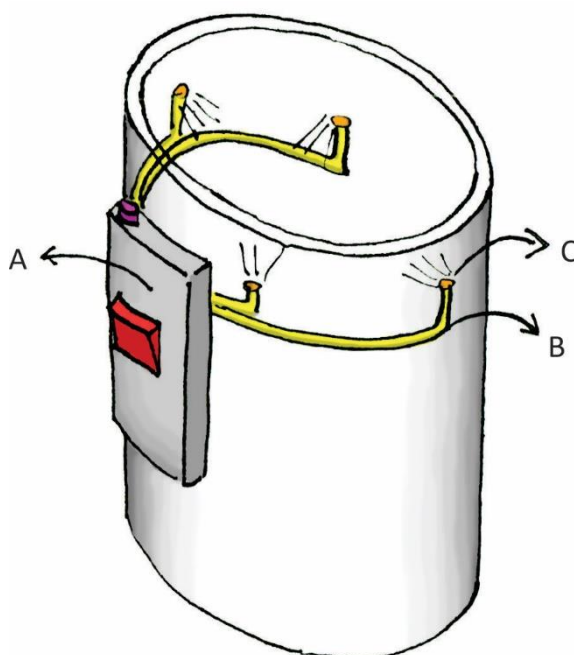
Para prevenir o aquecimento em excesso do tambor, pode ser adicionado um material isolante, como uma placa de cortiça (Figura 38A) entre as chapas de aço que o compõem estruturalmente (Figura 38B). A possibilidade de uso de materiais varia entre os estudados na etapa de análise de similares, podendo ser sintéticos, como a lã de rocha e a fibra de vidro, e naturais, como a cortiça. De todo modo, o material acrescido entre as chapas do tambor faz com que sua temperatura interna seja isolada do ambiente, favorecendo não apenas aspectos de segurança contra queimaduras, como aumentando a eficiência energética do processo, uma vez que o calor é retido no interior da estrutura, com menores perdas.

Após o aquecimento do material polimérico no interior do tambor, para que o mesmo seja aglutinado é preciso um choque térmico que aumente sua densidade e permita seu posterior uso em extrusoras ou injetoras, conforme visto anteriormente. Para este efeito no material, é utilizado água em temperatura ambiente e repetido algumas vezes após novo aquecimento do material processado. No total, são utilizados de 0,5 a 1 litro de água em uma batelada, conforme levantado na Associação dos Recicladores de Dois Irmãos, onde o aglutinador utilizado necessita que a água seja despejada de maneira manual.

Em outros aglutinadores similares estudados, o despejo de água no interior do tambor é realizado, também, por meio manual ou, em alguns equipamentos, por meio eletrônico, através

de sistemas de bombas e injeção. Em situações de despejo manual, a grande quantidade de vapor levantada durante esta etapa aumenta as chances de queimaduras, devendo ser contornada. Por outro lado, na utilização de sistemas eletrônicos para a saída de água, o excesso de componentes pode acabar por aumentar o valor de manufatura do equipamento. Deste modo, na Figura 39 é apresentado o desenvolvimento do sistema dispensador de água a distância, sem a necessidade de componentes eletrônicos.

Figura 39 — Sistema dispensador de água: (A) recipiente, (B) condução e (C) saída



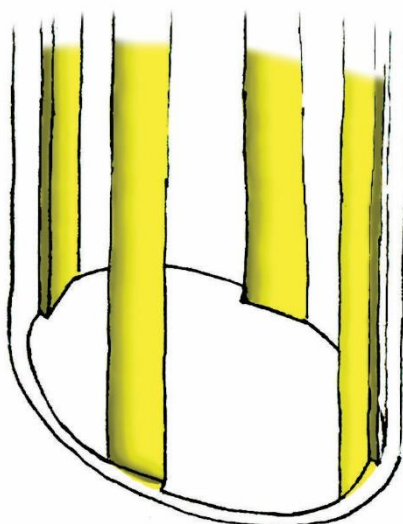
FONTE: Autor (2015).

O funcionamento consiste no uso de um recipiente (Figura 39A) fixado à lateral do tambor, o qual permite o acondicionamento de cerca de 5 litros de água, a ser adicionada por uma abertura em sua parte superior. O recipiente está ligado a tubos condutores (Figura 39B), posicionados pela região do material isolante, no tambor do aglutinador. Estes tubos estão ligados a 4 saídas (Figura 39C), apontadas para o centro do tambor, as quais despejam água para seu interior. Estas saídas atravessam a chapa metálica do interior do tambor e permitem a passagem pressurizada do líquido. O acionamento da água dá-se de modo remoto, através da pressão de um botão na lateral do recipiente, mostrado em destaque na cor vermelha na imagem. Pela própria pressão exercida pelo botão, o líquido é bombeado e despejado no interior do equipamento. Desse modo, a etapa ocorre sem o contato direto com o vapor expelido na

parte superior do tambor, além de permitir um controle mais preciso da quantidade de água a ser despejada durante o processo.

Após a adição de água, o material aglutinado era misturado manualmente com uma ferramenta para socar, no equipamento da Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos. Esta etapa se dava em virtude do material se acumular acima da região de ação das lâminas, levando à necessidade de uso do socador, que pode levar a grandes riscos para o usuário. Para contornar isto, uma série de reentrâncias pode ser adicionada no interior do cilindro do tambor do aglutinador, como mostra a Figura 40.

Figura 40 — Sistema de reentrâncias do tambor do aglutinador



FONTE: Autor (2015).

Este sistema é inspirado nas reentrâncias utilizadas nos copos de liquidificadores vistos na etapa de análise de similares de conceito. Nesses eletroeletrônicos, estas regiões são dispostas radialmente em posições contrárias à ação das lâminas, em sentido horário. As saliências na superfície lateral agem de modo a forçar o material processado para o centro do tambor, evitando que se prenda às laterais e acabe eventualmente acumulando-se acima das lâminas móveis. Desse modo, não há a necessidade de utilizar uma ferramenta para empurrar o material acumulado sobre as lâminas, sem tantos riscos ao operador.

8.2 Disposição espacial do equipamento

Após desenvolvimento dos subsistemas, é realizada uma análise da disposição espacial do aglutinador e do moinho, que compõem o equipamento híbrido. Esse estudo tem como objetivo uma análise ergonômica do posto de trabalho do produto. Para isto foram verificadas as alternativas de posicionamento da entrada e saída dos materiais, havendo a necessidade de redimensionar a estrutura do equipamento, conforme a criação de superfícies para execução do trabalho.

Conforme verificado no equipamento analisado da Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos, segundo IIDA (2005), é necessário que, para trabalhos pesados em pé, a superfície superior do tambor do aglutinador precisa encontrar-se de 75 a 90 cm da superfície de apoio do trabalhador, assim como seu centro limitar-se a uma distância máxima de 60 cm do alcance das mãos. Desse modo, em virtude da disposição do motor na parte inferior do aglutinador, da mesma forma que em alguns dos equipamentos similares analisados, faz-se necessária a adição de uma escada na parte posterior do equipamento. Isto proporciona acesso a uma superfície 60 cm elevada do piso, fazendo com que o acesso manual à parte superior do tambor esteja de acordo com os limites ergonômicos desejados.

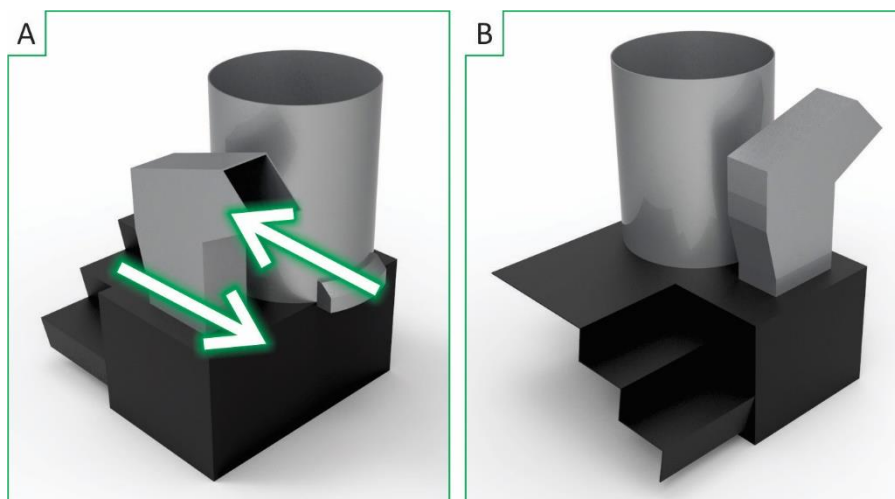
Da mesma forma que o aglutinador da Cooperativa avaliado, a base do moinho de facas do Laboratório de Corrosão (LACOR/UFRGS) também se posiciona a uma distância de 60 cm do piso. Entretanto, como o moinho não funciona por bateladas, podendo ser alimentado de material aos poucos, ao invés de uma grande quantidade de uma única vez, não há a necessidade de seguir as mesmas recomendações ergonômicas para trabalhos pesados. Nesse sentido, segundo IIDA (2005), ocorre apenas a recomendação da posição de entrada localizar-se a cerca de 100 a 200 cm do apoio do operador. Isto permite uma maior flexibilidade de posicionamento do moinho de facas, em relação à superfície de apoio do usuário do equipamento.

Com análise dimensional realizada nesses equipamentos, ambos foram utilizados no estudo de disposição, uma vez que ambos oferecem capacidades operacionais semelhantes à necessária e, portanto, possuem dimensões externas compatíveis às do equipamento final. Da mesma forma, os dois equipamentos posicionam-se à mesma altura do piso. Em virtude da

necessidade de lidar com dimensões relativas entre os dois equipamentos, nesta etapa optou-se por parametrizá-los e modelá-los digitalmente.

Nesse sentido, a Figura 41 apresenta a primeira alternativa de disposição dos equipamentos, a serem dispostos lado a lado, conforme a alternativa conceitual desenvolvida. Nessa alternativa, conforme mostra a Figura 41A, a entrada de material do moinho de facas está voltada para o mesmo lado da saída de material do aglutinador, na parte inferior do tambor. Cabe ressaltar que, da mesma forma que nas alternativas conceituais, as seguintes representações foram reduzidas a aspectos minimalistas, sendo mostrados somente os elementos essenciais para compreensão da disposição dos equipamentos. Nesse modo, elementos estruturais, além de elementos ergonômicos, como corrimão, e estéticos foram omitidos.

Figura 41 — Alternativa de disposição 1: detalhes (A) anterior e (B) posterior

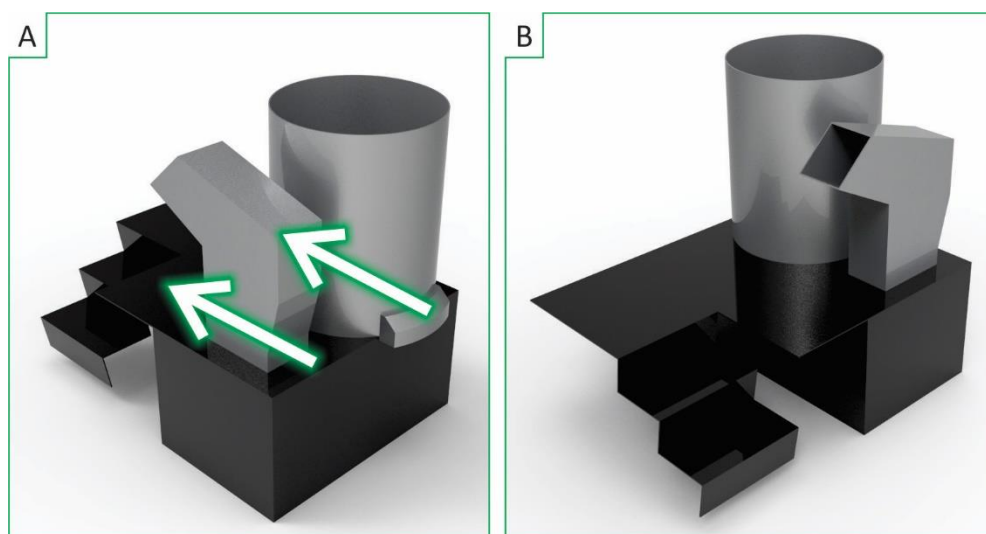


FONTE: Autor (2015).

Nesse modo, como visto na Figura 41B, há o acréscimo de uma escada de três degraus na parte posterior do equipamento e de uma superfície de trabalho atrás do aglutinador. Tanto o espaço necessário para a superfície quanto para a escada foi baseado segundo as recomendações antropométricas de PANERO e ZELNIK (2001). Por conter trabalhos pesados, há o acréscimo da superfície para o aglutinador, entretanto, para o moinho, o acesso pode ser dado pela parte da frente, com o operador apoiado diretamente no piso.

Na Figura 42 é apresentada a alternativa 2 de disposição dos equipamentos do produto desenvolvido. Neste, a posição de entrada do moinho foi invertida (Figura 42A), para coincidir com o mesmo lado a ser operado no aglutinador. Como pode ser visto na Figura 42B, por ter sido rotacionado, o moinho exige a criação de uma superfície de trabalho maior, que abranja a área de ambos equipamentos. Nessa situação há o conseqüente deslocamento da escada, além da necessidade de adicionar mais material à estrutura.

Figura 42 — Alternativa de disposição 2: detalhes (A) anterior e (B) posterior



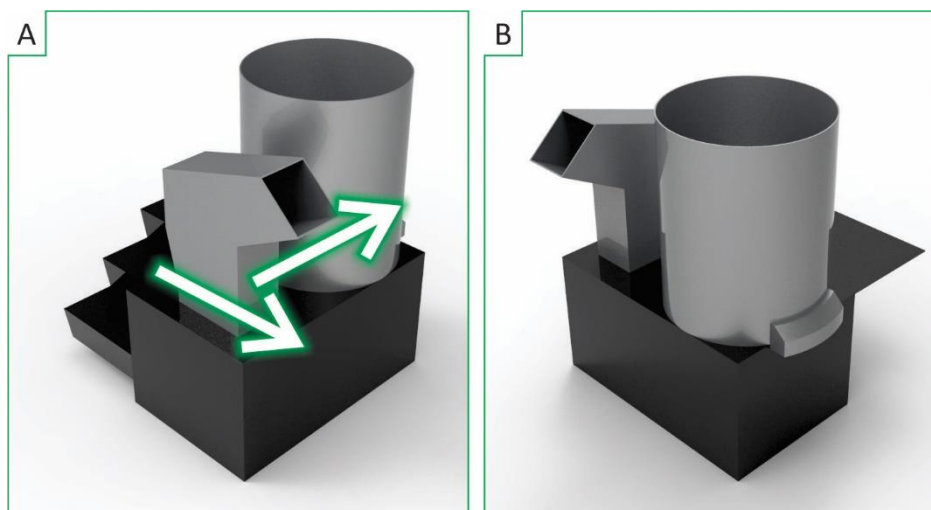
FONTE: Autor (2015).

Cabe ressaltar que, conforme estudado, o funcionamento dos moinhos de faca vistos tanto no LACOR/UFRGS quanto na empresa SEIBT®, sua alimentação precisa ser dada tangencialmente à ação das lâminas. Isto significa que o posicionamento da abertura superior precisa encontrar-se a 90° da direção do eixo. Logo, para evitar a adição de sistemas de transmissão adicionais, seu posicionamento relativo limita-se a estar virado para a parte anterior (Figura 41) ou posterior (Figura 42). Por outro lado, o aglutinador não possui este limitador, uma vez que a saída do material dá-se de modo radial ao eixo do motor. Assim, ela pode ser posicionada para qualquer lado do tambor, desde que contenha espaço para o material ser liberado.

Nesse sentido, a terceira alternativa de disposição dos equipamentos pode ser visualizada na Figura 43. Nessa situação, o moinho de facas encontra-se virado para o lado anterior (Figura 43A), já o aglutinador tem sua posição girada 90° para a esquerda, como pode ser observado

na Figura 43B. Isto permite que o operador visualize a saída do material aglutinado encontrando-se na mesma posição do posto de trabalho para alimentar o equipamento, isto é, na parte posterior, acima da superfície de apoio.

Figura 43 — Alternativa de disposição 3: detalhes (A) anterior e (B) lateral



FONTE: Autor (2015).

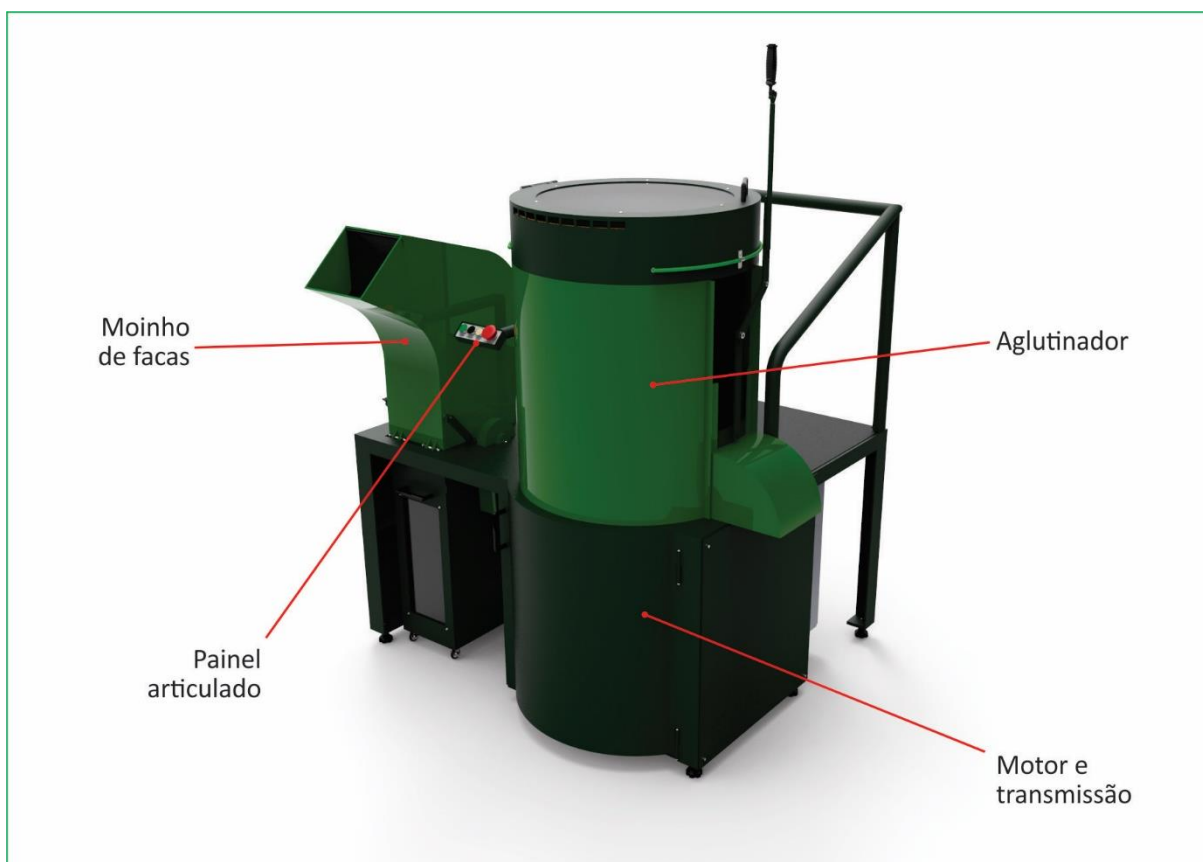
Portanto, na alternativa 3 é possível que o mesmo operário possa operar o aglutinador, tendo controle sobre a alimentação de resíduo e a saída de material reprocessado. Estruturalmente, os mecanismos de acionamento do motor, por um painel, e da abertura da porta lateral do aglutinador, por uma alavanca, precisam estar posicionados de fácil acesso ao operador, localizado na superfície de apoio, na parte posterior do tambor.

Com a escolha da alternativa baseada nos requisitos de projeto, bem como na entrevista com o Sr. Seibt, foi possível selecionar corretamente a disposição que os equipamentos vão se encontrar. Da mesma forma, após a definição dos subsistemas de funcionamento, parte-se para a última etapa da fase de Detalhamento prevista por PLATCHECK (2012), na qual o desenvolvimento e modelagem do equipamento precisa estar de acordo, também, com aspectos ambientais relacionados a toda a etapa de seu ciclo de vida, da manufatura a seu uso e manutenção.

9 DETALHAMENTO DO PROJETO

O equipamento foi projetado seguindo a Norma Regulamentadora N° 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos (MTE, 2013), bem como a norma ABNT NBR 15107 – Requisitos de segurança para moinhos granuladores de lâminas (ABNT, 2004). As recomendações e requisitos de segurança incluem proteção das partes móveis, como engrenagens, polias, correias, eixos e facas, bem como dos elementos condutores de eletricidade, como o motor, o inversor de frequência e o painel de controle. Foram incluídas travas de segurança em redundância no equipamento e no painel de controle, além de sistemas de paradas de emergência e materiais antiderrapantes na estrutura. Questões de estabilidade da estrutura, nivelamento independente e sistema antivibratório também foram incluídos como requisitos de segurança. O equipamento desenvolvido pode ser visualizado na Figura 44.

Figura 44 — Modelo final desenvolvido

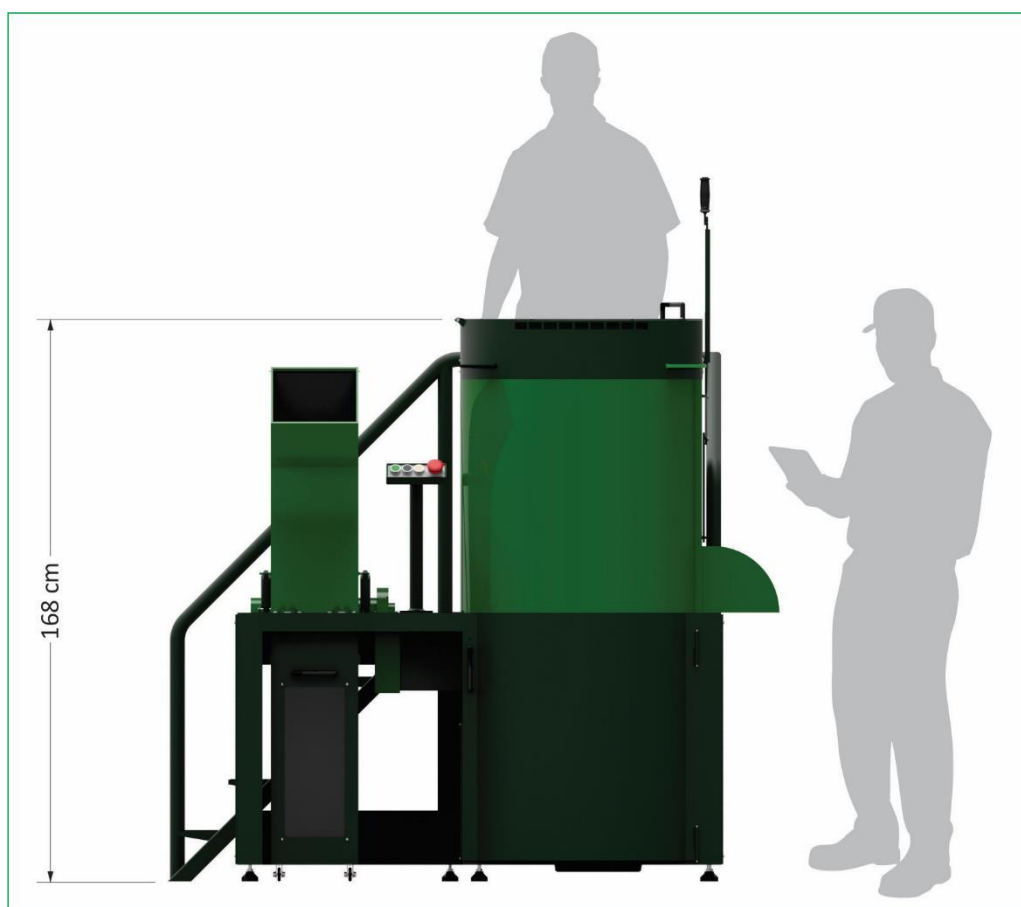


FONTE: Autor (2015).

O equipamento desenvolvido é composto por 5 subsistemas principais, os quais aglutinador,

moinho de facas, painel articulado e motor e transmissão, a serem detalhados a seguir. Sua principal característica é a possibilidade de processamento tanto de resíduos poliméricos sobre a forma de filmes e como de semirrígidos, graças à presença dos dois equipamentos específicos, bem como através de seu sistema de tração e transmissão. Na Figura 45, é possível visualizar a vista frontal e referência de escala da altura do equipamento que, do topo do aglutinador ao piso possui 168 cm.

Figura 45 — Modelo desenvolvido: vista frontal



FONTE: Autor (2015).

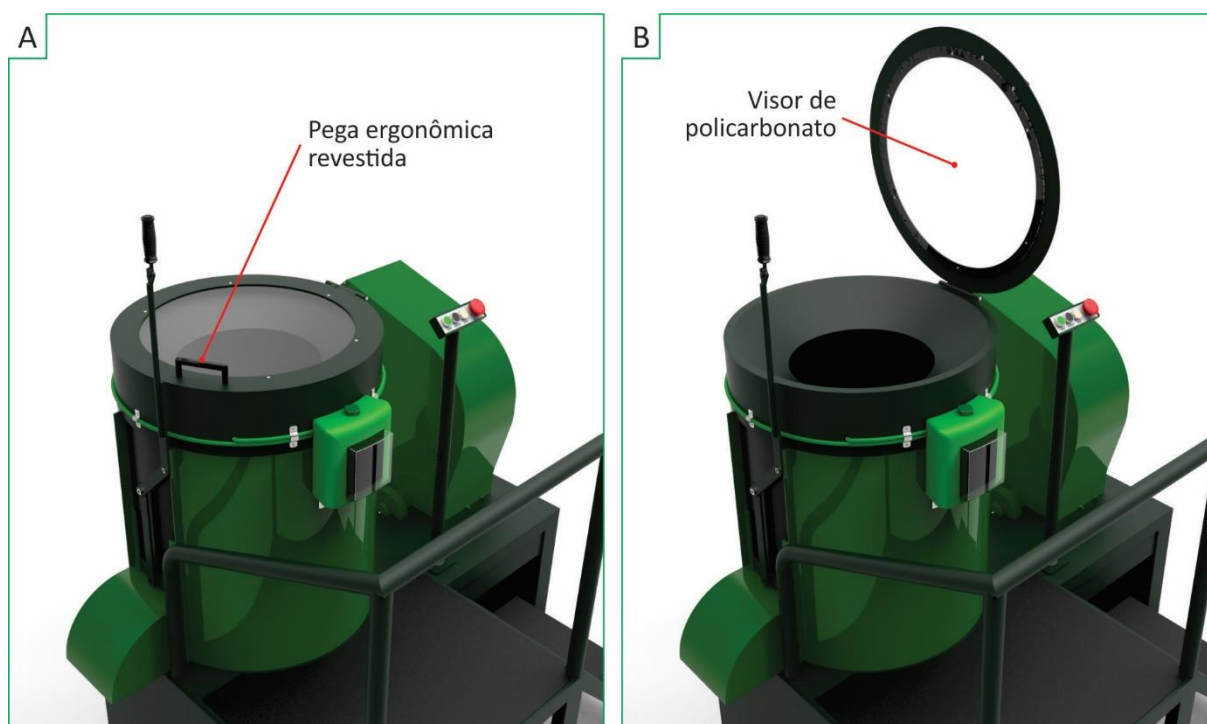
Conforme as verificações ergonômicas estudadas anteriormente, o moinho de facas é posicionado de modo a ser operado diretamente do piso, em virtude de sua alimentação ser de maneira contínua, não necessitando despejar uma grande quantidade de resíduo de uma única vez. Já o aglutinador, por funcionar por bateladas, foi instalado de modo a ser necessária uma superfície levantada, com acesso por meio de uma escada na parte posterior. Desse modo, o operador pode manuseá-lo de maneira segura.

Conforme determinações encontradas nas normas, além da análise dos equipamentos similares tanto da Cooperativa de Dois Irmãos quanto da empresa SEIBT®, as chapas de aço utilizadas no projeto são utilizadas o sistema imperial de medidas, como polegadas, e sua respectiva adaptação para unidades métricas internacionais. Isto se deve à conformação já consolidada pelas indústrias de manufatura de equipamentos em padronizar sua produção por estas medidas.

9.1 Aglutinador

O aglutinador foi projetado com base em todas as informações levantadas, tanto com os ensaios realizados na Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos, quanto na análise dos equipamentos similares e nos similares de conceito. Seu funcionamento dá-se, de modo geral, da mesma forma que os aglutinadores convencionais, entretanto contendo as alterações de problemas informados pelos usuários do equipamento, no decorrer do levantamento informacional, que levaram aos requisitos de projeto listados. Na Figura 46 é mostrado o levantamento da tampa do tambor do aglutinador, com detalhes da pega e do visor.

Figura 46 — Tampa do tambor do aglutinador: (A) aberta e (B) fechada

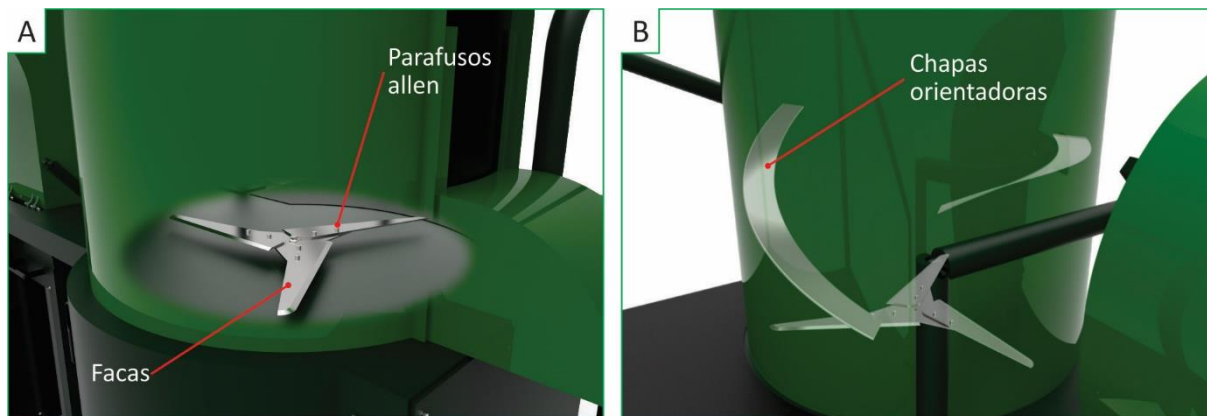


FONTE: Autor (2015).

Após o funcionamento do motor, as lâminas do aglutinador começam a rotacionar, podendo ser acrescido o material a ser reprocessado. Com o acréscimo de uma tampa no tambor, o operador fica protegido de possíveis resíduos que possam ser arremessados durante o funcionamento. Na Figura 46A é mostrado o detalhe da pega da tampa do tambor, a qual foi posicionada mais próxima ao operador para um movimento facilitado, bem como sendo revestida de borracha, para que não aqueça durante o funcionamento. A tampa ainda possui um visor de policarbonato, visto na Figura 46B, o qual permite observar o funcionamento do equipamento.

O equipamento foi projetado contendo 3 lâminas de aço carbono (Figura 47), que mostram ser mais eficientes nos estudos realizados. As facas são fixadas em uma estrutura presa ao eixo, de modo a permitir sua remoção facilitada para manutenção, como afiação e limpeza do tambor. Sua fixação é dada por meio de parafusos *allen* sextavados internamente, conforme o detalhe na Figura 47A.

Figura 47 — Detalhes internos do aglutinador: (A) facas e (B) chapas orientadoras



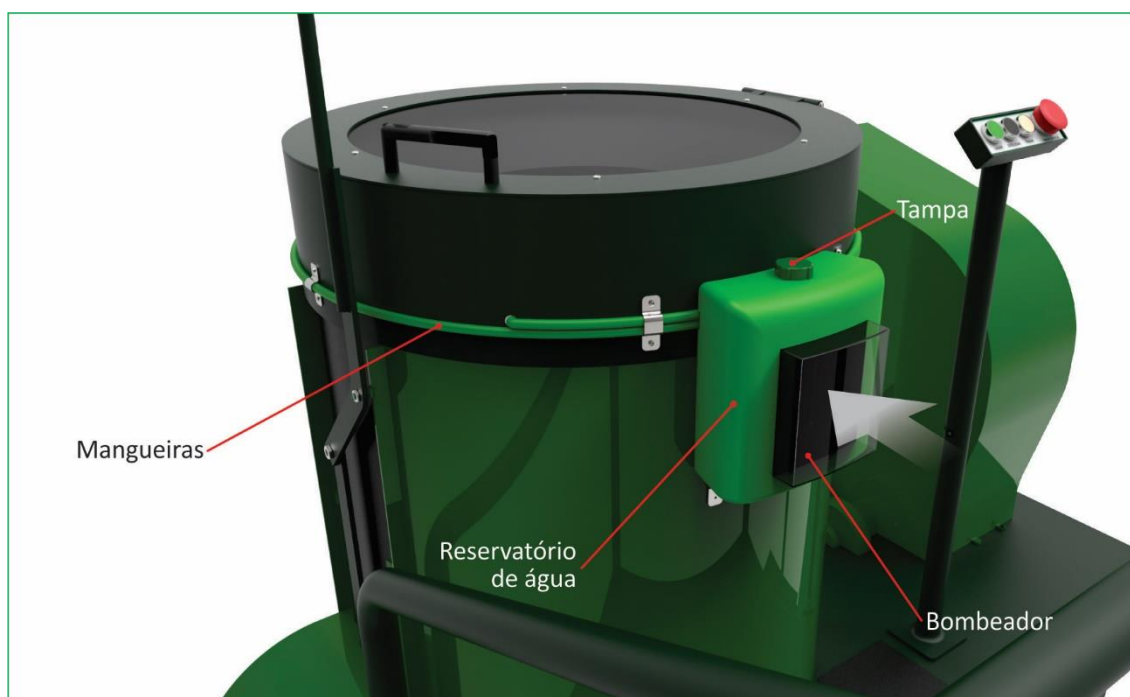
FONTE: Autor (2015).

Para manter o resíduo rente à ação das facas, foram adicionadas chapas orientadoras helicoidais (Figura 47B), soldadas na superfície interna do tambor. Essas não possuem ação cortante como as facas, e são instaladas no sentido contrário à ação de rotação das lâminas. Seu funcionamento dá-se através de forçar o material que está sendo rotacionado a permanecer na parte inferior do tambor, forçando-os de encontro à ação das facas. Da mesma forma, o emprego das chapas orientadoras faz com que o resíduo não fique preso às laterais do tambor, como observado nos ensaios do aglutinador da Cooperativa de Recicladores de Dois Irmãos,

aumentando a eficiência da produção e removendo a necessidade de utilizar um dispositivo para socar o resíduo, aumentando a segurança. Estas chapas orientadoras helicoidais já são empregadas em alguns aglutinadores, como o presente na empresa visitada ValimPlast.

Ao entrar em funcionamento, o atrito com as lâminas internas e as chapas orientadoras aquece o polímero do tipo filme, amolecendo-o e tornando-o pastoso. Nessa etapa faz-se necessário adicionar água à temperatura ambiente para o choque térmico fazer o material aglutinar-se e densificar-se. Este sistema foi projetado com base nos requisitos do projeto e é apresentado na Figura 48.

Figura 48 — Sistema de despejo de água do aglutinador

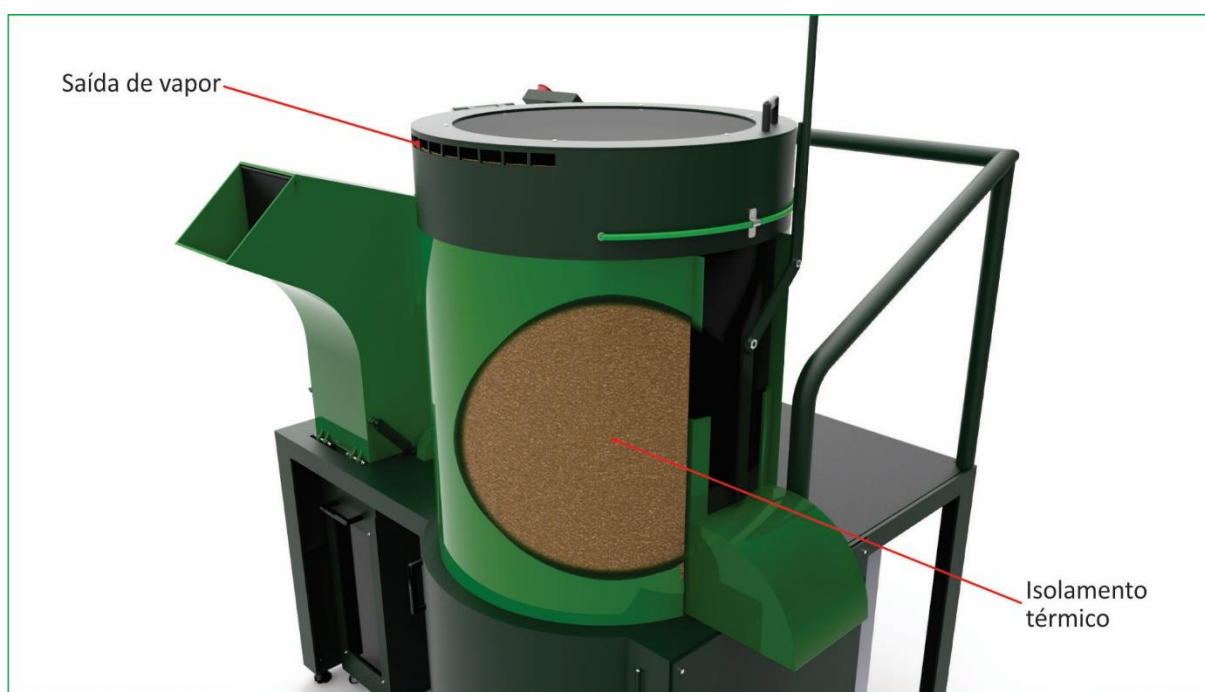


FONTE: Autor (2015).

O sistema de despejo de água do aglutinador consiste em um reservatório de água, com capacidade para 3 litros, sendo enchido por uma tampa em sua parte superior. O reservatório possui um bombeador de policarbonato, que permite observar a quantidade de água em seu interior. Esse, por sua vez, é acionado manualmente pelo operador, forçando a água a percorrer pelas mangueiras, dispostas na lateral externa do tambor, com 4 saídas para o interior do tambor, dispostas radialmente. Com este dispositivo, o usuário pode despejar água sem a necessidade de abrir a tampa, além de poder controlar a quantidade de líquido despejado.

O aquecimento das lâminas por atrito faz com que o interior do tambor atinja altas temperaturas, conforme medido nos ensaios. Isto pode levar a perigo aos operadores em virtude do superaquecimento da superfície do tambor. Desse modo, conforme requisitos de projeto, foram projetados elementos de segurança no aglutinador, conforme visto na Figura 49. Foi utilizado um sistema de isolamento térmico entre as chapas externa e interna do tambor. O material utilizado é placa de cortiça aglomerada, de origem natural, de custo reduzido e com alta durabilidade às degradações de calor e vapor que o equipamento promove, além de ser extremamente resistente a deterioração por agentes químicos ou biológicos (LEFTERI, 2014).

Figura 49 — Elementos de segurança do aglutinador



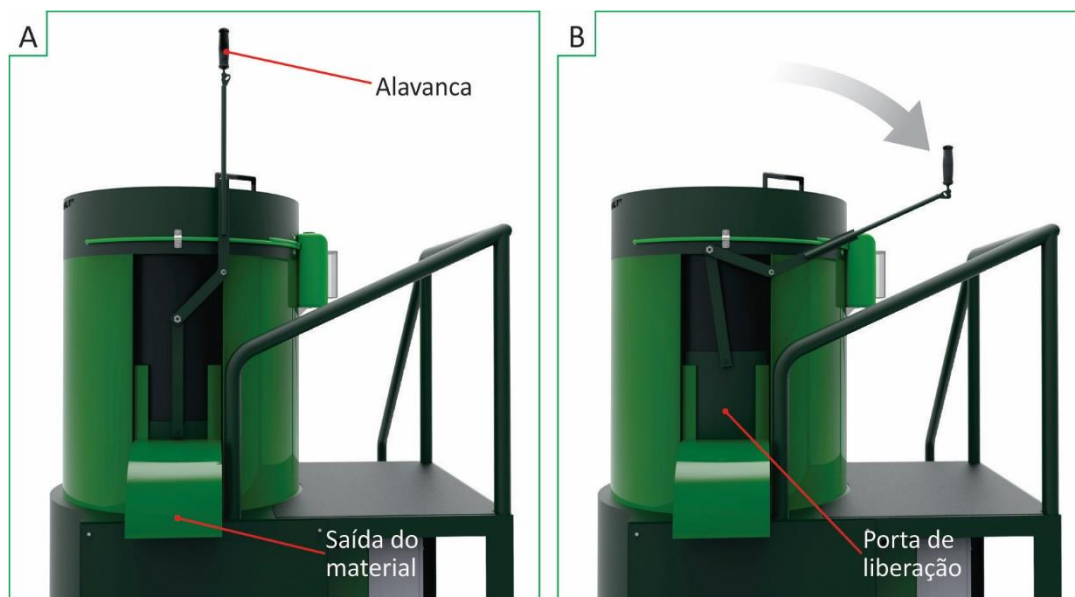
FONTE: Autor (2015).

Com os ensaios no aglutinador da Cooperativa de Dois Irmãos, após o despejo de água uma grande quantidade de vapor e gases eram expelidos pela parte superior do tambor, indo diretamente ao operador. Desse modo, conforme os requisitos de projeto, na Figura 49 também é mostrada a saída de vapor que a parte superior anterior do tambor possui. Com ela, os vapores e gases originados no processo são expelidos para longe do operador, trazendo mais segurança ao privá-lo da exposição.

Após o processo de aquecimento e resfriamento súbito, o material já se encontra aglutinado

e seco, permitindo ser expelido para fora do tambor. O sistema de liberação do material pode ser visto na Figura 50. A saída do material, como nos demais aglutinadores avaliados, é pela parte inferior do tambor, sendo posicionado na lateral do equipamento (Figura 50A).

Figura 50 — Sistema de liberação do material com porta: (A) fechada e (B) aberta



FONTE: Autor (2015).

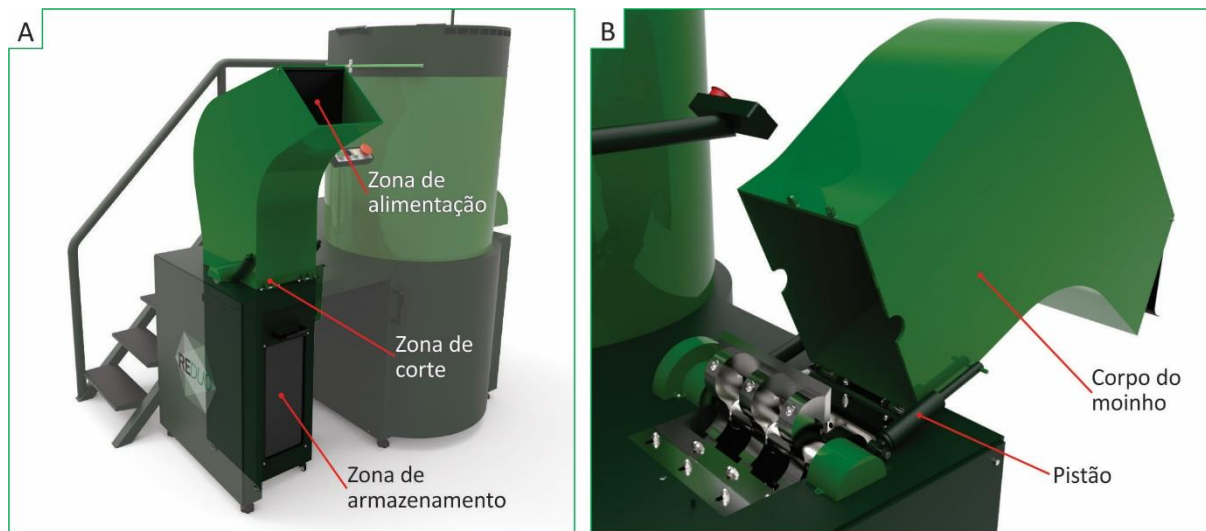
A liberação do material é dada pela movimentação de uma alavanca que se encontra originalmente na vertical (Figura 50A). Ao puxá-la ela levanta a porta de liberação (Figura 50B), que dá acesso à parte interna do tambor, permitindo que o resíduo saia pela própria força centrífuga da rotação das facas. O braço da alavanca foi projetado de modo a oferecer uma posição mais ergonômica que os convencionais, os quais são posicionados originalmente na horizontal e o operador deve empurrá-los para baixo para levantar a porta de liberação, conforme recomendações de IIDA (2005).

9.2 Moinho de facas

O segundo equipamento projetado é o moinho de facas, para reprocessamento de resíduos poliméricos do tipo semirrígido. Seu desenvolvimento foi baseado nos estudos realizados com o equipamento do LACOR/UFRGS, nos parâmetros projetuais estudados, além das recomendações da norma NBR 15107 (ABNT, 2004). A Figura 51 mostra o moinho de facas projetado,

com destaque para as zonas internas de alimentação, corte e armazenamento (Figura 51A).

Figura 51 — Moinho de facas: (A) zonas internas e (B) mecanismo de abertura do corpo

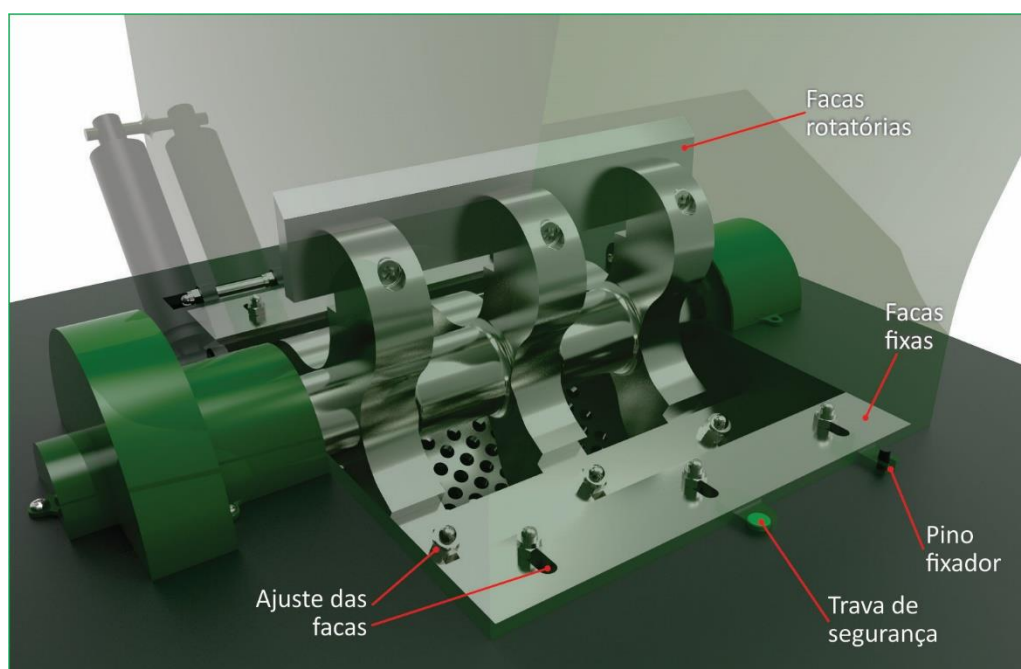


FONTE: Autor (2015).

Diferentemente do aglutinador, a alimentação de resíduos pelo moinho é aos poucos, onde o material a ser processado é adicionado em pequenas quantidades e de maneira constante pela parte superior do corpo do equipamento. O material cai para a zona de corte e, após moído, cai na zona de armazenamento para posterior remoção. Já o corpo do moinho permite ser tombado para frente para acesso às partes internas, para manutenção (Figura 51B). O movimento é auxiliado por dois pistões pneumáticos, que amortecem e seguram o corpo.

O funcionamento do moinho de facas é, de uma forma geral, semelhante ao equipamento analisado no LACOR/UFRGS, sendo apresentado na Figura 52. O equipamento possui um eixo com 3 facas rotatórias, que se movimentam rente a 2 facas fixas à superfície. Ambas as facas rotatórias e fixas permitem ser ajustadas para mais próximo ou mais distantes uma das outras, o que irá definir a força de cisalhamento exercida pelo contato do par de lâminas, refletindo em um material com diferentes graus de moagem e o motor com maior ou menor demanda energética. Este ajuste também é importante para vida útil das lâminas, as quais com o tempo, após serem removidas e afiadas, acabam diminuindo de tamanho, necessitando serem reposicionadas.

Figura 52 — Elementos da zona de corte do moinho de facas



FONTE: Autor (2015).

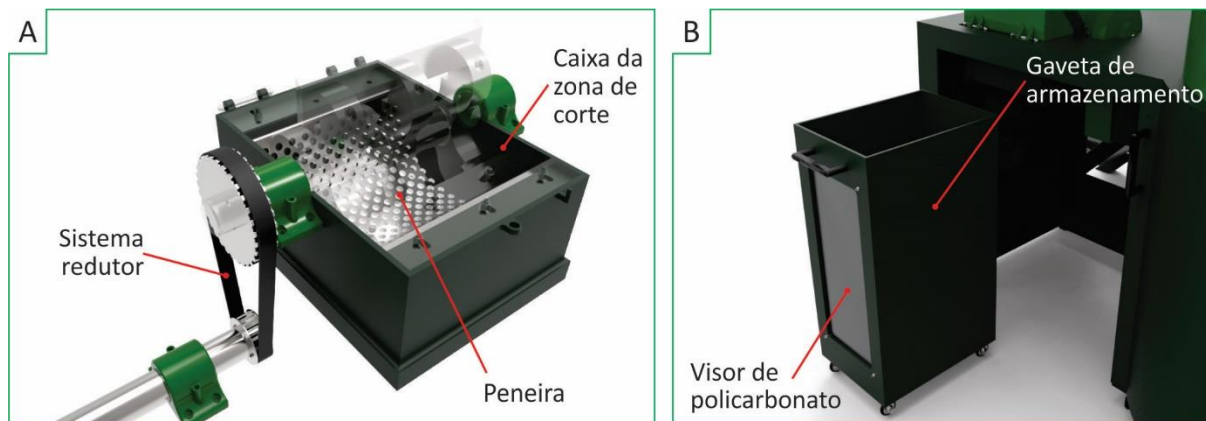
O principal elemento de segurança do interior do moinho é o botão de trava, que libera ou corta a ação do motor e o consequente movimento das facas. Para o funcionamento do equipamento é necessário que a trava de segurança esteja pressionada pelo corpo do moinho, que é aparafusado ao pino fixador. Desse modo, em caso de abertura do corpo, o motor elétrico utilizado no equipamento age como um freio, interrompendo a tração subitamente, evitando acidentes.

O movimento das lâminas no moinho de facas não pode ser em alta velocidade, necessitando de um torque maior. Desse modo foi instalado um sistema redutor, composto por duas engrenagens ligadas por uma correia (Figura 53A), fazendo com que a velocidade angular das facas seja a metade da velocidade fornecida pelo eixo, devido à razão de dimensão entre os elementos.

Com a moagem do resíduo pela ação das facas, o mesmo precisa ser limitado para que haja uniformidade na dimensão dos grânulos. Nesse sentido é utilizada uma peneira curvilínea, adicionada rente às facas rotatórias, aparafusado na parte inferior da caixa da zona de corte, conforme mostra a Figura 53A. Assim, a peneira permite ser facilmente cambiável para troca

do tamanho desejado do material moído. Cabe ressaltar que, conforme os ensaios realizados, quanto menor forem os orifícios da peneira, mais tempo o material precisará ficar sendo processado na zona de corte, o que levará a uma consequente perda de produtividade, em kg/h.

Figura 53 — Componentes do moinho: (A) peneira e sistema de redução e (B) gaveta



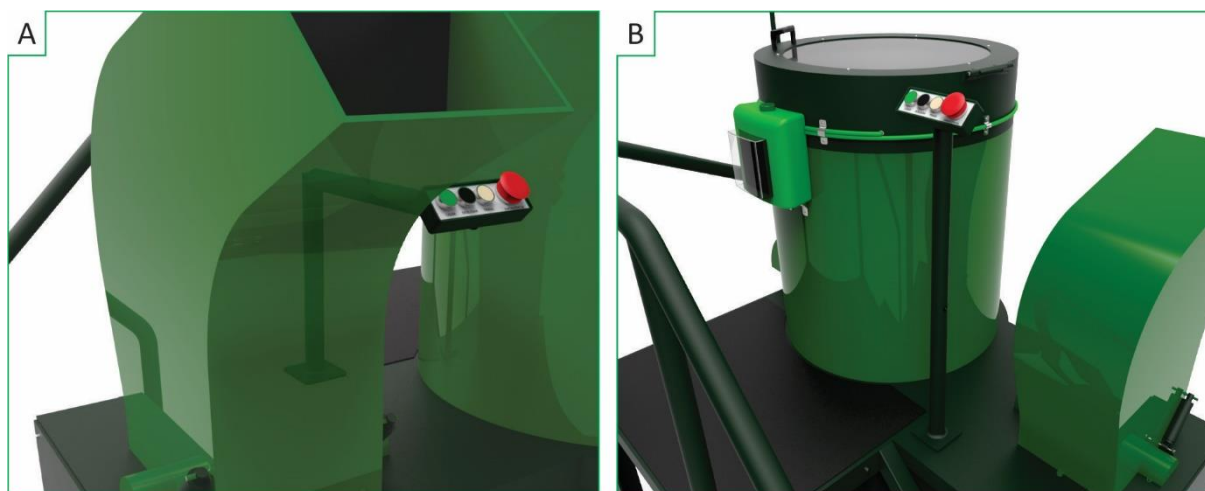
FONTE: Autor (2015).

Após o material moído e limitado pela dimensão da peneira, o mesmo cai dentro da gaveta de armazenamento, visualizada na Figura 53B. A mesma consiste em uma estrutura encaixada na parte inferior da caixa da zona de corte, contendo rodas e um visor de policarbonato. Desse modo o material processado pode ser movido e levado a outro local. Da mesma forma, com a remoção da gaveta, tem-se fácil acesso à parte inferior da caixa, para execução de manutenção e troca de componentes.

9.3 Painel articulado

No presente projeto, com a inclusão de 2 equipamentos diferentes em uma mesma estrutura, e cada um sendo operado de posições diferentes na mesma, fez-se necessária a adição de um sistema de controle que funcionasse em ambas situações. Assim, tanto ao operar o aglutinador quanto o moinho de facas é preciso que o painel encontre-se em uma posição ergonômica e adequada para uso seguro, conforme as normas regulamentadoras previamente mencionadas. Nesse sentido, foi desenvolvido um painel articulado único para ambos equipamentos, que possa ser facilmente ajustado para uma das operações. O componente pode ser visualizado na Figura 54.

Figura 54 — Painel articulado em modo: (A) moinho de facas e (B) aglutinador

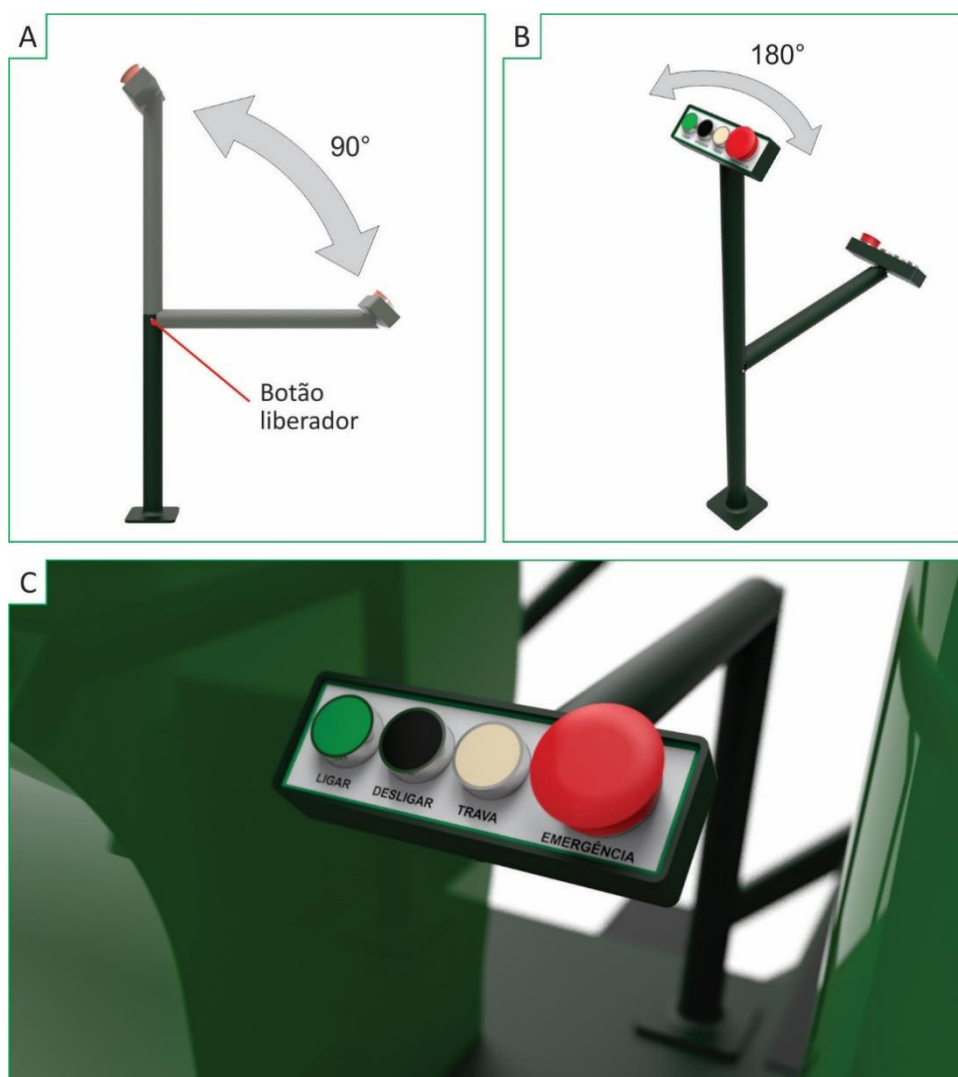


FONTE: Autor (2015).

O painel desenvolvido funciona em dois modos, para uso com o moinho de facas (Figura 45A) e com o aglutinador (Figura 54B). Esse ajuste pode ser realizado facilmente pelo operador, através do pressionamento de um botão liberador localizado na metade da haste de apoio, a qual é fixa na estrutura, conforme mostra a Figura 55A. O botão libera a movimentação da haste superior do painel, a qual pode mover-se 90° horizontalmente, deixando-a próxima ao acesso pelo operador do aglutinador ou do moinho de facas. Da mesma forma, é liberada a rotação do painel de comandos em 180° verticalmente para que se encontre sempre virado na posição correta, independentemente do modo em que estiver sendo utilizado, como visto na Figura 55B.

Os comandos do painel são baseados nas recomendações tanto da norma NBR 15107 (ABNT, 2004), quanto da norma regulamentadora N° 12 (MTE, 2013), sendo mostrado na Figura 55C. Seus comandos incluem o botão de “ligar”, para acionar a movimentação do motor, o de “desligar”, para desativá-lo e o de “emergência”, o que consiste na interrupção abrupta do motor elétrico magnético. Também foi adicionado, conforme as regulamentações, o botão de “trava”, que consiste em um comando para permitir que o botão de ligar seja funcional. Esse botão possui a mesma função que a trava utilizada na base do moinho de facas, quando é acionado pelo corpo do equipamento, quando devidamente fechado (Figura 52). Nesse sentido, o único modo de ligar o equipamento é pelo pressionamento em redundância de ambos os botões de trava: do painel de comandos e do corpo do moinho.

Figura 55 — Painel: articulação (A) horizontal e (B) vertical, e (C) comandos

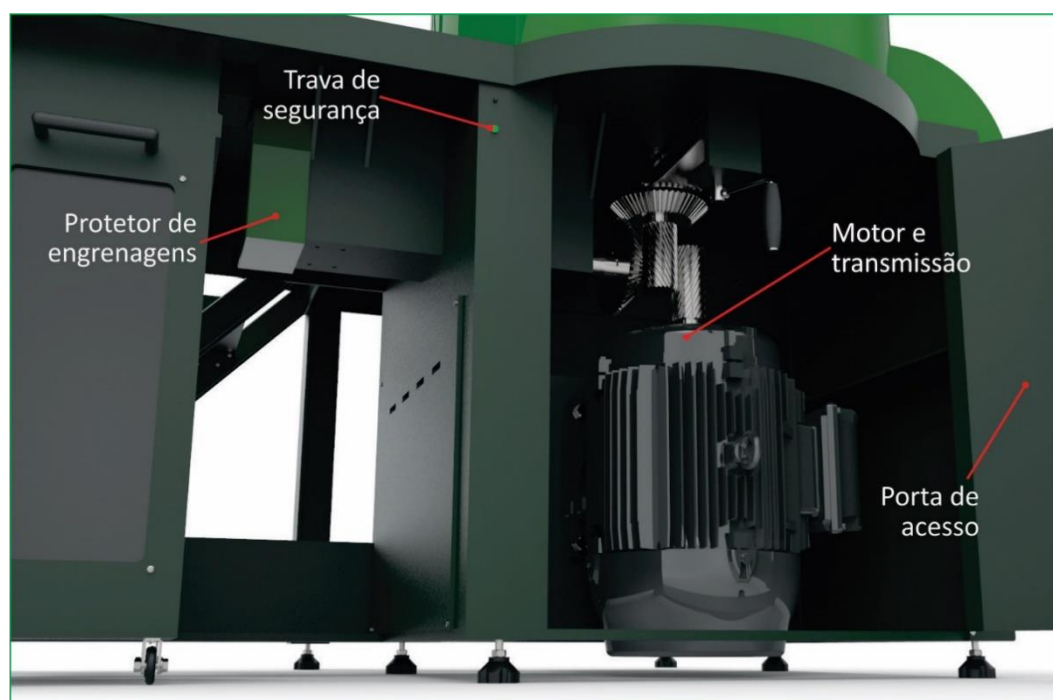


FONTE: Autor (2015).

9.4 Motor e sistema de transmissão

Para o presente projeto, foi optado por se incluir um aglutinador e um moinho em uma mesma estrutura, utilizando um único motor elétrico. Isto fez necessário o desenvolvimento de um sistema de transmissão que permita acionar cada um dos equipamentos de forma individual e segura, sem a necessidade de recorrer a complexos sistemas eletrônicos de regulação. Da mesma forma, o acesso a este sistema precisa ser facilitado, além de a estrutura precisar oferecer estabilidade e segurança. Nesse sentido, a Figura 56 mostra a localização dos elementos estruturais e de tração, os quais permitem o uso adequado do equipamento.

Figura 56 — Localização dos elementos do sistema de tração



FONTE: Autor (2015).

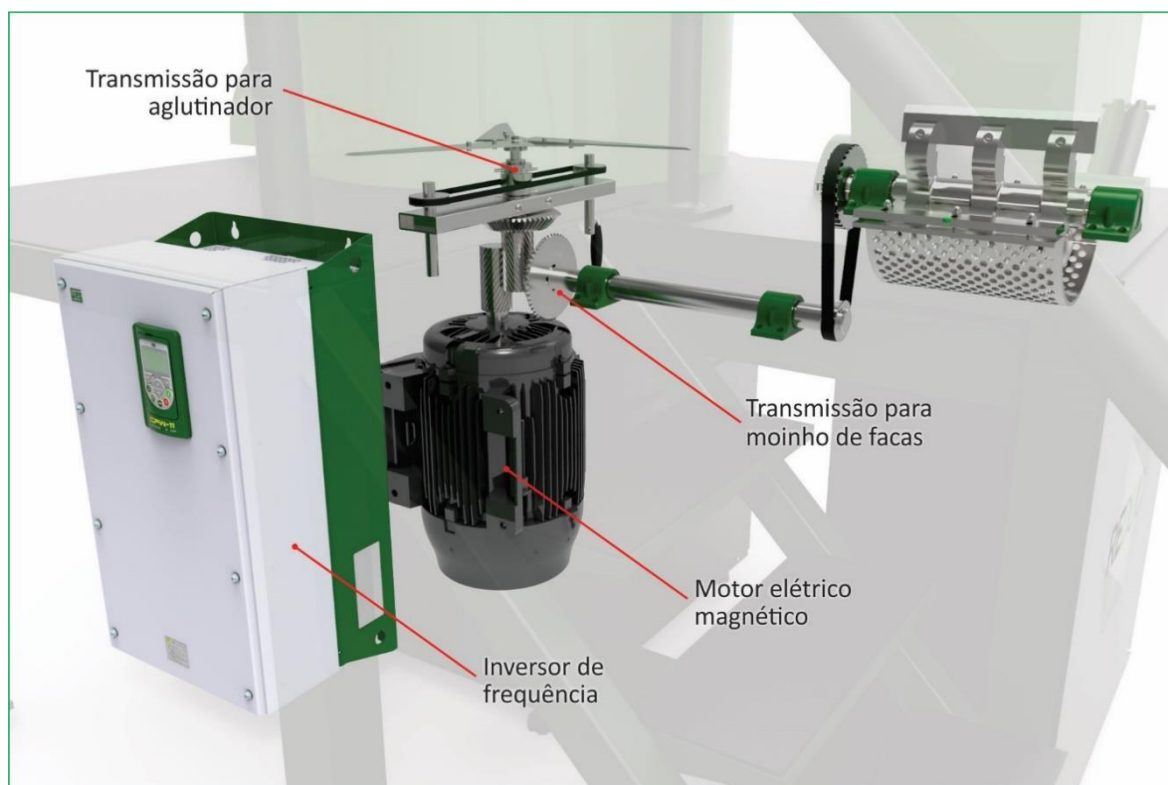
O motor e o sistema de transmissão são localizados abaixo do aglutinador, tendo seu acesso por meio de uma porta com abertura na parte posterior da estrutura. Como analisado anteriormente, o motor elétrico magnético empregado no projeto possui um volume menor que versões convencionais, sendo permitindo posicioná-lo abaixo do aglutinador, mesmo possuindo 50 cv de potência. Segundo informações da fabricante (WEG, 2014), este modelo permite o uso de uma carcaça 160M para motores dessa potência. Os tamanhos de carcaças de motores elétricos são padronizados pela norma NBR 15623-1 – dimensões e séries de potências para máquinas elétricas girantes (ABNT, 2008).

Conforme recomendação das normas de segurança citadas anteriormente, todas as áreas onde há transmissão de movimento ou elementos elétricos precisam ser cobertas e protegidas. Nesse sentido, também foi adicionado uma série de protetores de engrenagens, aparafusados na estrutura, tanto na parte superior quanto inferior. Tais elementos podem ser removidos de maneira rápida para manutenção, expondo os elementos de transmissão. Do mesmo modo, a estrutura também possui um botão de trava de segurança na região de fechamento da porta, visto na Figura 56. O componente funciona da mesma forma que o existente abaixo do corpo do moinho (Figura 52), sendo necessário estar pressionado para

que o acionamento do motor seja efetuado pelo painel de comando.

O sistema de transmissão projetado utiliza o motor elétrico Magnet W22 160M de 50 cv, da fabricante WEG (2014). Esse modelo possui o inversor de frequência CFW11, sendo instalado posteriormente ao motor, abaixo da estrutura, e inclui um sistema de frenagem eficiente e de baixo custo para situações de paradas de emergência, como ao acionar o comando do painel. Além disso, este equipamento permite que a potência do motor seja reduzida para 40 cv, sem perda de torque, permitindo maior flexibilidade de uso e conseqüente maior economia de energia. Com este equipamento, é possível utilizar a potência máxima para o aglutinador, que depende de altas velocidades, e diminuí-la para uso do moinho de facas, que funciona com velocidades mais baixas e não demanda tanta potência, como levantado na Tabela 2. A Figura 57 mostra os elementos principais do sistema de transmissão.

Figura 57 — Elementos principais do sistema de transmissão

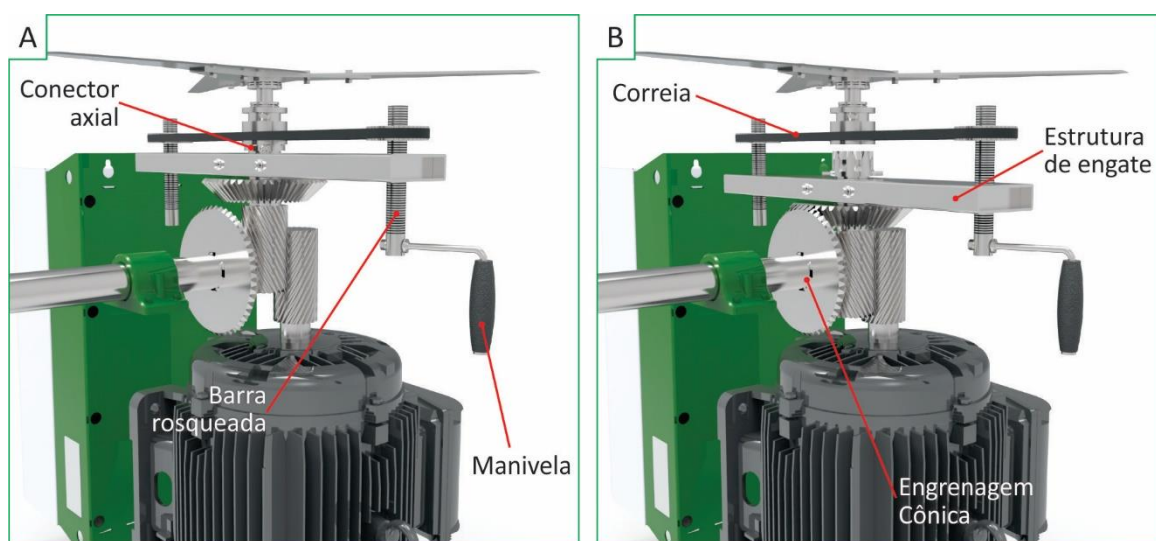


FONTE: Autor (2015).

O projeto utiliza um sistema de transmissão regulável manualmente (Figura 58), que permite

ao operador escolher se o motor elétrico magnético fornecerá tração para o aglutinador (Figura 58A) ou para o moinho de facas (Figura 58B). Para isso, dentro da porta de acesso, na parte inferior da estrutura, sobre o aglutinador, o operador encontrará um sistema composto por uma manivela e um par de barras com rosca trapezoidal, como visto na Figura 58A. Ao movimentá-la ambas as barras serão rotacionadas por meio de um conjunto de engrenagens ligadas a uma correia (Figura 58B), levantando ou abaixando a estrutura de engate.

Figura 58 — Sistema de transmissão para: (A) aglutinador e (B) moinho de facas



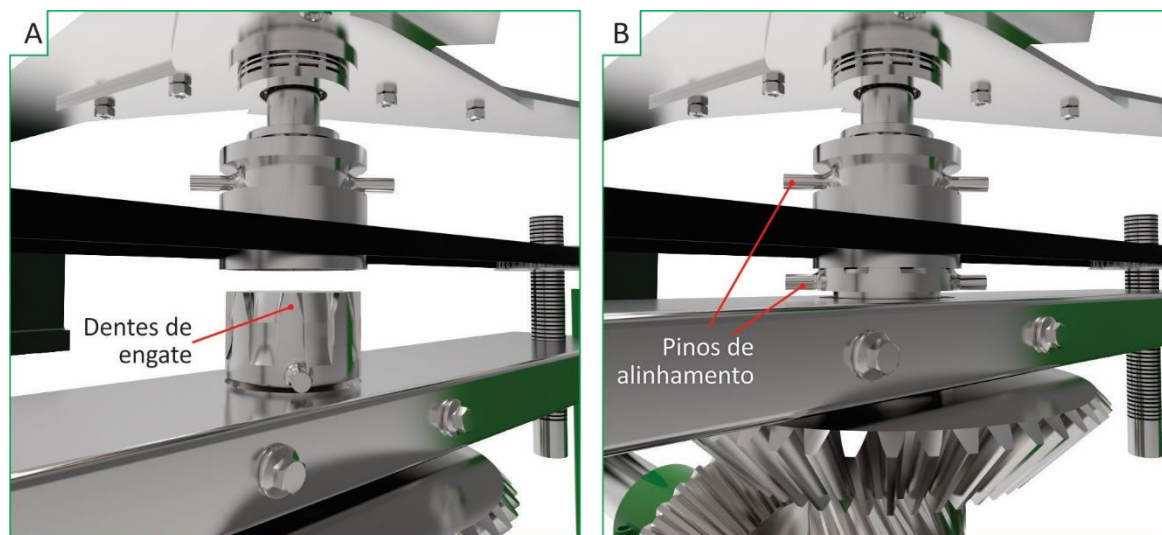
FONTE: Autor (2015).

Para a arrancada inicial da movimentação das lâminas, a partir do repouso, é necessário removê-las de sua posição inercial, demandando um grande pico de energia. Conforme o levantamento da produtividade necessária pelos Centros de Triagem avaliados, não é preciso que ambos o aglutinador e o moinho de facas funcionem simultaneamente. Desse modo, no sistema desenvolvido, o motor fornece tração a apenas um tipo de equipamento de cada vez, evitando o desperdício de energia.

Quando a estrutura de engate encontra-se na posição superior, o motor oferece transmissão ao aglutinador, através de um conector axial (Figura 58A). Já quando ela se encontra na posição inferior, a tração do motor é direcionada ao moinho de facas, transmitida por meio de engrenagens cônicas (Figura 58B). Para o alinhamento do conector axial que liga o motor ao aglutinador, quando a estrutura de engate encontra-se na posição superior, é necessário que

os dentes sejam alinhados adequadamente, para não haver desgaste das peças e risco de desencaixarem durante o funcionamento. Para isso os dentes de engate foram projetados com chanfros auto-alinháveis, em suas extremidades, como mostra a Figura 59A.

Figura 59 — Sistema de engate para aglutinador: (A) desalinhado e (B) alinhado



FONTE: Autor (2015).

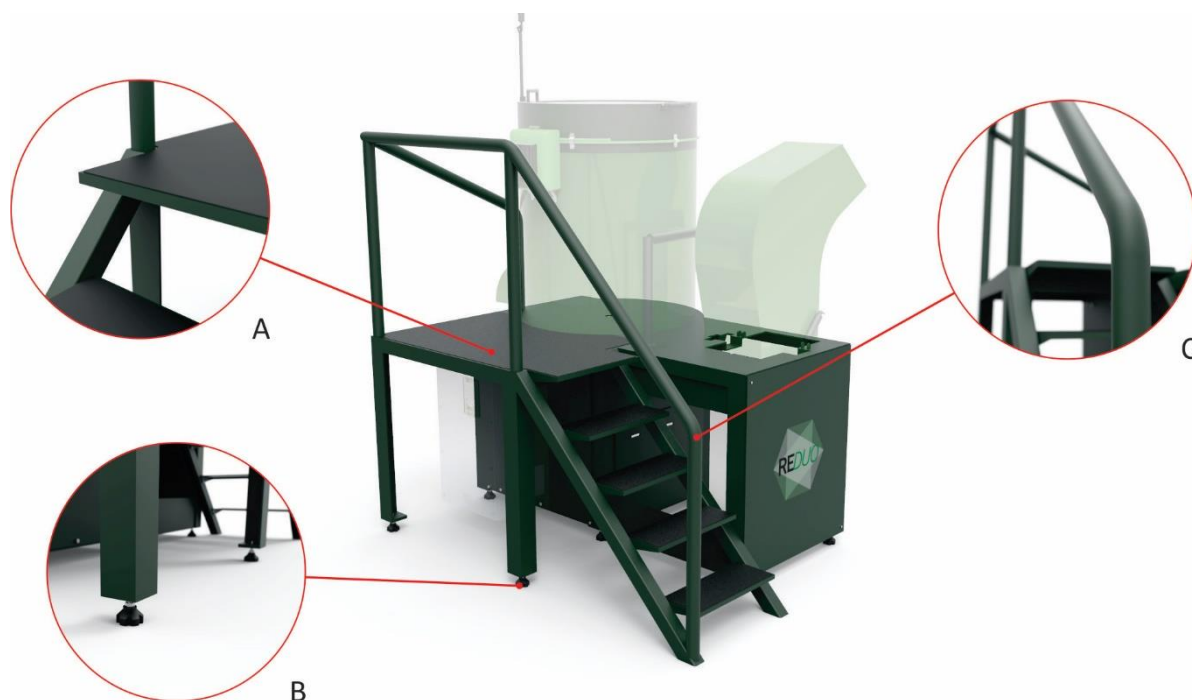
Aos eixos, próximo à região de engate, também foram acrescentados pinos de alinhamento (Figura 59B), os quais guiam o operador ao rotacionar manualmente os eixos, para permitir o encaixe adequado. Desse modo, a troca de posições do sistema de tração pode ser efetuada pelo mesmo funcionário a operá-la. Como não há a necessidade de trocas súbitas entre um equipamento e outro, o processo foi projetado para ser realizado em paralelo com a limpeza e manutenção, realizadas normalmente ao fim do expediente. Por ser manual, a troca da transmissão não demanda componentes eletrônicos ou gastos de energia adicionais.

9.5 Estrutura

Conforme as determinações de segurança, pelas normas de uso de equipamentos pesados (ABNT, 2008; MTE, 2013), a estrutura do projeto precisa ser tanto reforçada, quanto estável. Em seu projeto, foram utilizadas chapas de aço de 1/2 polegada, além de perfis tubulares. Da mesma forma, foram escolhidos elementos de junção que oferecessem segurança e estabilidade, como parafusos sextavados M12 e soldas. Na Figura 60 é possível visualizar os principais

elementos da estrutura, como o revestimento antiderrapante de borracha nos degraus e na área de operação, atrás do aglutinador (Figura 60A).

Figura 60 — Elementos da estrutura: (A) revestimento, (B) pés e (C) corrimão



FONTE: Autor (2015).

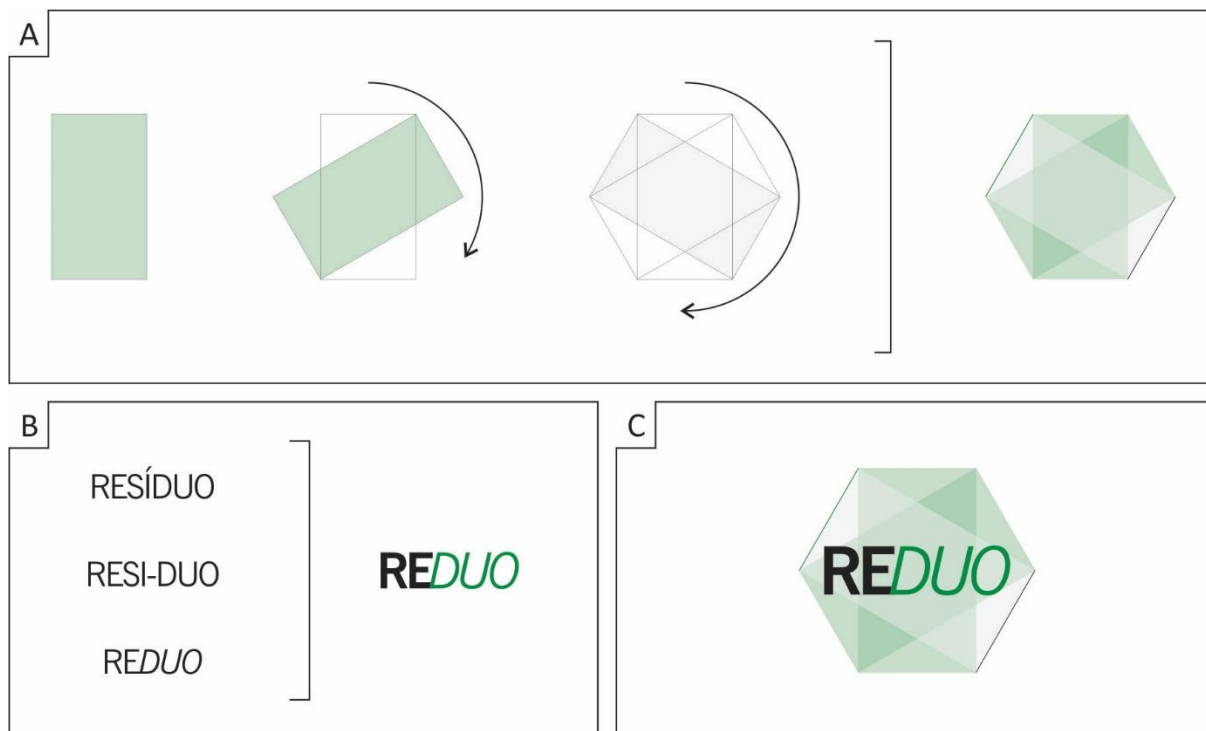
A estrutura utilizada também possui uma série de pés niveladores com sistema antivibratório, visto na Figura 60B, de modo a permitirem sua instalação adequada em diferentes pisos, além de fornecer estabilidade e redução de propagação de ruído pela vibração. A estrutura também teve seu corrimão projetado conforme as recomendações de PANERO e ZELNIK (2001), com uma seção circular de 45 mm de diâmetro, a uma distância de 740 mm do piso (Figura 60C). Os degraus também foram posicionados com 170 mm de altura, um do outro, e 160 mm de profundidade, percorrendo uma estrutura de 45° com o piso, dentro do recomendável tanto por IIDA (2005) quanto por PANERO e ZELNIK (2001).

9.6 Naming e identidade visual

Para a identidade visual do projeto, foi desenvolvido um logo que remetesse tanto ao processo de reciclagem quanto à utilização de dois equipamentos em uma mesma estrutura. A Figura 61 mostra o processo criativo onde o símbolo é formado pela rotação em 3 etapas de

um retângulo, formando uma estrutura hexagonal, que remete aos parafusos sextavados utilizados na estrutura (Figura 61A). Dois dos retângulos possuem coloração verde, simbolizando os dois equipamentos, e o último sendo acinzentado. Todos os retângulos são translúcidos, levando a um efeito de diferentes tonalidades no símbolo.

Figura 61 — Desenvolvimento da identidade visual: (A) símbolo, (B) nome e (C) logo



FONTE: Autor (2015).

Já o processo de *naming* do equipamento foi desenvolvido a partir do material fundamental do projeto, o resíduo (Figura 61B). A palavra foi inicialmente dividida em duas, levando ao destaque do termo “-duo”, presente no final da palavra, o qual representa o uso de dois equipamentos, o aglutinador e o moinho de facas. Já o início do nome foi mantido apenas as letras “re-”, as quais também remete aos 3Rs: reduzir, reutilizar e reciclar. Por fim o nome REDUO foi escolhido por ser de fácil pronúncia, podendo ser escrito com destaque para o “-duo”, em itálico e sem negrito. O logo final, com a adição do nome ao símbolo, é utilizado na chapa lateral direita da estrutura e pode ser visto na Figura 61C.

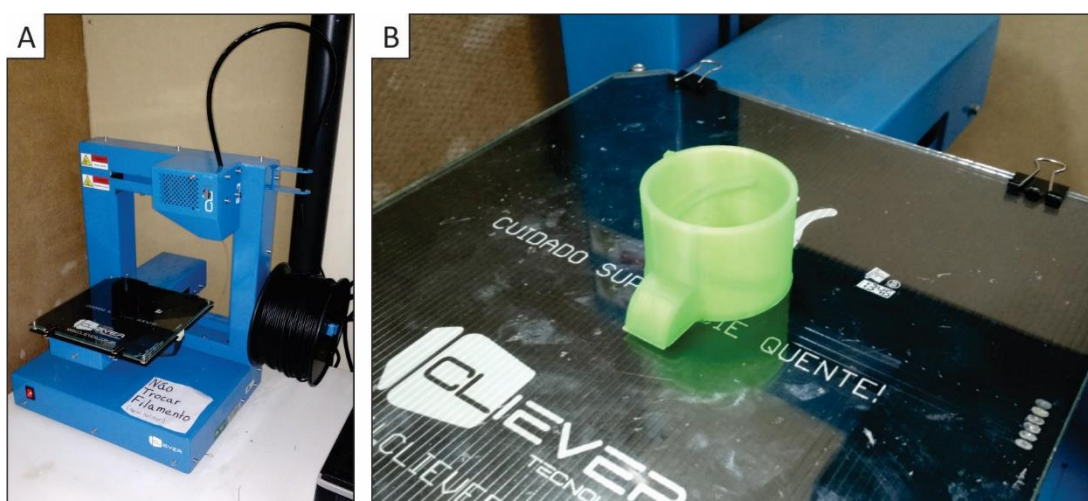
O detalhamento técnico de todas as peças, incluindo vistas explodidas dos subsistemas e dimensionamento dos componentes pode ser visto no APÊNDICE C.

10 VALIDAÇÃO COM MOCKUP

Seguindo a metodologia de PLATCHECK (2012), juntamente com o desenvolvimento e detalhamento do projeto, tem-se a etapa da geração de um protótipo ou *mockup* para verificação de aspectos estéticos, volumétricos e espaciais. Para o presente projeto foi confeccionado um *mockup*, em escala reduzida, do equipamento completo, contendo os subsistemas detalhados e apresentados no capítulo anterior. Devido à natureza do projeto, por tratar-se de um equipamento grande e complexo, a manufatura de um protótipo ou modelo em escala real torna-se inviável.

Como técnica para construção, optou-se por utilizar a prototipagem rápida, a qual consiste em um processo de manufatura no qual material é sobreposto ao invés de removido, como nos métodos tradicionais, *e.g.* usinagem. Para o projeto foi utilizada a impressão 3D, do tipo sobreposição de material fundido (LEFTERI, 2013), no qual um filamento de material polimérico é extrudado e depositado, camada por camada, em uma superfície, gerado o modelo anteriormente projetado em *software* tridimensional. Para o *mockup*, foi utilizado o equipamento marca Cliever® CL1, localizado na Oficina de Modelos e Protótipos da Faculdade de Arquitetura da UFRGS (Figura 62).

Figura 62 — Fabricação do *mockup*: (A) impressora 3D e (B) peça produzida

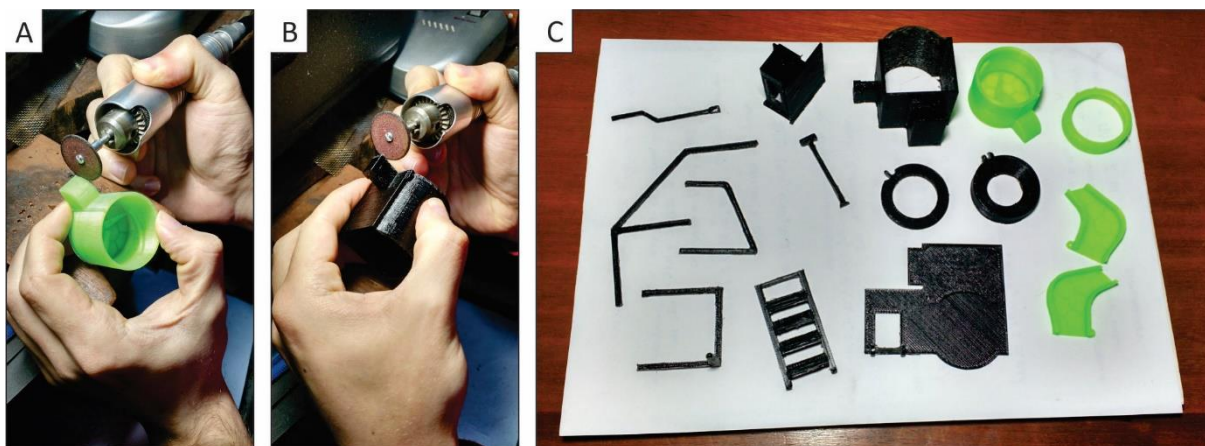


FONTE: Autor (2015).

As peças produzidas (Figura 62B) foram feitas utilizando filamento de PLA de cores preta e

verde, evidenciando as formas e detalhes principais. O modelo possui escala 1:20 e apresenta todos os subsistemas aparentes: aglutinador, moinho de facas, e estrutura. Após a impressão das peças individuais, foi utilizado uma micro retífica para acabamento e finalização das peças, como visto na Figura 63A e B.

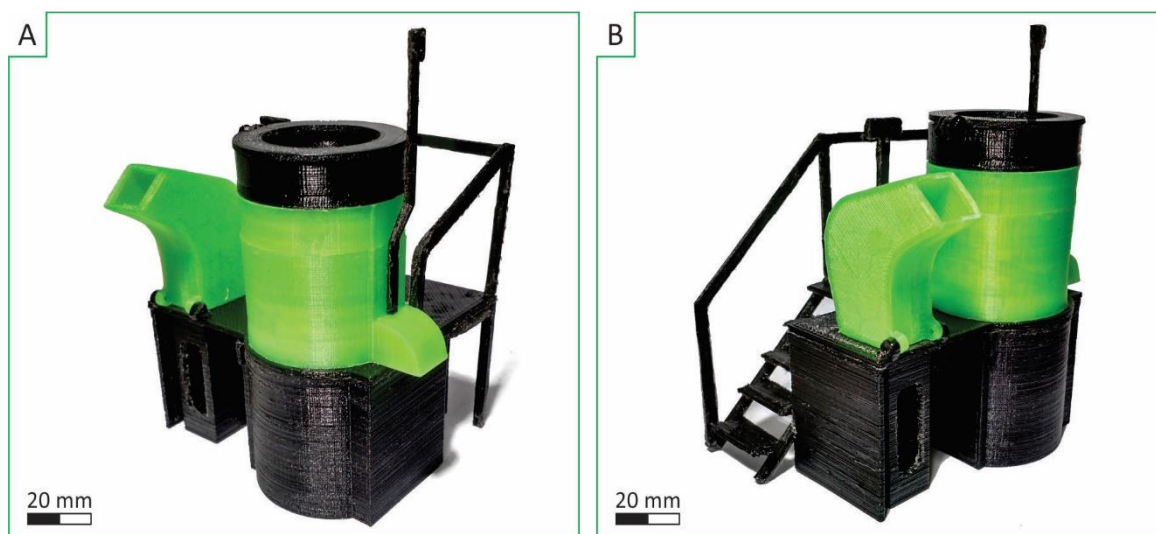
Figura 63 — Acabamento manual: (A) aglutinador, (B) suporte e (C) peças impressas



FONTE: Autor (2015).

Com o acabamento manual realizado em todas as peças (Figura 63B), as mesmas foram unidas utilizando cola para PVC. Este adesivo possui cetona como solvente, sendo escolhido devido à sua compatibilidade com o material utilizado nas peças, o poliácido láctico (PLA). O *mockup* final montado pode ser visualizado na Figura 64.

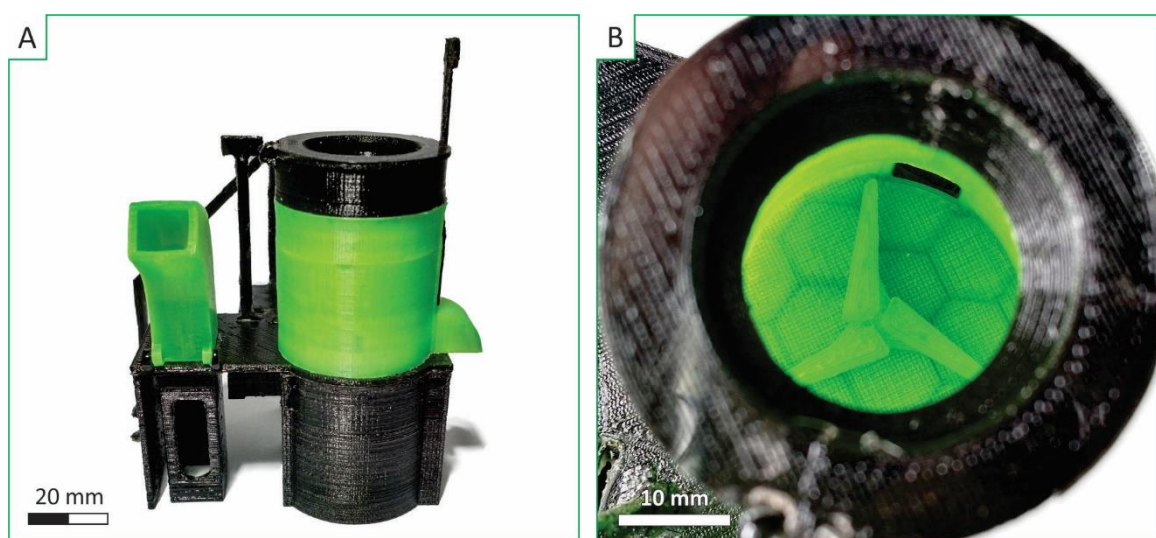
Figura 64 — *Mockup* em escala: vista (A) do aglutinador e (B) do moinho de facas



FONTE: Autor (2015).

Na Figura 64A é mostrado o detalhe do lado esquerdo da estrutura, onde se encontra o aglutinador e a alavanca para liberação do material pós moagem. Já na Figura 64B, pode ser visto o lado direito do equipamento, com detalhe do moinho de facas e da escada, em sua parte posterior. Devido às dimensões do modelo na escala utilizada, possuindo 101 mm de altura, 83 mm de largura e 66 mm de profundidade, o projeto teve de ser remodelado para manter uma espessura mínima de 2 mm em todo seu volume, para garantir maior rigidez estrutural. Nesse sentido, algumas formas menores tiveram de ser simplificadas para uma impressão correta. Na Figura 65A é mostrado a vista frontal do modelo.

Figura 65 — *Mockup* produzido: (A) vista frontal e (B) detalhe das lâminas do aglutinador



FONTE: Autor (2015).

Mesmo com a simplificação de formas para correta impressão 3D na escala de 1:20, foi possível manter o detalhe das lâminas do aglutinador, visto na Figura 65B. Este tipo de modelo volumétrico permitiu, então, verificar a distribuição espacial dos elementos, auxiliando na etapa de validação do projeto, conforme a metodologia seguida. A escolha dos materiais utilizados e, conseqüentemente das cores de acabamento do equipamento desenvolvido, juntamente com as formas gerais, mostraram-se esteticamente equilibradas.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da indústria de polímeros levou a uma constante busca para a recuperação de produtos feitos deste material, após seu descarte. Em embalagens e demais produtos com características efêmeras, o uso de polímeros acaba por determinar um crescente aumento de resíduos acumulados, sem haver o correto tratamento para reciclá-los. Nos centros de triagem de Porto Alegre, grande parte deste material é rejeitada, com destaque para os filmes poliméricos, muito utilizados em embalagens de alimentos, os quais são totalmente desprezados, terminando em aterros sanitários.

Este projeto buscou o desenvolvimento de um equipamento que permitisse o reprocessamento de resíduos do tipo filme, em que se utiliza um aglutinador, e do tipo semirrígido, com um moinho de facas. Devido à necessidade de centros de triagem e empresas recicladoras possuírem um meio de beneficiamento para ambos os tipos de resíduos, uma alternativa híbrida foi buscada, que contemplasse este cenário. As semelhanças entre os equipamentos foram aproveitadas, de modo a utilizar uma única fonte de tração, motor elétrico, com um sistema de transmissão que permitisse selecionar, com segurança, qual equipamento será individualmente operado.

A metodologia adotada de PLATCHECK (2012) foi fundamental para o desenvolvimento de um produto que possua foco em aspectos ambientais. As etapas de análise do problema, através de contatos com o público-alvo, e determinação de suas necessidades e problemas, conduziram o projeto. Foi realizado uma revisão bibliográfica do tema para fundamentar sua pertinência como cenário a ser revisto e trabalhado. Com a totalidade do levantamento informacional, pôde-se realizar ensaios nos equipamentos-alvo (aglutinador e moinho de facas) e conhecer suas características que necessitavam de novos desenvolvimentos.

Com a verificação estética e espacial do projeto, através do *mockup* em escala, e seu detalhamento técnico, respeitando as recomendações normalizadas de segurança e ergonomia, o projeto pôde ser validado. O funcionamento interno de seus componentes, bem como a eficiência dos sistemas de moagem, incluindo o motor e as facas, foram comprovados ao longo

dos estudos com equipamentos similares, no levantamento informacional nos centros de triagem e nas empresas de reciclagem e de fabricação dos produtos do tipo.

Cabe observar que aspectos relacionados à proteção do operador contra vibração e som causados pelo funcionamento do equipamento não foram levantados. Do mesmo modo, pelo fato de o produto conter uma saída de vapor no aglutinador, no lado posterior ao usuário, evidentemente, faz-se necessário que terceiros não se aproximem desta região durante o funcionamento.

Com os conhecimentos aprendidos durante o curso, foi possível pesquisar e gerar alternativas conceituais de sistemas e subsistemas, que auxiliassem na escolha da melhor configuração a ser seguida no projeto. As visitas técnicas foram fundamentais para ampliação do conhecimento dos equipamentos, seu funcionamento e detalhes de manufatura. Por fim, o embasamento nas normas de segurança e ergonomia permitiu que o projeto seja bem estruturado e, seus componentes, bem definidos com a certificação do cumprimento de seu propósito, no escopo levantado.

REFERÊNCIAS

- ABILITY. **Aglutinador**. Disponível em:
<<http://www.tudoparareciclagem.com.br/aglutinador.php>>. Acesso em: 9 nov. 2014.
- ABIPLAST - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. **Perfil 2013 da Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico**. São Paulo: ABIPLAST, 2013. Disponível em: <http://file.abiplast.org.br/download/links/links_2014/perfil2013_abiplast_final_web.pdf>. Acesso em: 10 out. 2014.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15107:2004 - Máquinas para elastômeros e plásticos - Máquinas fragmentadoras - Requisitos de segurança para moinhos granuladores de lâminas**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15623-1:2008 - Máquina elétrica girante - Dimensões e séries de potências para máquinas elétricas girantes - Padronização**. Rio de Janeiro, 2008.
- ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013**. São Paulo: ABRELPE, 2013.
- ACC - AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL. **Thermoplastic Resin Sales by Major Market 2009-2013**. Washington: American Chemistry Council, 2014. Disponível em:
<<http://www.americanchemistry.com/Jobs/EconomicStatistics/Plastics-Statistics/Total-Sales-Captive-Use-by-Major-Market.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2014.
- AL-SALEM, S. M.; LETTIERI, P.; BAEYENS, J. Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW) : A review. **Waste Management**, v. 29, n. 10, p. 2625–2643, out. 2009.
- ASHBY, M. F. **Materials Selection in Mechanical Design**. 4th. ed. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2010.
- ASHBY, M. F. **Materials and the Environment : Eco-informed Material Choice**. 2nd. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2013.
- ASHBY, M. F.; JOHNSON, K. **Materiais e Design : Arte e Ciência na Seleção de Materiais em Projeto de Produto**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: CAMPUS, 2010.
- ASTM. **ASTM D7611 / D7611M - 13e1 Standard Practice for Coding Plastic Manufactured Articles for Resin Identification**. Washington: ASTM, 2013a. Disponível em:
<<http://www.astm.org/Standards/D7611.htm>>. Acesso em: 11 out. 2014.
- ASTM. **ASTM Plastics Committee Releases Major Revisions to Resin Identification Code (RIC) Standard**. Disponível em:
<<http://www.astmnewsroom.org/default.aspx?pageid=3115>>. Acesso em: 11 out. 2014b.

AZAPAGIC, A.; EMSLEY, A.; HAMERTON, L. **Polymers, the Environment and Sustainable Development**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2003.

AZAPAGIC, A.; PERDAN, S. (EDS.). **Sustainable Development in Practice : Case Studies for Engineers and Scientists**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2011.

BACK, N. *et al.* **Projeto integrado de produtos : planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008.

BARATZA. **Conical Burr Coffee Grinder**. Disponível em: <<http://www.baratza.com/>>. Acesso em: 15 nov. 2014.

BAXTER, M. **Projeto de Produto : Guia Prático para o Design de Novos Produtos**. 2ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

BEL FIX. **Bolsas térmicas**. Disponível em: <<http://www.belfix.com.br/produto-detalle/praiacamping/37/17427>>. Acesso em: 2 fev. 2015.

BETTER LIVING. **LINEA Luxury Double Shower Dispenser | Soap Dispenser**. Disponível em: <http://www.dispenser.com/LINEA_Double_Dispenser/>. Acesso em: 17 nov. 2014.

BLACKBURN, W. R. **The Sustainability Handbook : The Complete Management Guide to Achieving Social, Economic, and Environmental Responsibility**. London: Earthscan, 2007.

BRASIL. LEI Nº 12.305 DE 2 DE AGOSTO DE 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2 ago. 2010.

CALLISTER; D., J. W. **Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada**. 2a. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2006.

CAMP - CENTRO DE ASSESSORIA MULTIPROFISSIONAL. **Reciclagem em debate - projetos e parcerias do CAMP na área de reciclagem**. Porto Alegre: CAMP, 2014. Disponível em: <<http://camp.org.br/files/2014/07/Caderno-vento-sul-4-Reciclagem.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2014.

CÂNDIDO, L. H. A. **Estudo do ciclo de reciclagem de materiais em blendas acrilonitrila-butadieno-estireno/policarbonato**. Tese apresentada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais: UFRGS, 2011.

CÂNDIDO, L. H. A.; PALOMBINI, F. L.; KINDLEIN JÚNIOR, W. Symbology For Materials Recycling Cycle Indication In Containers. **Book of Proceedings - 2nd International Conference in Design and Graphic Art**, p. 123–125, Tomar: Instituto Politécnico de Tomar, 2011.

CEA - CENTRO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL. **Centro de Triagem da Vila Pinto**. Disponível em: <<http://ceavilapinto.org.br/ctvp>>. Acesso em: 16 out. 2014.

CEMPRE - COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Pesquisa Ciclosoft 2012**. São Paulo: CEMPRE, 2012. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/Ciclosoft2012.pdf>>.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. **Chemistry**. 11th. ed. New York: McGraw-Hill, 2012.

CONSUL. **Lavadora Consul Facilite Estoque Fácil**. Disponível em: <<http://www.consul.com.br/produto/lavadora-consul-facilite-estoque-facil-115-kg/>>. Acesso em: 2 fev. 2015.

DALY, H. E. Toward some operational principles of sustainable development. **Ecological Economics**, v. 2, n. 1, p. 1–6, abr. 1990.

DAVIS, F. J. **Polymer Chemistry : A Practical Approach**. New York: Oxford University Press, 2004.

DMLU - DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos** Porto Alegre Prefeitura Municipal de Porto Alegre, , 2013. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmlu/usu_doc/pmgirs_porto_alegre_volume_1.pdf>

EBEWELE, R. O. **Polymer Science and Technology**. New York: CRC Press, 2000.

ELKINGTON, J. **Cannibals with Forks : The Triple Bottom Line of 21st Century Business**. Oxford: Capstone, 1997.

FISCHER, T. **Materials Science for Engineering Students**. Burlington: Academic Press, 2009.

GINLEY, D. S.; CAHEN, D. (EDS.). **Fundamentals of Materials for Energy and Environmental Sustainability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

GOLD PRESS. **Aglutinador de Plástico**. Disponível em: <<http://www.goldpress.com.br/descricao/2>>. Acesso em: 9 nov. 2014.

HAGGAR, S. EL. **Sustainable Industrial Design and Waste Management : Cradle-to-Cradle for Sustainable Development**. [s.l.] Academic Press, 2010.

HENS, L.; NATH, B. **The World Summit on Sustainable Development : The Johannesburg Conference**. Dordrecht: Springer Science & Business Media, 2006.

HOSETTI, B. B. **Prospects and Perspective of Solid Waste Management**. New Delhi: New Age International, 2006.

IIDA, I. **Ergonomia : projeto e produção**. 2ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília: IPEA, 2012. Disponível em:

<http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf>.

JEDLICKA, W. **Sustainable Graphic Design : Tools, Systems and Strategies for Innovative Print Design**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.

JOHNSON, A.; GIBSON, A. **Sustainability in Engineering Design**. Oxford: Academic Press, 2014.

KARANA, E.; PEDGLEY, O.; ROGNOLI, V. (EDS.). **Materials Experience : fundamentals of materials and design**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014.

KEANE, M. Catalytic conversion of waste plastics: focus on waste PVC. **Journal of chemical technology and biotechnology**, v. 82, n. 9, p. 787–795, 2007.

KIE. **Aglutinadores**. Disponível em: <<http://kie.com.br/index.php/aglutinadores>>. Acesso em: 9 nov. 2014.

KINDLEIN JÚNIOR, W. *et al.* **EcoDesign**. Disponível em: <<http://ndsm.ufrgs.br/>>.

KINDLEIN JÚNIOR, W. O Tempo e o Design (In)Sustentável. In: **Design, Resíduo & Sociedade**. São Paulo: Editora Olhares, 2014. p. 29–39.

LECHNER, N. **Heating, Cooling, Lighting : Sustainable Design Methods for Architects**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc, 2014.

LEFTERI, C. **Como se Faz : 92 Técnicas de Fabricação para Design de Produtos**. 2ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2013.

LEFTERI, C. **Materials for Design**. London: Laurence King Publishing, 2014.

LESSA. **Aglutinadores para reciclagem plástica**. Disponível em: <http://www.lessamaquinas.com.br/prod_detalhes.php?id_prod=15>. Acesso em: 9 nov. 2014.

LUCAS, E. F.; SOARES, B. G.; MONTEIRO, E. **Caracterização de Polímeros : Determinação de Peso Molecular e Análise Térmica**. Rio de Janeiro: E-papers, 2001.

MAGRINI, A. *et al.* **Impactos ambientais causados pelos plásticos : uma discussão abrangente sobre os mitos e os dados científicos**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2012.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to Cradle : Remaking the Way We Make Things**. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2010.

MEADOWS, D. H. *et al.* **Limits to Growth : A report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind**. New York: Universe Books, 1972.

MICROPLANE. **Herb Mill**. Disponível em: <<http://microplane.com/>>. Acesso em: 15 nov. 2014.

MONTEIRO, J. H. P. *et al.* **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MTE - MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos** Brasília, 2013.

NAJAM, A.; CLEVELAND, C. J. Energy and Sustainable Development at Global Environmental Summits : An Evolving Agenda. **Environment, Development and Sustainability**, v. 5, n. 1-2, p. 117–138, 1 mar. 2003.

NINJA KITCHEN. **Product site**. Disponível em: <<http://www.ninjakitchen.com/>>. Acesso em: 15 nov. 2014.

OLABISI, O. (ED.). **Handbook of Thermoplastics : Plastics Engineering (41)**. New York: CRC Press, 1997.

PALOMBINI, F. L.; FERNANDES, R. H.; CÂNDIDO, L. H. A. Reuse of consumer electronic components and wind energy in the design of innovative products. **Proceedings of the International Symposium on Sustainable Design**, p. 572–578, Porto Alegre: Unissinos, 2013.

PANERO, J.; ZELNIK, M. **Dimensionamento humano para espaços interiores: um livro de consulta e referência para projetos**. [s.l.] Gustavo Gili, 2001.

PLASTICS EUROPE. **Plastics – The Facts 2013 : An analysis of European latest plastics production, demand and waste data**. Bruxelas: Plastics Europe, 2013. Disponível em: <<http://www.plasticseurope.org/cust/documentrequest.aspx?DocID=59108>>.

PLASTIMAX. **Aglutinadores**. Disponível em: <<http://www.plastimaxmaquinas.com.br/Produtos.aspx?XD=34>>. Acesso em: 9 nov. 2014.

PLASTIVIDA - INSTITUTO SÓCIO-AMBIENTAL DOS PLÁSTICOS. **Monitoramento dos Índices de Reciclagem Mecânica de Plásticos no Brasil - IRMP**. São Paulo: PLASTIVIDA, 2013. Disponível em: <http://www.plastivida.org.br/2009/pdfs/IRmP/Apresentacao_IRMP_2012.pdf>. Acesso em: 10 out. 2014.

PLATCHECK, E. R. **Design Industrial : Metodologia de Ecodesign para o Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. Porto Alegre: Atlas, 2012.

PREMIATA. **Aglutinador**. Disponível em: <<http://maquinaspremiata.com.br/aglutinador/>>. Acesso em: 9 nov. 2014.

PRIMOTÉCNICA. **Aglutinadores**. Disponível em: <<http://www.primotecnica.com.br/aglutinadores.php>>. Acesso em: 9 nov. 2014.

RANA, S. V. S. **Essentials of Ecology and Environmental Science**. Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd., 2013.

RONE. **Aglutinador**. Disponível em: <<http://www.rone.com.br/aglutinador.html>>. Acesso em: 9 nov. 2014.

ROOSA, S. A. **Sustainable Development Handbook**. 2nd. ed. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 2010.

SCHNEIDER, D. C. **Quantitative Ecology : Measurement, Models and Scaling**. London: Academic Press, 2009.

SCOTT, G. **Polymers and the Environment**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1999.

SEIBT. **Aglutinadores**. Disponível em: <http://www.seibt.com.br/produtos_interna.php?id=38>. Acesso em: 9 nov. 2014.

SIMPLÁS - SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE MATERIAL PLÁSTICO DO NORDESTE GAÚCHO. **Análise do Perfil da Indústria de Reciclagem Mecânica de Plásticos no Rio Grande do Sul**. Caxias do Sul: SIMPLÁS, 2011. Disponível em: <http://www.simplas.com.br/www/uploads/downloads/Relatorio_Estudo_Mercado_Reciclagem_RS_set_2011.pdf>. Acesso em: 11 out. 2014.

SOUZA, M. T. S. DE; PAULA, M. B. DE; SOUZA-PINTO, H. DE. O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo. **Revista de Administração de Empresas**, v. 52, n. 2, p. 246–262, abr. 2012.

SPI - THE SOCIETY OF THE PLASTICS INDUSTRY. **Plastic fact sheet**. Washington: The Society of the Plastics Industry, 2012. Disponível em: <[http://www.plasticsindustry.org/files/industry/facts/Plastics fact sheet 2010-2011_1355148983205_1.pdf](http://www.plasticsindustry.org/files/industry/facts/Plastics_fact_sheet_2010-2011_1355148983205_1.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2014.

STREET, A.; ALEXANDER, W. **Metals in the Service of Man**. 11th. ed. Harmondsworth: Penguin UK, 1999.

TEEGARDEN, D. M. **Polymer Chemistry : Introduction to an Indispensable Science**. Arlington: NSTA Press, 2004.

THERMOS. **Products**. Disponível em: <<http://www.thermos.com/>>. Acesso em: 17 nov. 2014.

TORTAJADA, C.; ALTINBILEK, D.; BISWAS, A. K. **Impacts of Large Dams : A Global Assessment: A Global Assessment**. New York: Springer Science & Business Media, 2012.

UNITED NATIONS. **Report of the World Summit on Sustainable Development : Johannesburg, South Africa, 26 August-4 September 2002**. Johannesburg: United Nations Publications, 2002.

VALLERO, D.; BRASIER, C. **Sustainable Design : The Science of Sustainability and Green Engineering**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

VEZZOLI, C. A.; MANZINI, E. **Design for Environmental Sustainability**. London: Springer, 2008.

WALKER, S. **Sustainable by design : explorations in theory and practice**. London: Routledge, 2006.

WALKER, S.; GIARD, J.; WALKER, H. L. **The Handbook of Design for Sustainability**. London: Bloomsbury Academic, 2013.

WCED - WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

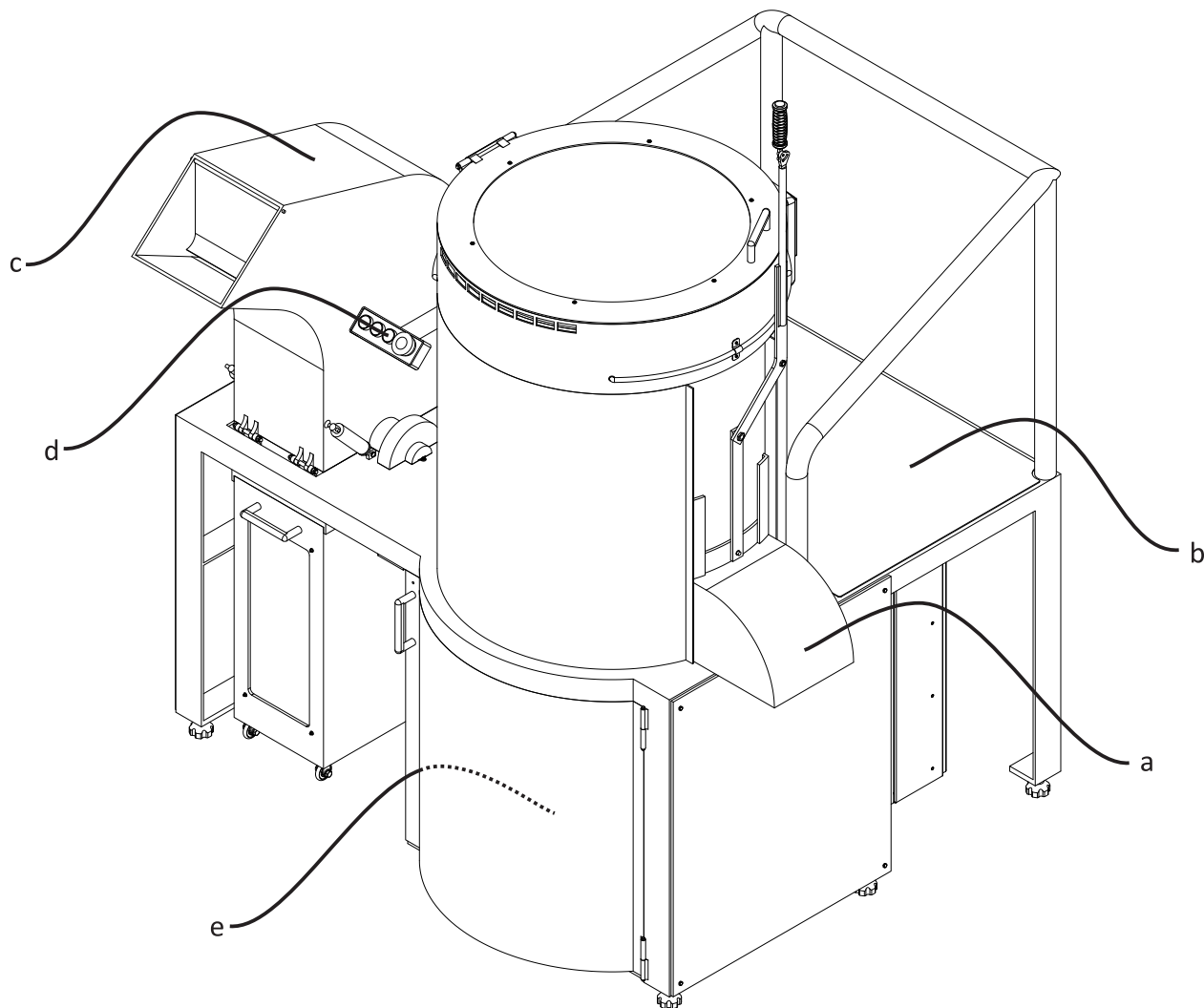
WEG. **Motores Elétricos Industriais**. Disponível em: <<http://www.weg.net/br>>. Acesso em: 19 nov. 2014.

WG. **Aglutinador**. Disponível em: <<http://www.wgmaquinas.com.br/aglutinador.php>>. Acesso em: 9 nov. 2014.

APÊNDICE B – Matriz de Pugh

	Pesos											0,072							
		0,079	0,054	0,047	0,076	0,074	0,079	0,032	0,049	0,057	0,064		0,054	0,062	0,027	0,058	0,062	0,054	0,072
1	Avaliação	3	3	2	2	3	2	3	3	3	1	2	2	2	3	2	2	2	41
	Sub-total	0,237	0,163	0,094	0,153	0,222	0,158	0,096	0,099	0,170	0,192	0,163	0,062	0,054	0,116	0,185	0,109	0,143	2,414
2	Avaliação	2	3	2	1	4	2	4	3	3	3	1	2	3	2	4	2	2	42
	Sub-total	0,158	0,163	0,094	0,076	0,296	0,158	0,128	0,049	0,170	0,192	0,163	0,062	0,054	0,174	0,123	0,217	0,143	2,420
3	Avaliação	4	4	3	4	4	4	3	1	4	3	1	2	3	4	2	3	3	52
	Sub-total	0,316	0,217	0,141	0,306	0,296	0,316	0,096	0,148	0,057	0,256	0,163	0,062	0,054	0,174	0,247	0,109	0,215	3,170
4	Avaliação	3	3	3	4	4	4	3	4	4	3	3	3	3	4	2	3	3	56
	Sub-total	0,237	0,163	0,141	0,306	0,296	0,316	0,096	0,148	0,227	0,256	0,163	0,185	0,081	0,174	0,247	0,109	0,215	3,358
5	Avaliação	5	5	4	5	4	5	3	4	4	5	4	4	4	5	3	3	3	72
	Sub-total	1,184	0,814	0,375	0,764	0,888	0,789	0,289	0,493	0,681	0,962	0,651	0,247	0,217	0,580	0,740	0,326	0,429	10,427

APÊNDICE C – Detalhamentos técnicos

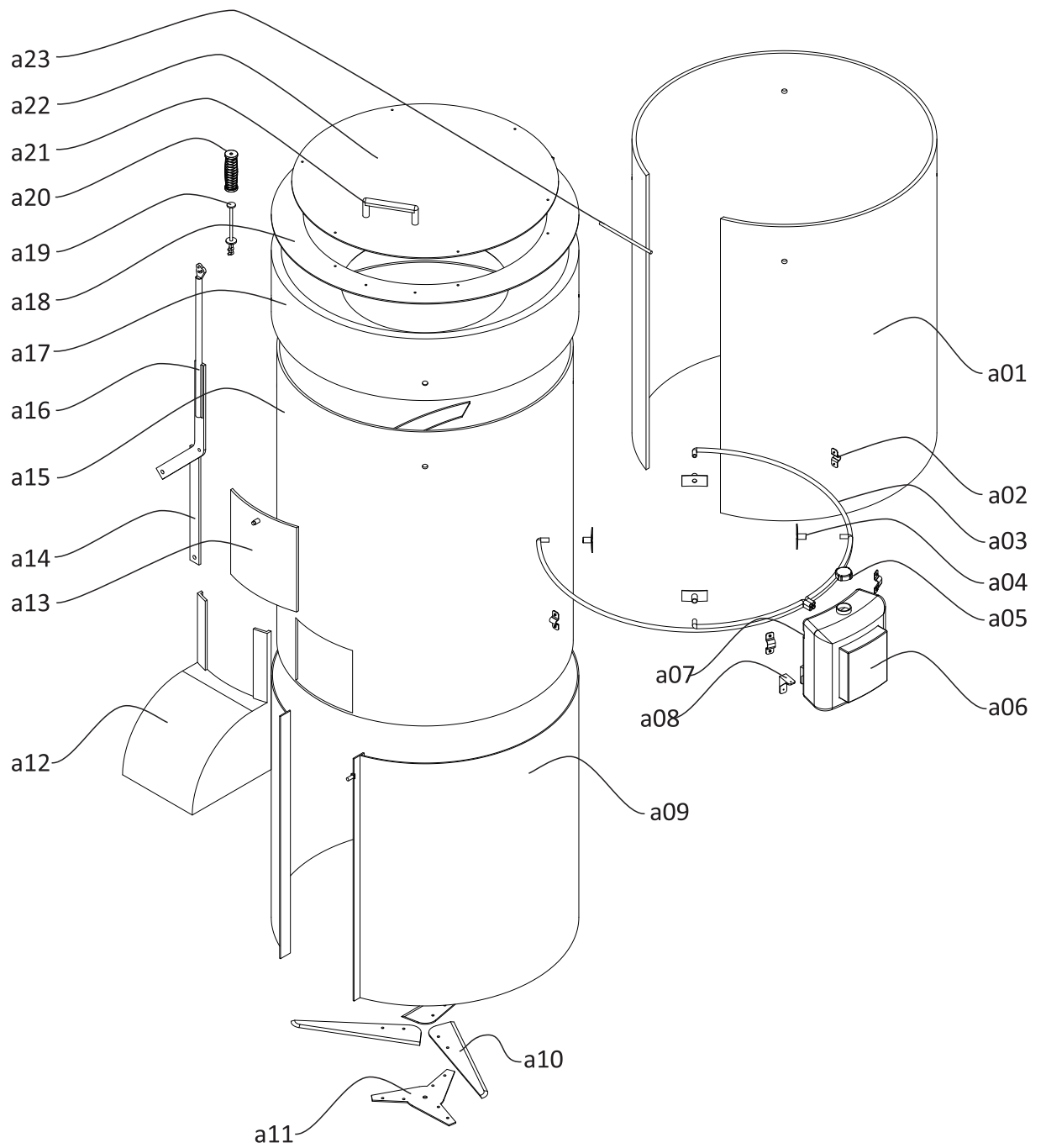


a	Subsistema Aglutinador
b	Subsistema Estrutura
c	Subsistema Moinho de facas
d	Subsistema Painel
e	Subsistema Motor e transmissão



DETALHAMENTO TÉCNICO - EQUIPAMENTO E SUBSISTEMAS

Felipe Luis Palombini	Projeto REDUO	Componentes	ESCALA 1:15
Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto		2015	Página 1/1



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA A - AGLUTINADOR



Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

Vista explodida

ESCALA 1:15

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

Página 1/2

a01	Placa isolante	a13	Tampa de liberação
a02	Braçadeira do tubo	a14	Alavanca intermediária
a03	Tubo	a15	Tambor interno
a04	Encaixe de tubo	a16	Alavanca de abertura
a05	Tampa recipiente	a17	Direcionador cônico de vapor
a06	Bombeador	a18	Tampa do aglutinador
a07	Recipiente	a19	Suporte de pega da alavanca
a08	Fixador do recipiente	a20	Manopla da alavanca
a09	Tambor externo	a21	Manopla de porta
a10	Faca do aglutinador	a22	Viseira
a11	Suporte das facas do aglutinador	a23	Pino dobradiça da tampa
a12	Direcionador de resíduo		



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA A - AGLUTINADOR

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

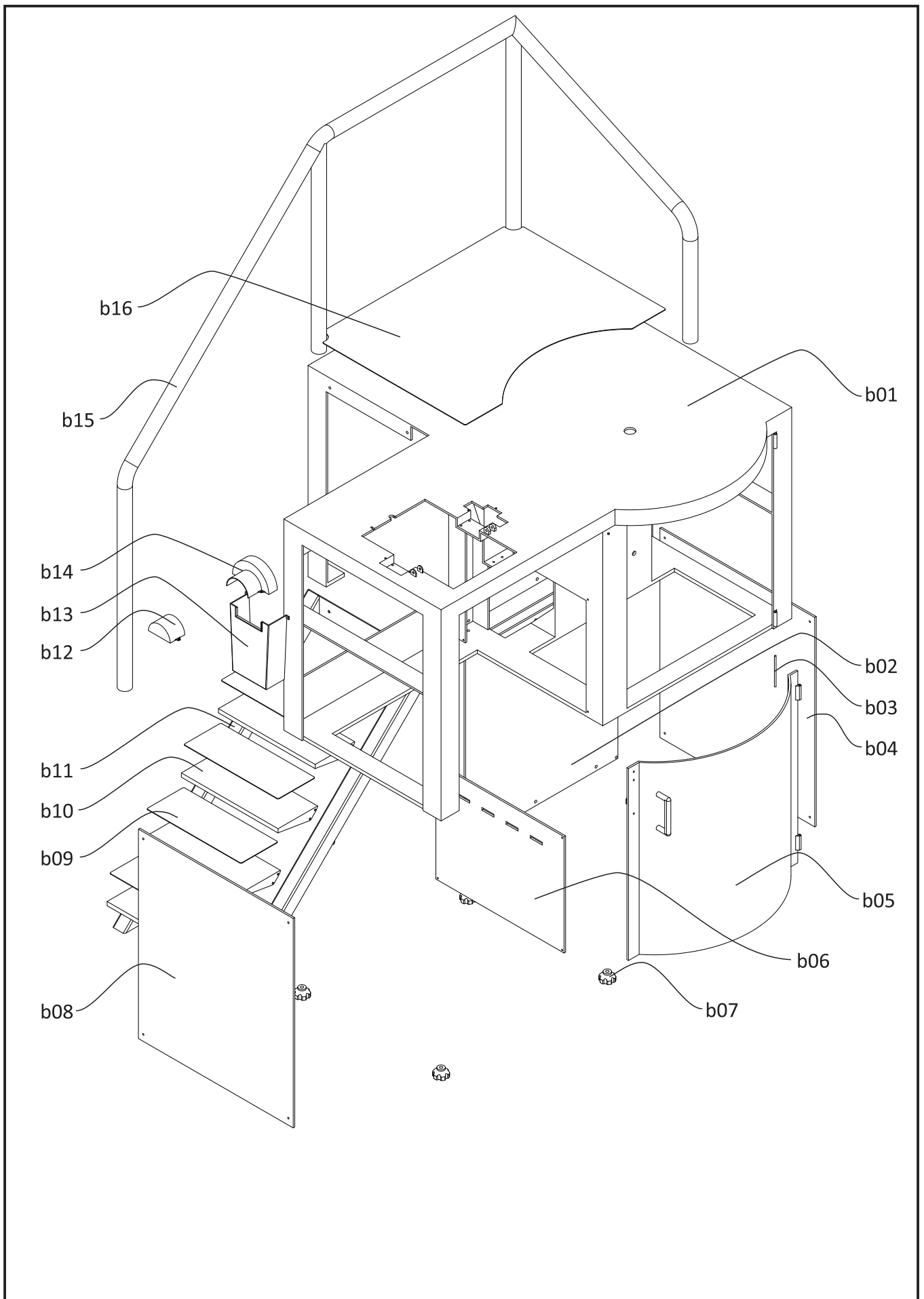
Componentes

ESCALA 1:15

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

Página 2/2



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA B - ESTRUTURA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

Vista explodida

ESCALA 1:15

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

Página 1/2

b01	Estrutura	b09	Adesivo antiderrapante degrau
b02	Chapa de proteção posterior	b10	Degrau
b03	Pino dobradiça da porta	b11	Estrutura escada
b04	Chapa de proteção esquerda	b12	Protetor de mancal esquerdo
b05	Porta	b13	Protetor de transmissão
b06	Chapa de proteção intermediária	b14	Protetor de mancal direito
b07	Pé nivelador antivibratório	b15	Corrimão
b08	Chapa de proteção direita	b16	Adesivo antiderrapante estrutura



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA B - ESTRUTURA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

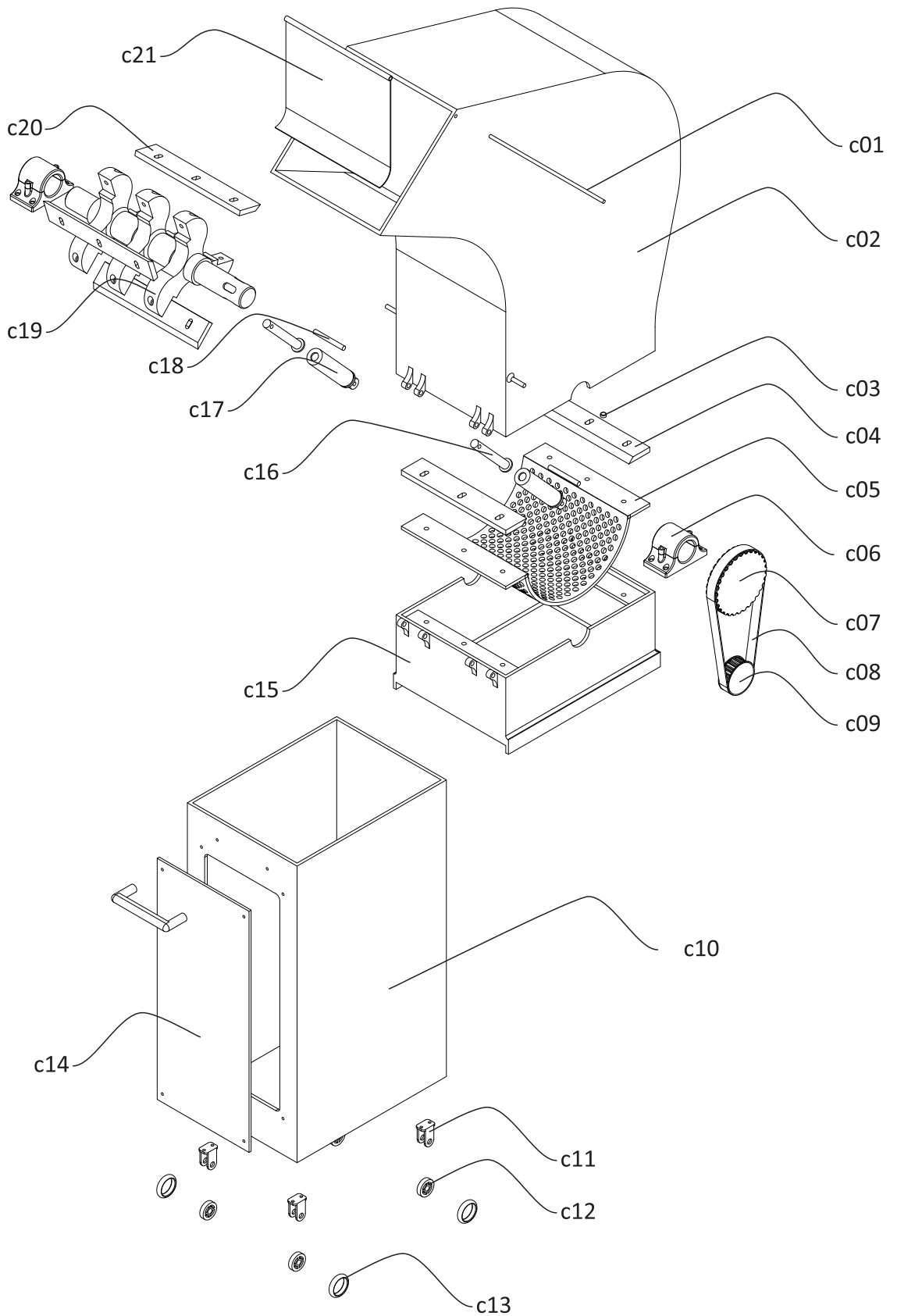
Componentes

ESCALA 1:15

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

Página 2/2



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA C - MOINHO DE FACAS



Felipe Luis Palombini	Projeto REDUO	Vista explodida	ESCALA 1:10
Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto		2015	Página 1/2

c01	Pino do protetor de alimentação	c12	Roda
c02	Corpo do moinho	c13	Pneu
c03	Trava de segurança	c14	Viseira
c04	Faca fixa do moinho	c15	Base do moinho
c05	Peneira	c16	Pistão
c06	Mancal de rolamento	c17	Êmbolo
c07	Engrenagem de redução	c18	Pino fixador êmbolo
c08	Correia	c19	Estrutura facas moinho
c09	Engrenagem motriz	c20	Faca rotacionária do moinho
c10	Gaveta de resíduos	c21	Protetor de alimentação
c11	Fixador de rodas		



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA C - MOINHO DE FACAS

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

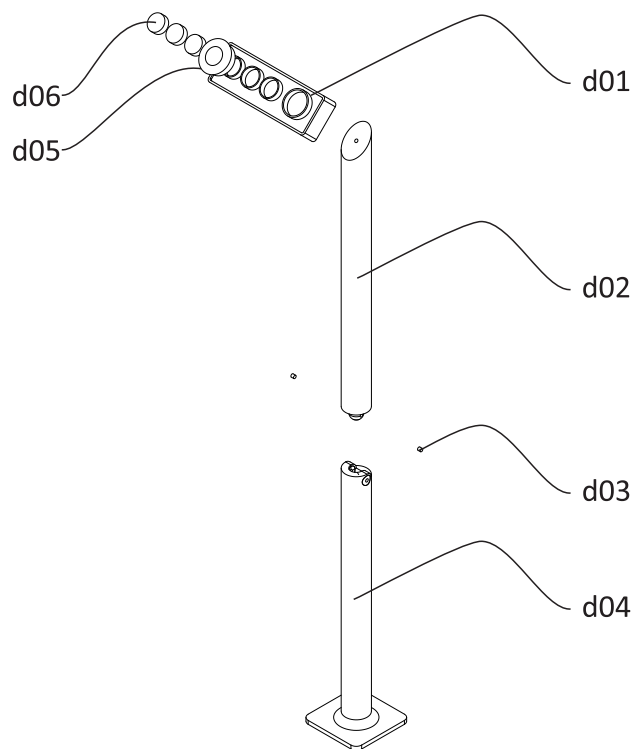
Componentes

ESCALA 1:10

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

Página 2/2



d01	Console do painel
d02	Braço articulado
d03	Pino de liberação da articulação
d04	Suporte do painel
d05	Botão de desligamento emergencial
d06	Botão de funcionamento



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA D - PAINEL

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

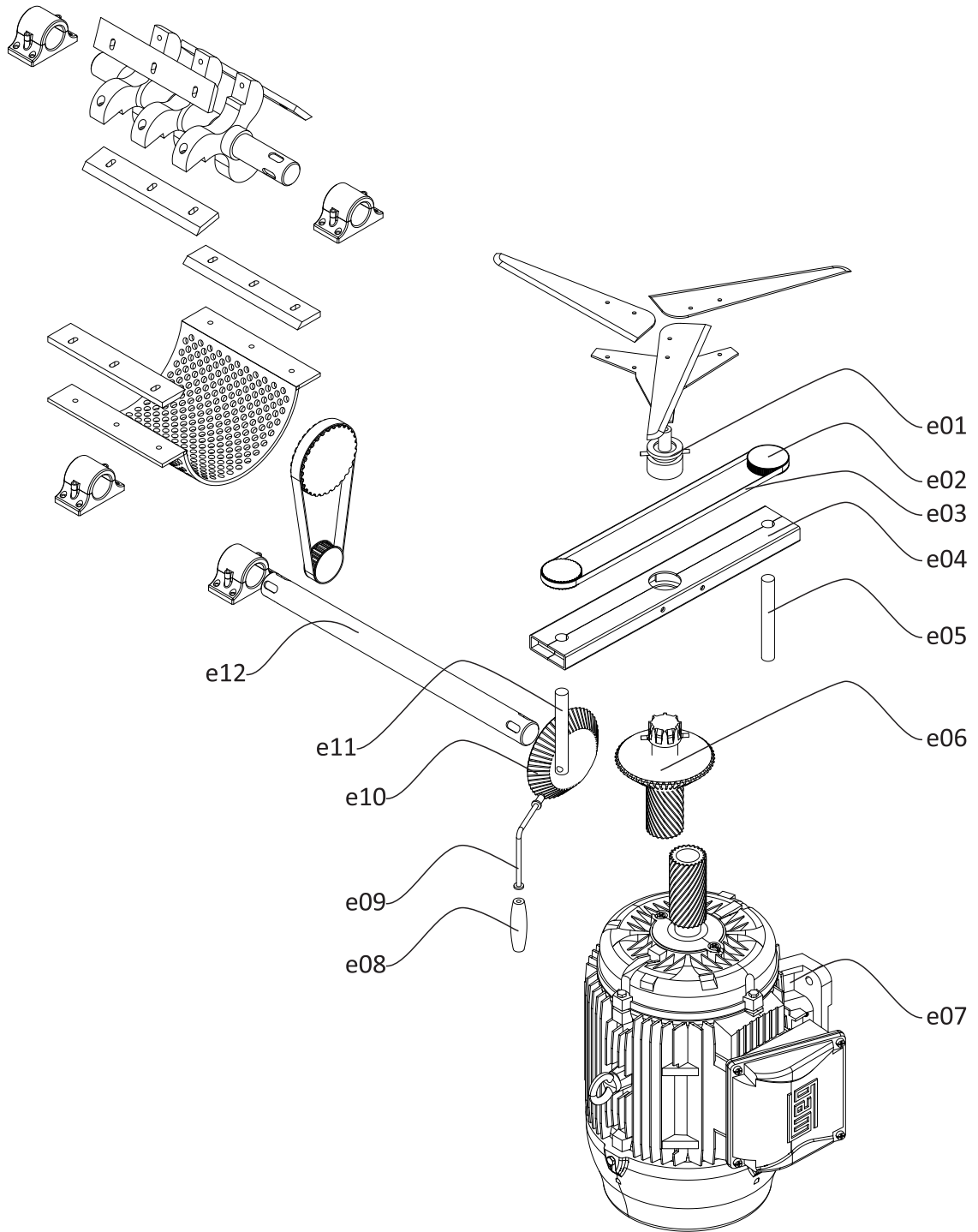
V. explodida e Comp.

ESCALA 1:10

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

Página 1/1



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA E - MOTOR E TRANSMISSÃO



Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

Vista explodida

ESCALA 1:10

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

Página 1/2

e01	Conector de facas do aglutinador	e07	Motor elétrico WEG W22 Magnet
e02	Engrenagem de equalização	e08	Manopla da manivela de ajuste
e03	Correia	e09	Manivela de ajuste
e04	Plataforma de encaixe da transmissão	e10	Engrenagem cônica do moinho
e05	Barra de rosqueamento posterior	e11	Barra de rosqueamento anterior
e06	Mecanismo de engrenagem híbrido	e12	Eixo de transmissão do moinho



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA E - MOTOR E TRANSMISSÃO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

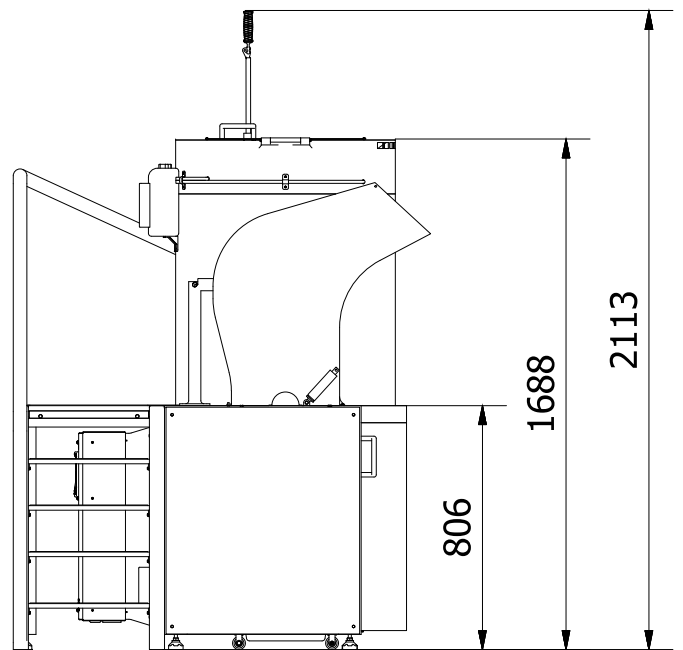
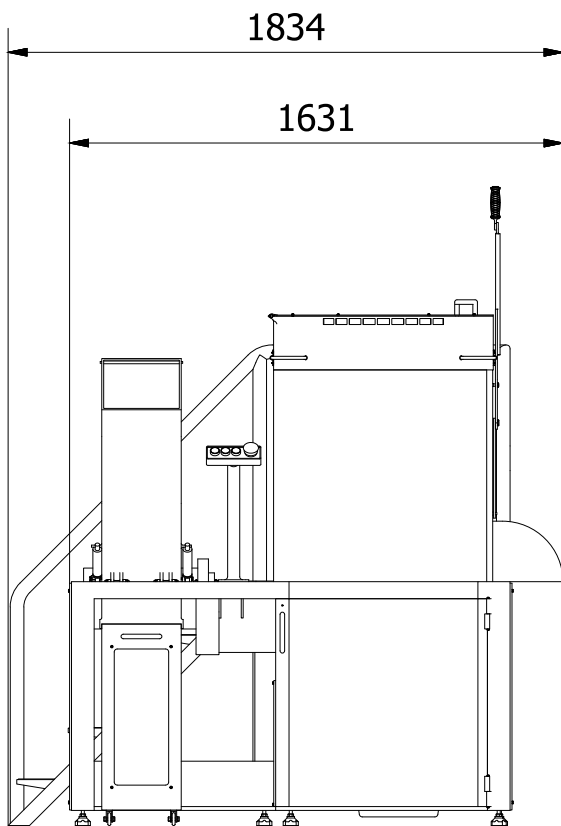
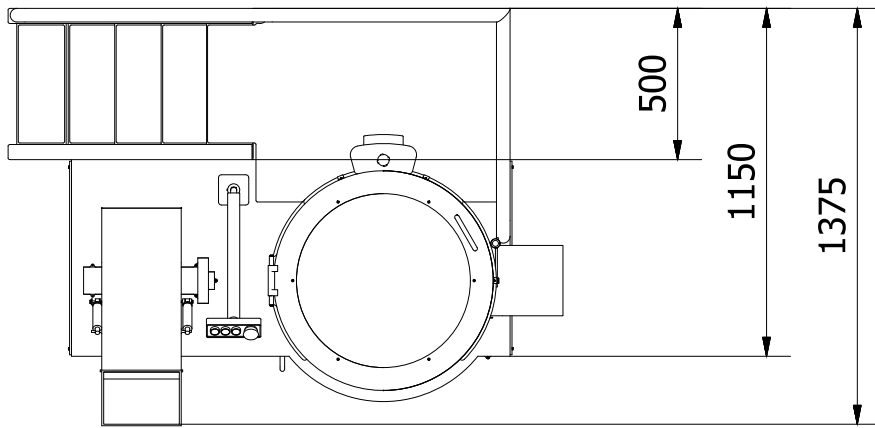
Componentes

ESCALA 1:10

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

Página 2/2



DETALHAMENTO TÉCNICO - EQUIPAMENTO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

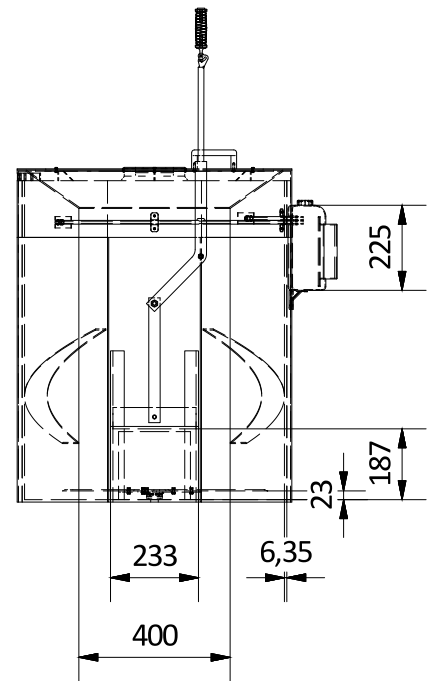
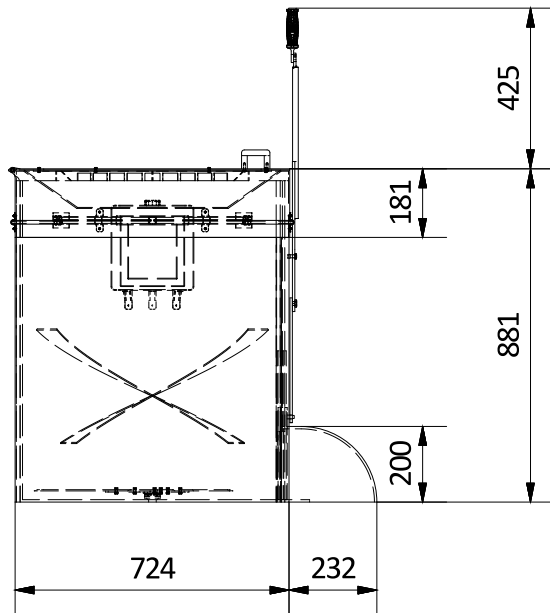
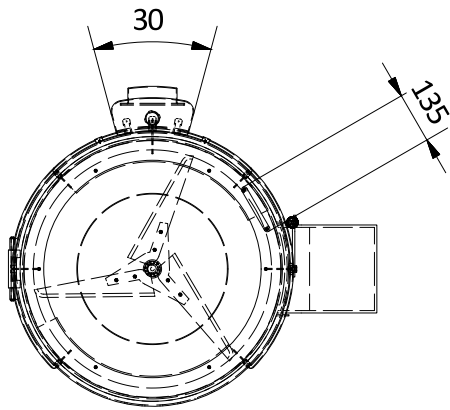
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:25



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA A - AGLUTINADOR

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

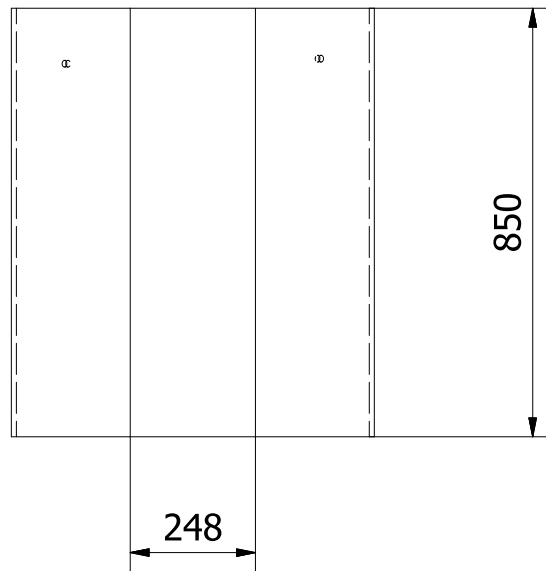
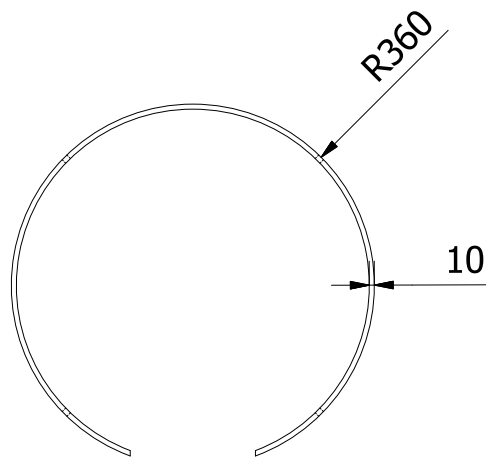
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:20



Material	Cortiça Aglomerada
Acabamento	-
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A01 - PLACA ISOLANTE

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

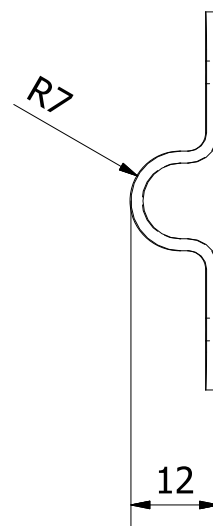
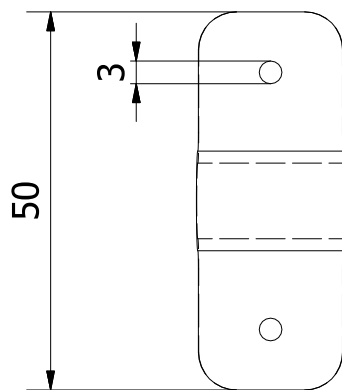
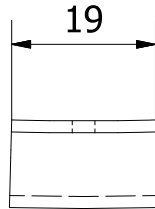
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:15



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	4



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A02 - BRAÇADEIRA DO TUBO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

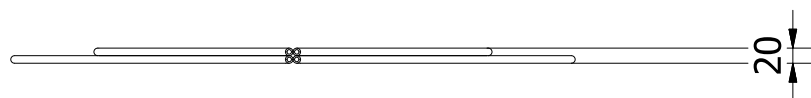
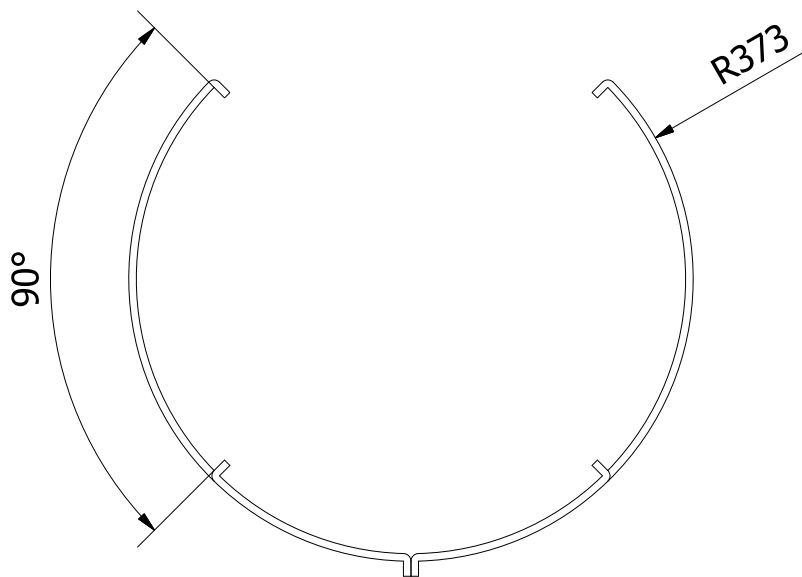
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1

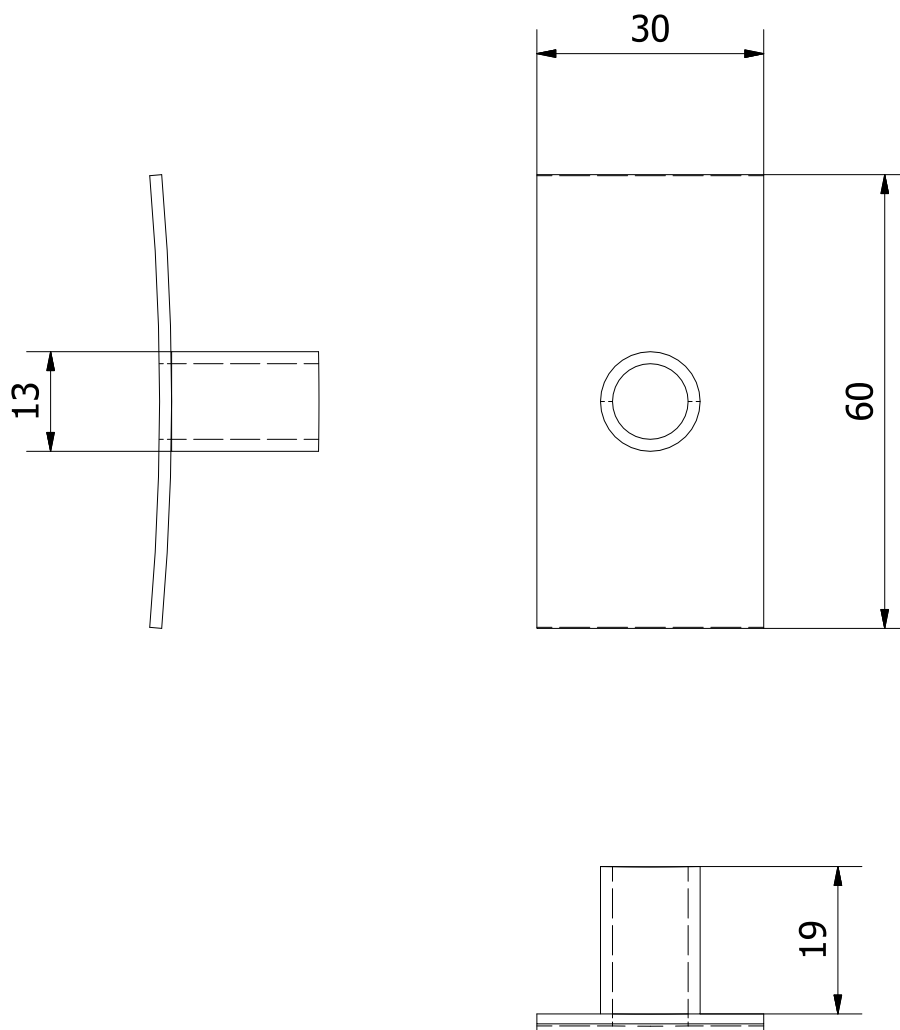


Material	HDPE
Acabamento	-
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A03 - TUBO

Felipe Luis Palombini	Projeto REDUO	Dimensionamento	Unidade: mm
Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto		2015	ESCALA 1:10



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	4



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A04 - ENCAIXE DE TUBO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

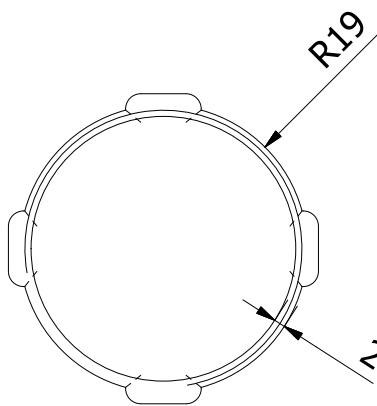
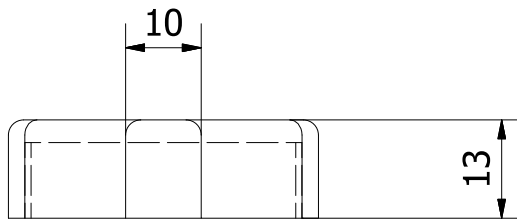
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10



Material	HDPE
Acabamento	-
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A05 - TAMPA RECIPIENTE

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

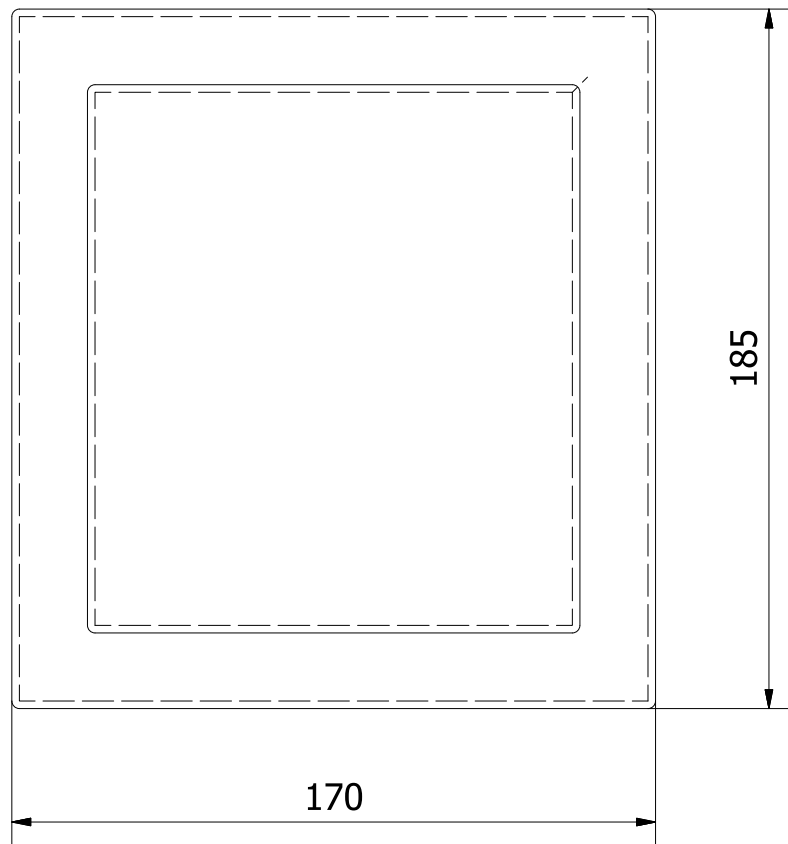
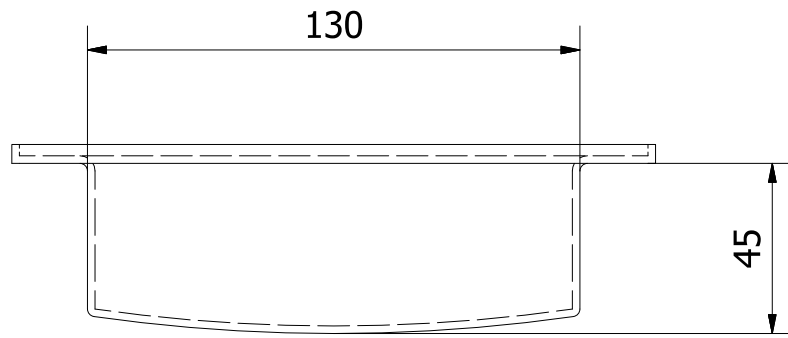
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10



Material	HDPE
Acabamento	-
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A06 - BOMBEADOR

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

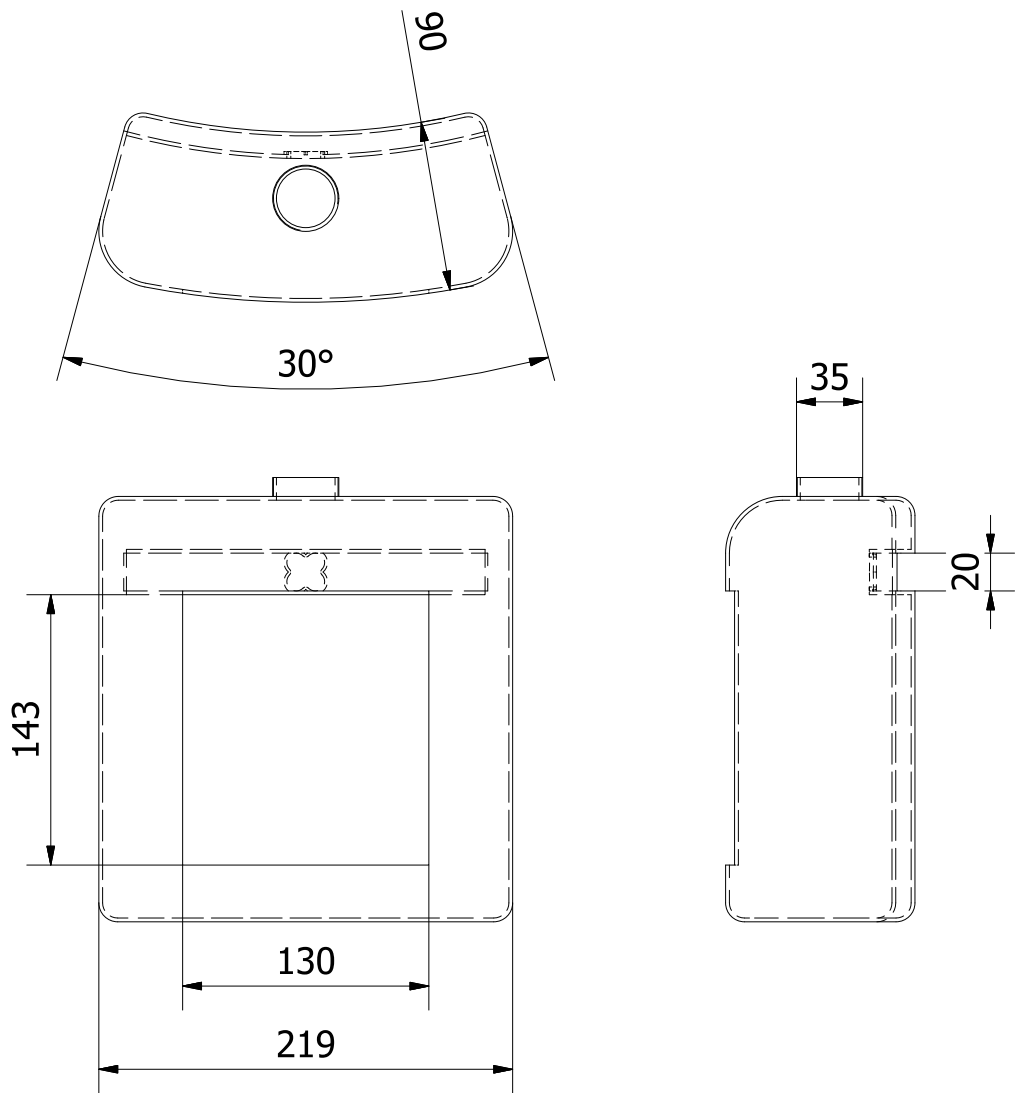
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	HDPE
Acabamento	-
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A07 - RECIPIENTE

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

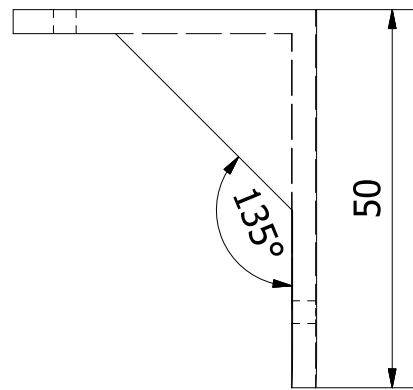
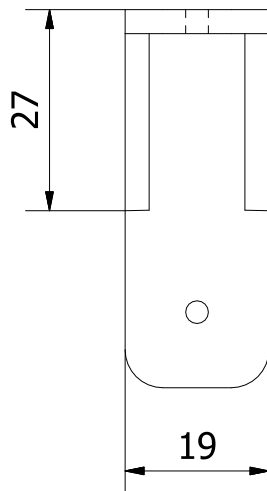
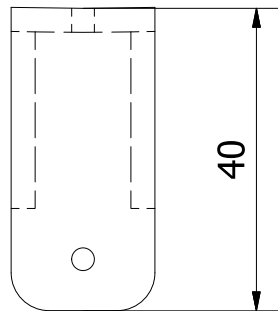
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	3



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A08 - FIXADOR DO RECIPIENTE

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

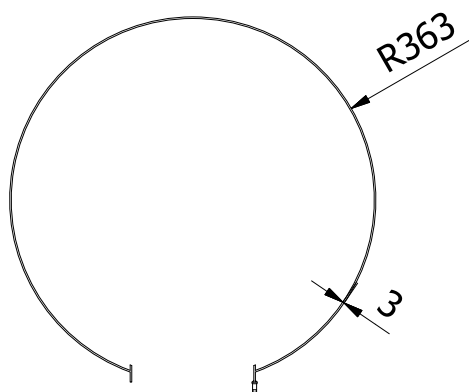
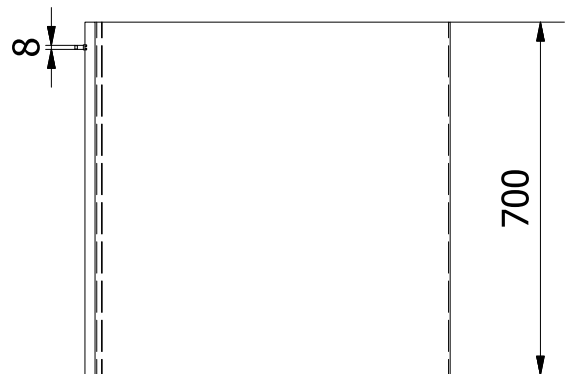
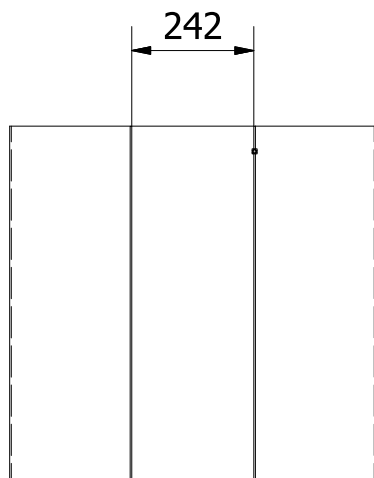
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A09 - TAMBOR EXTERNO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

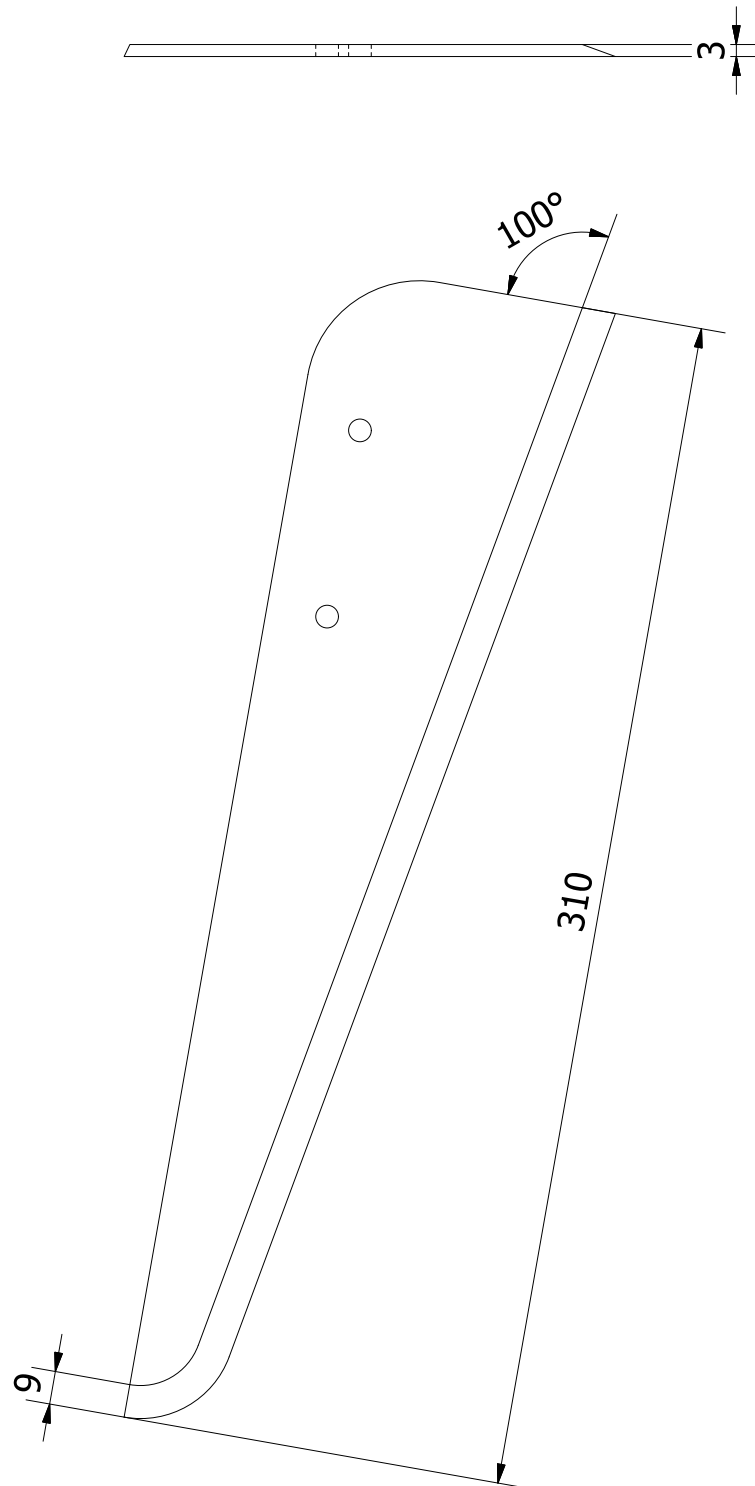
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:15



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	3



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A10 - FACA DO AGLUTINADOR

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

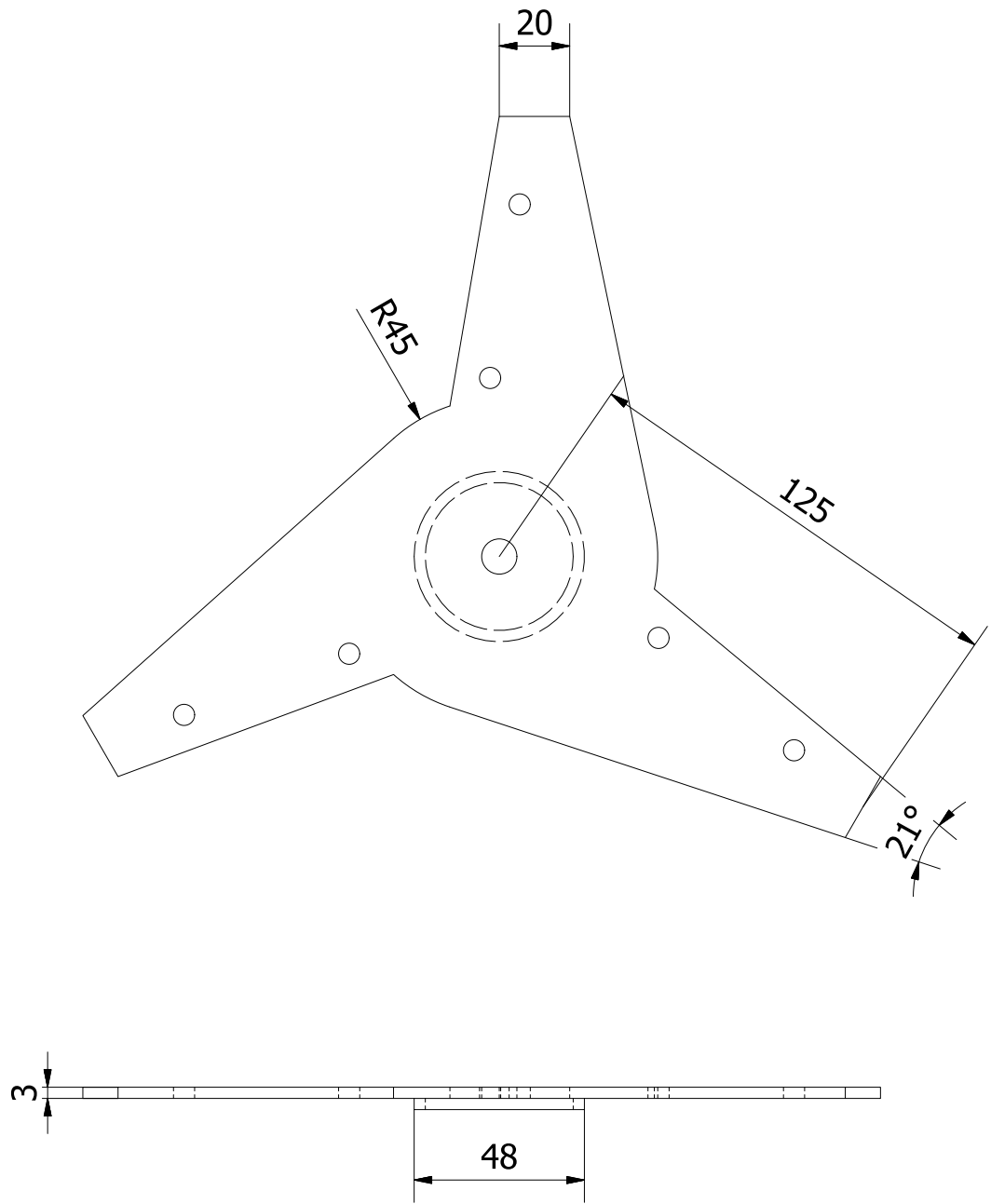
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2

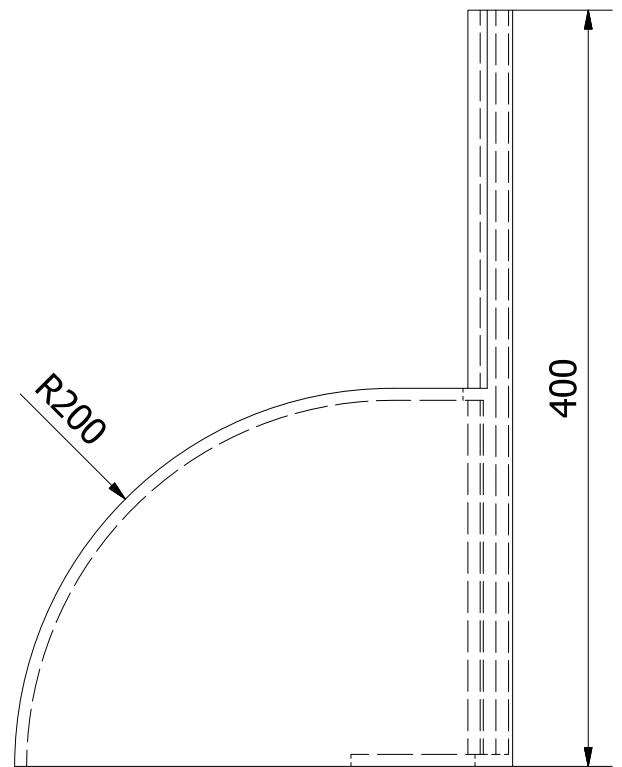
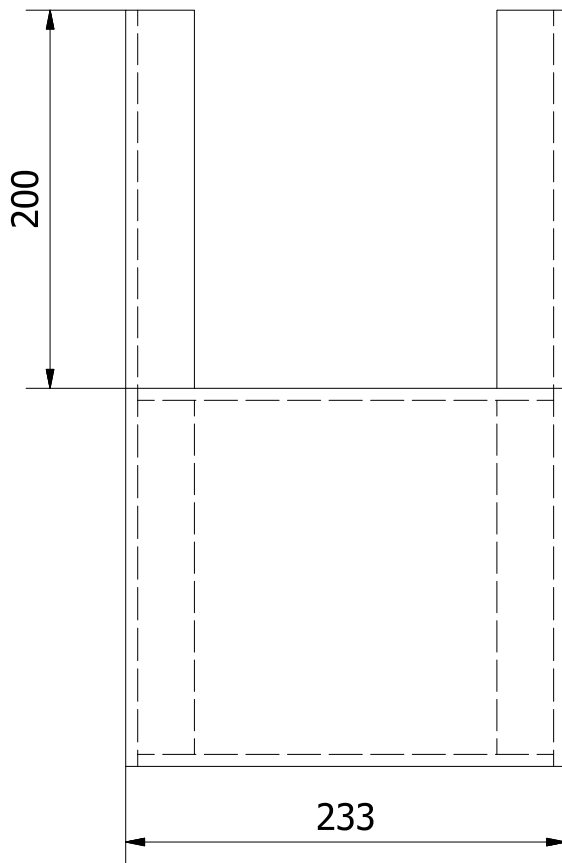
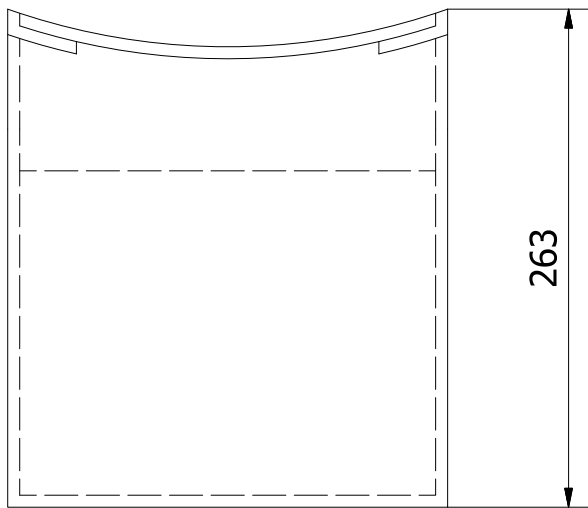


Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A11 - SUPORTE DAS FACAS DO AGLUTIN.

Felipe Luis Palombini	Projeto REDUO	Dimensionamento	Unidade: mm
Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto		2015	ESCALA 1:2



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor verde
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A12 - DIRECIONADOR DE RESÍDUO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

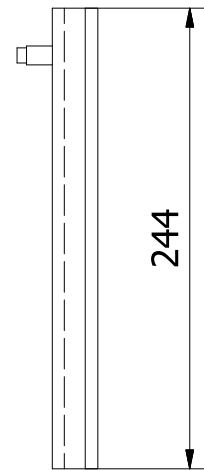
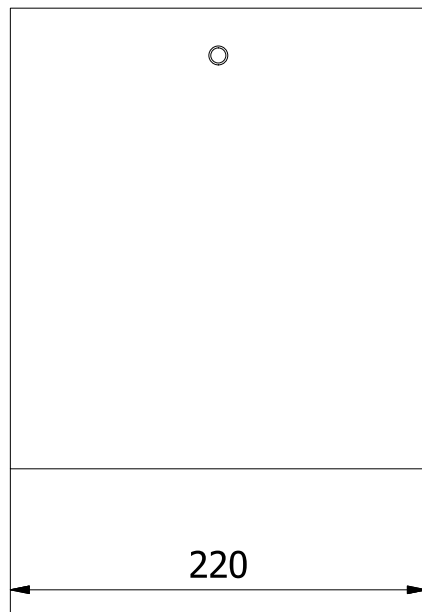
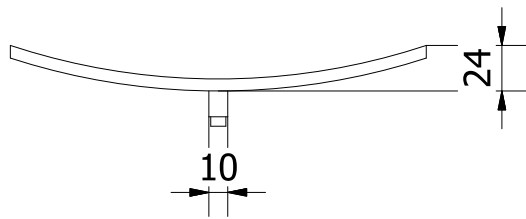
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A13 - TAMPA DE LIBERAÇÃO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

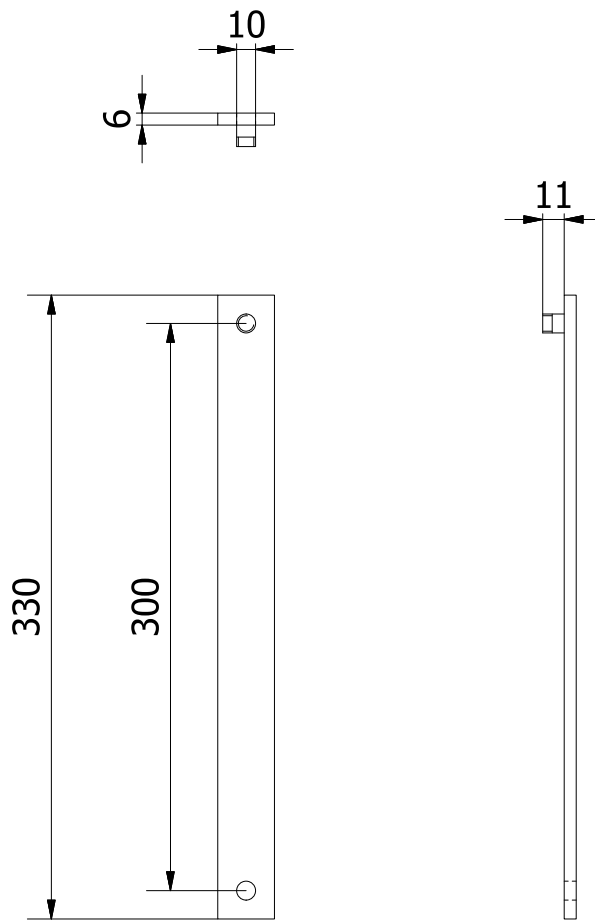
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A14 - ALAVANCA INTERMEDIÁRIA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

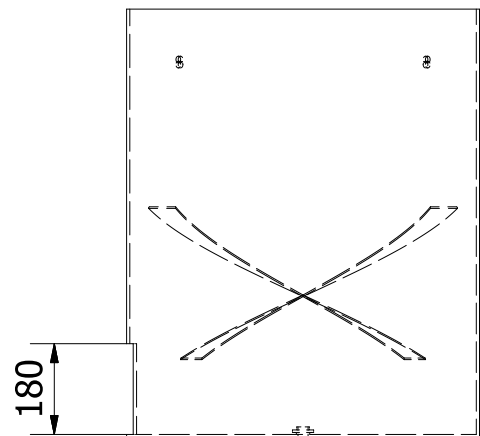
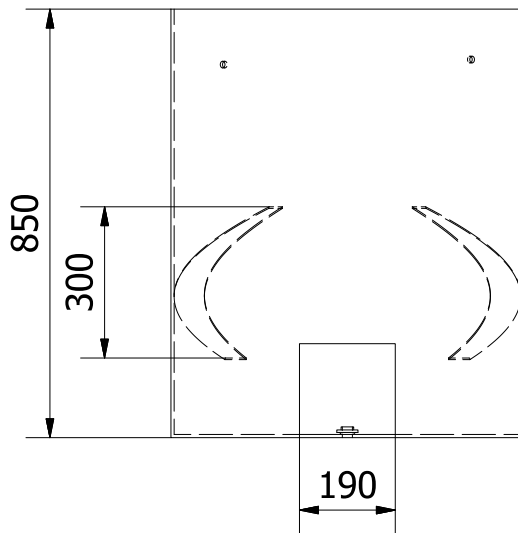
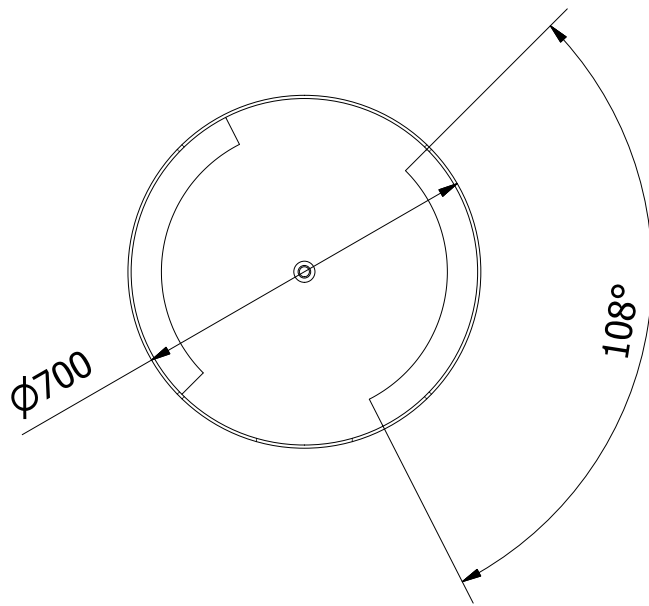
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A15 - TAMBOR INTERNO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

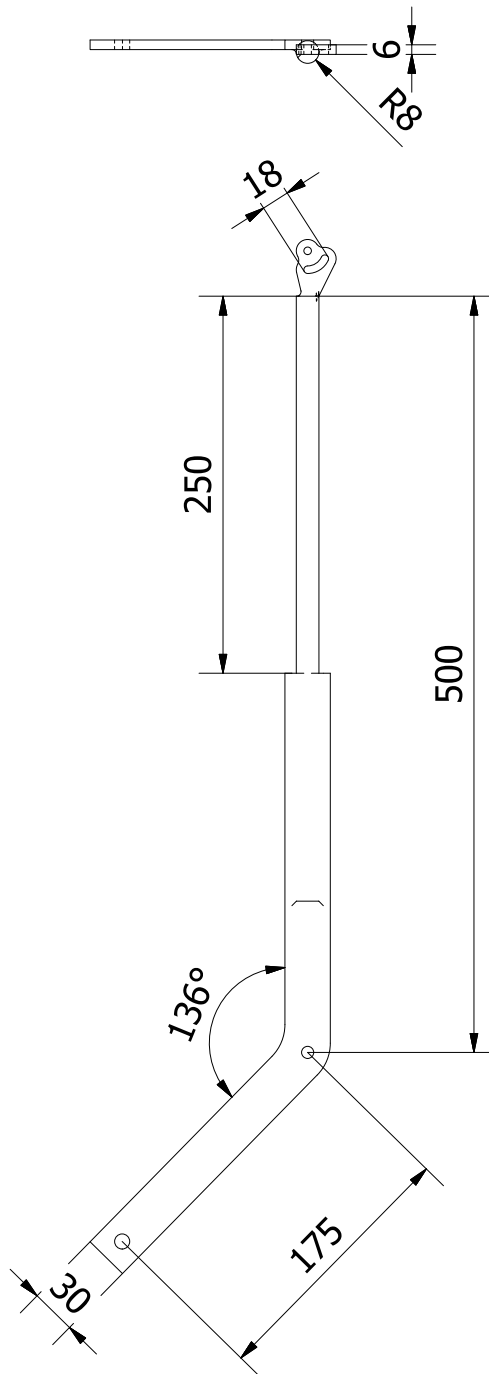
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:5



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A16 - ALAVANCA DE ABERTURA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

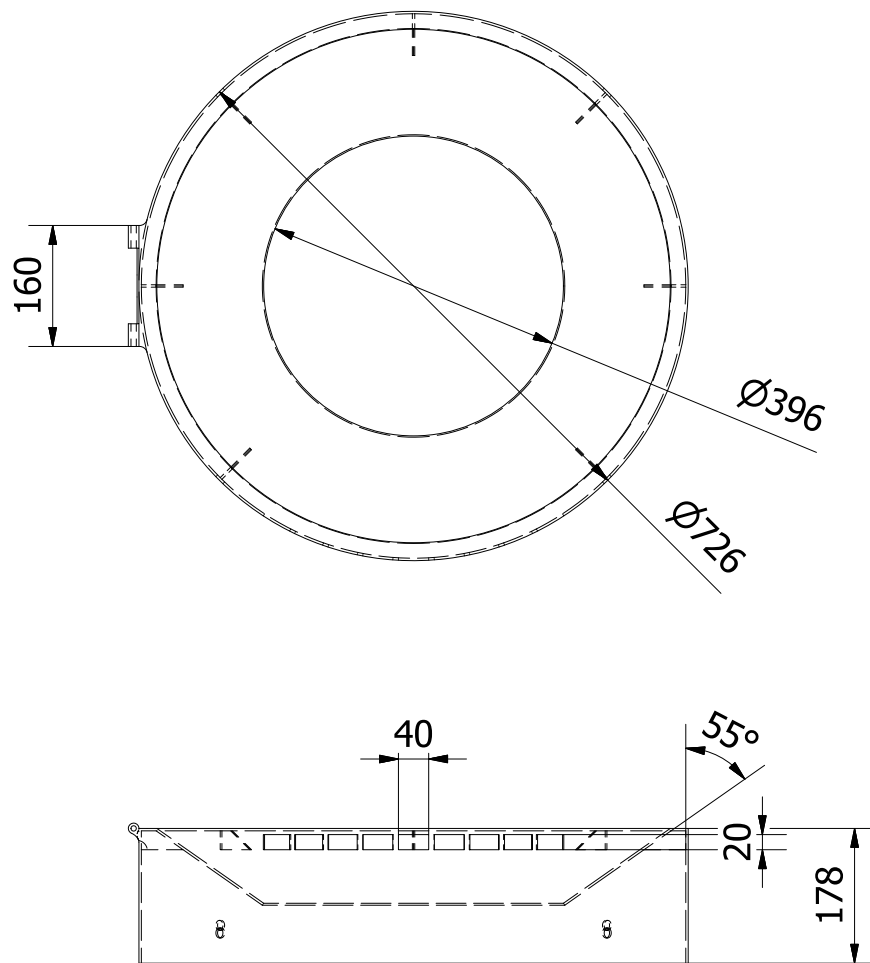
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:15

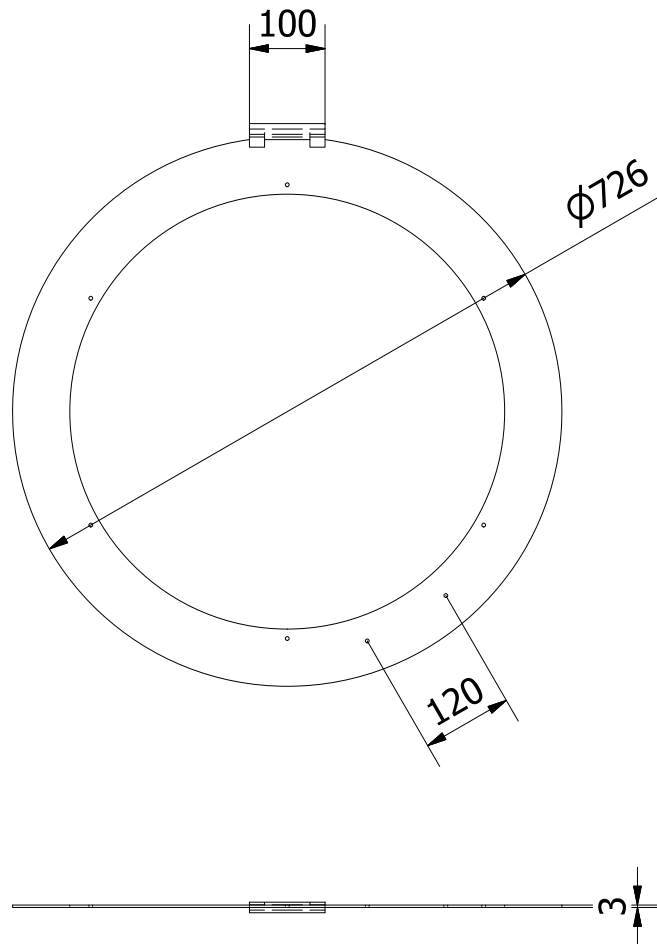


Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A17 - DIRECIONADOR CÔNICO DE VAPOR

Felipe Luis Palombini	Projeto REDUO	Dimensionamento	Unidade: mm
Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto		2015	ESCALA 1:10



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A18 - TAMPA DO AGLUTINADOR

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

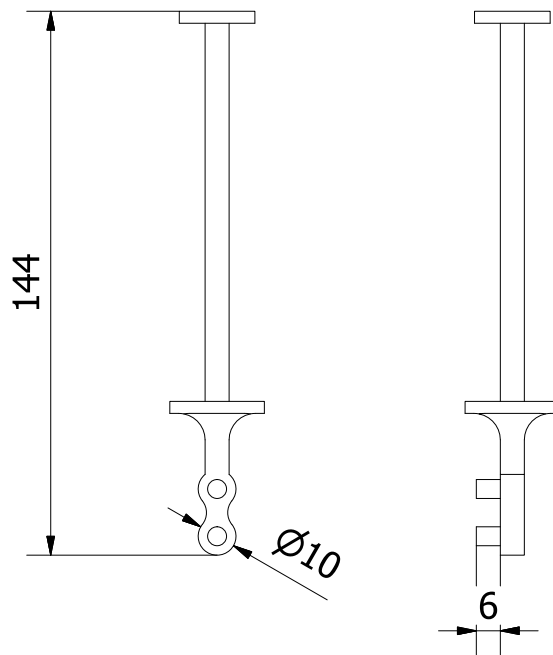
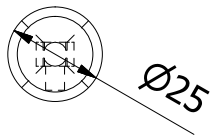
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10

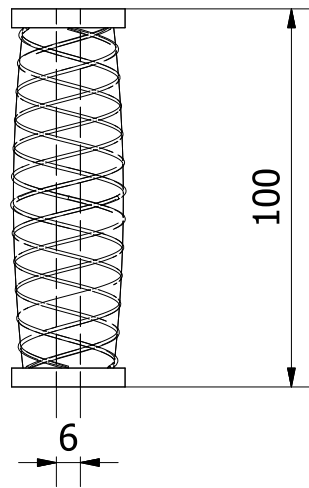
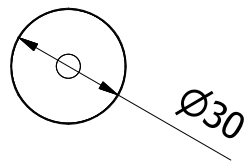


Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A19 - SUPORTE DE PEGA DA ALAVANCA

Felipe Luis Palombini	Projeto REDUO	Dimensionamento	Unidade: mm
Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto		2015	ESCALA 1:2



Material	EVA
Acabamento	-
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A20 - MANOPLA DA ALAVANCA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

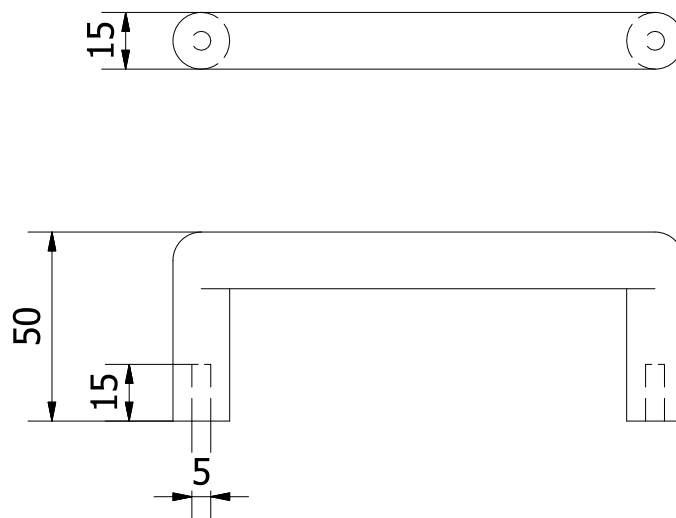
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	EVA
Acabamento	-
N° Peças	3



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A21 - MANOPLA DE PORTA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

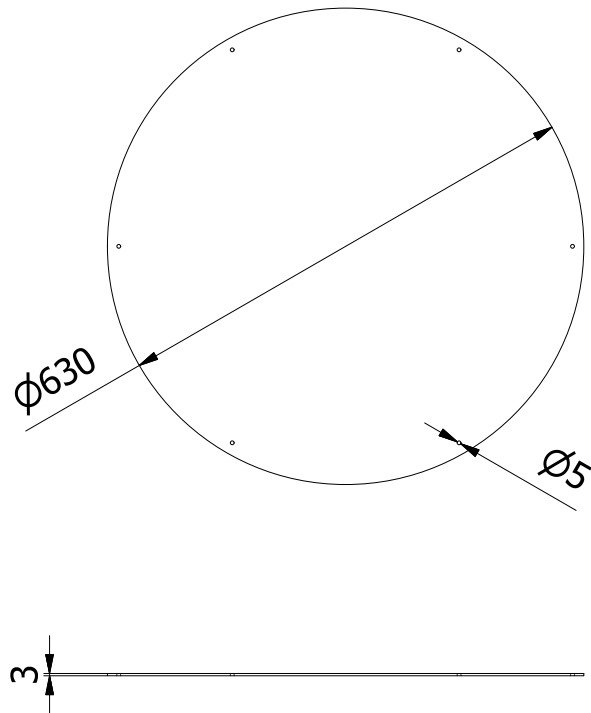
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	PC
Acabamento	-
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A22 - VISEIRA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

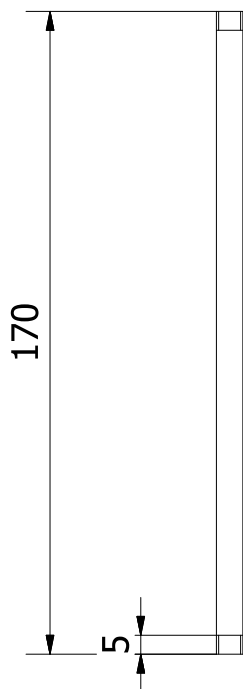
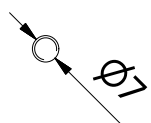
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE A23 - PINO DOBRADIÇA DA TAMPA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

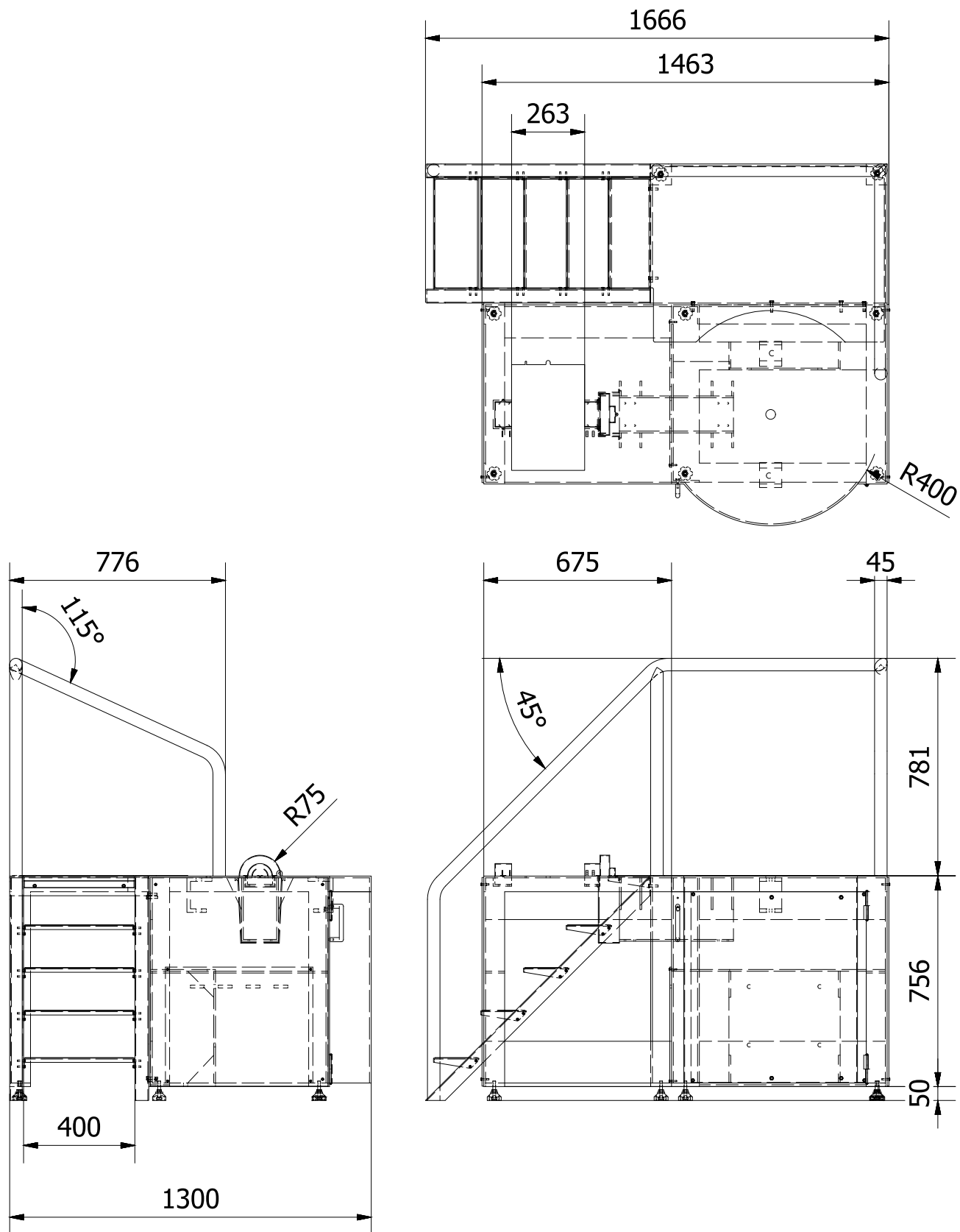
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

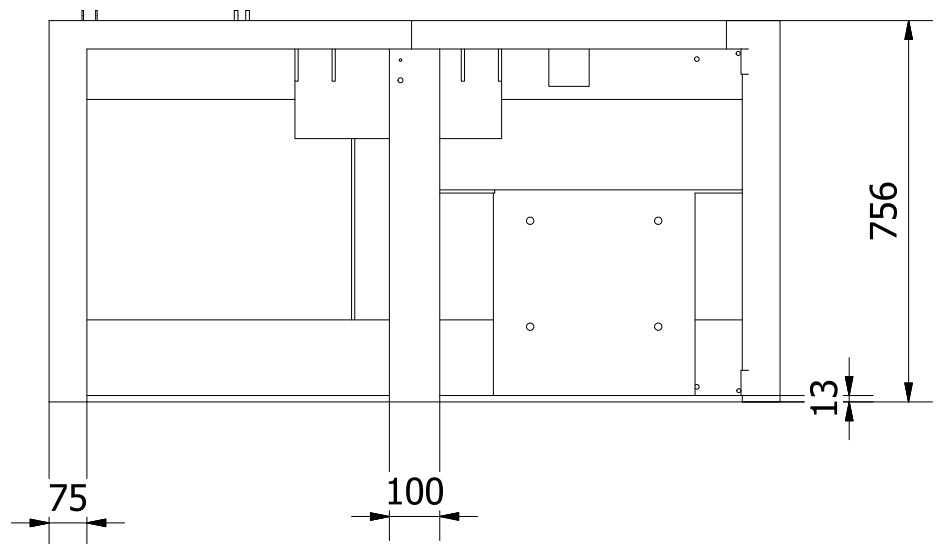
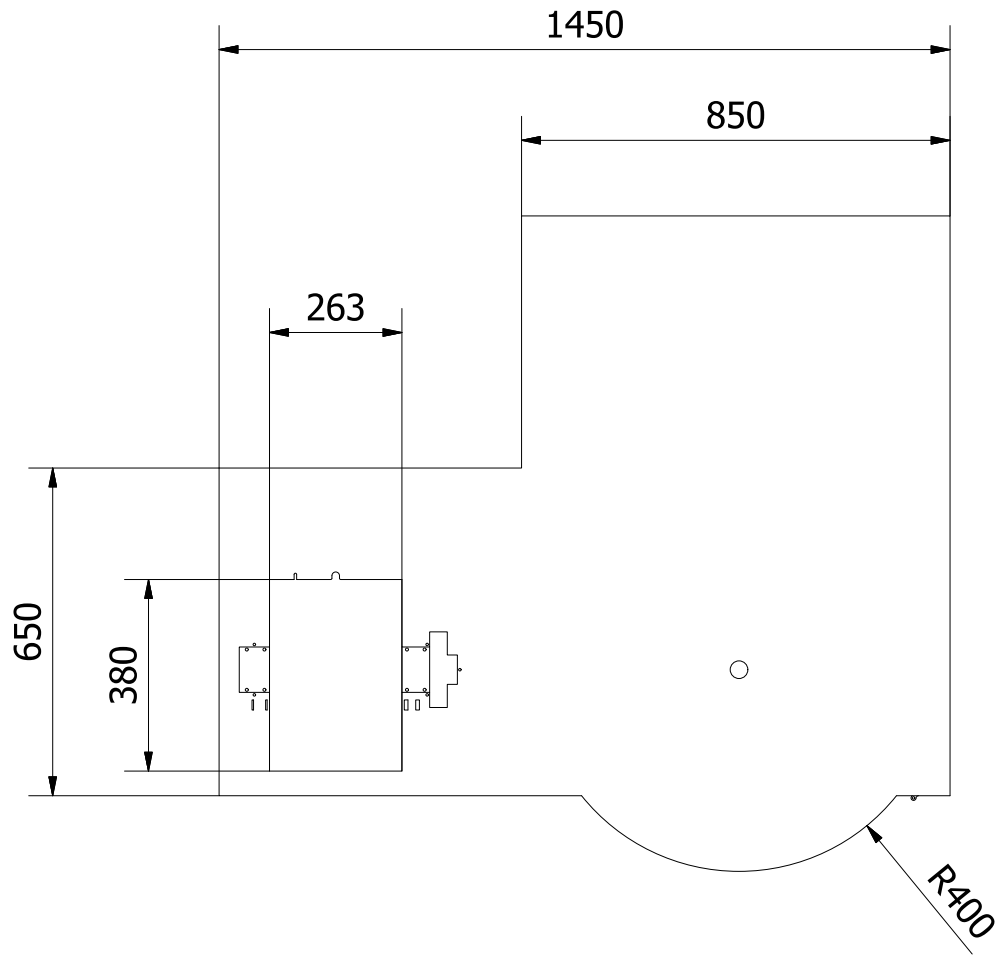
ESCALA 1:2



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA B - ESTRUTURA



Felipe Luis Palombini	Projeto REDUO	Dimensionamento	Unidade: mm
Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto		2015	ESCALA 1:20



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B01 - ESTRUTURA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

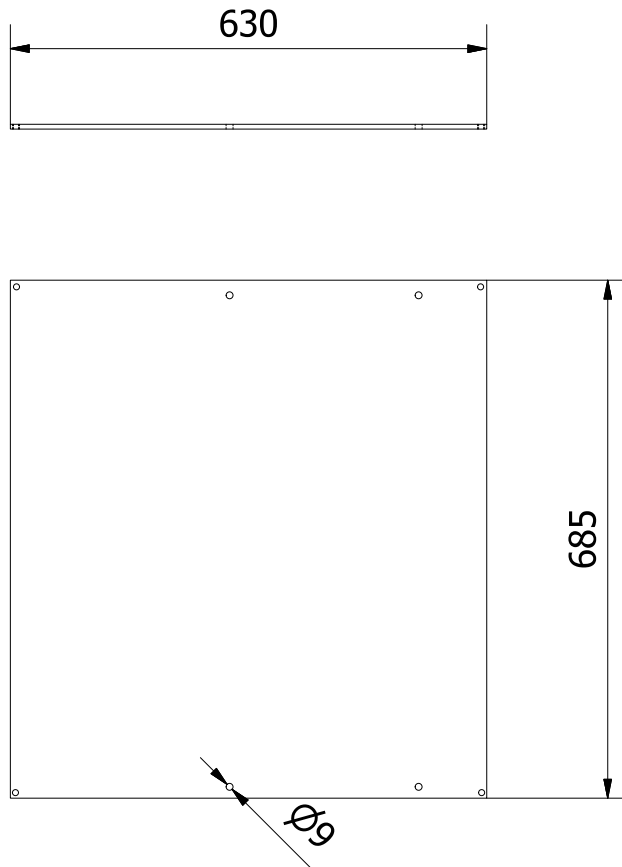
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:15



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B02 - CHAPA DE PROTEÇÃO POSTERIOR

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

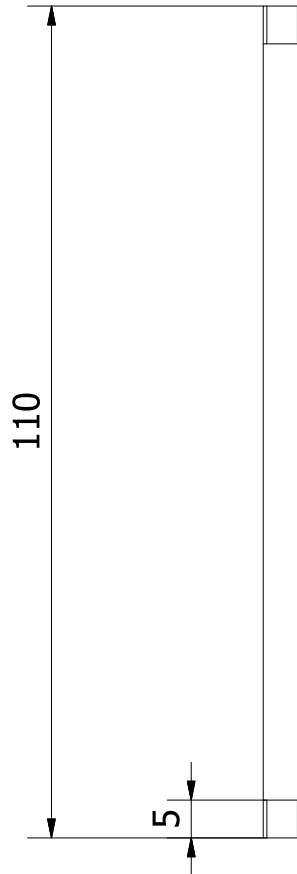
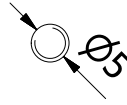
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B03 - PINO DOBRADIÇA DA PORTA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

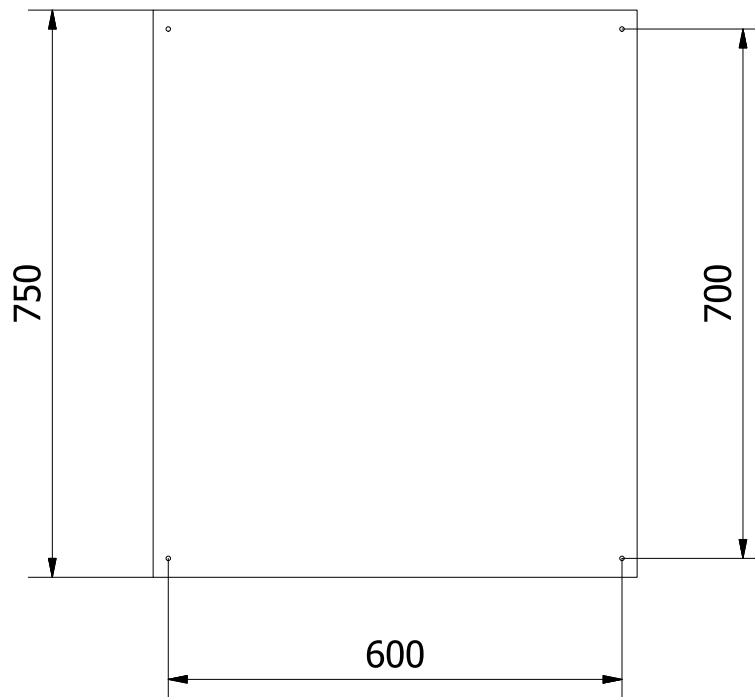
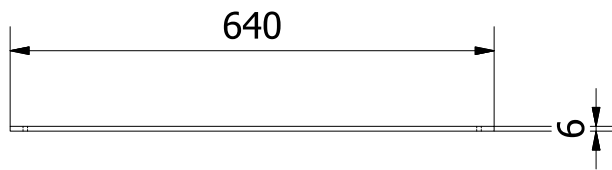
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B04 - CHAPA DE PROTEÇÃO ESQUERDA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

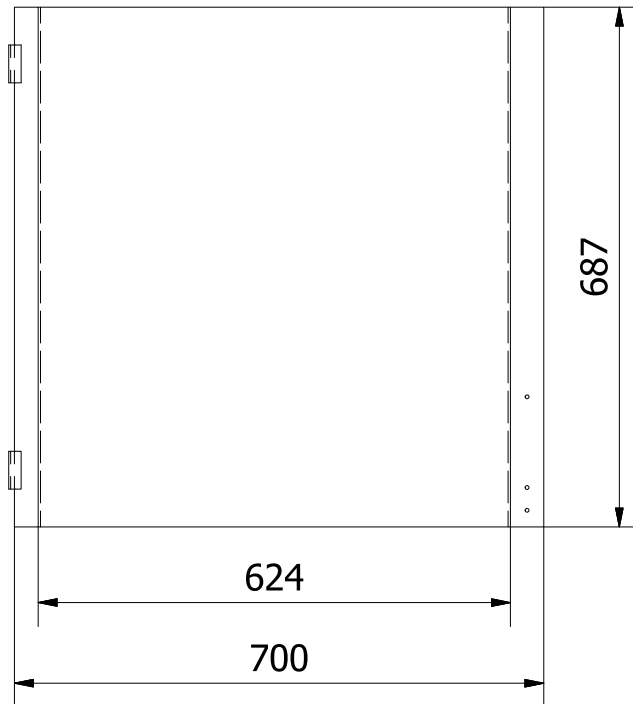
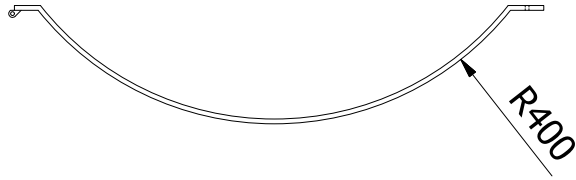
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B05 - PORTA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

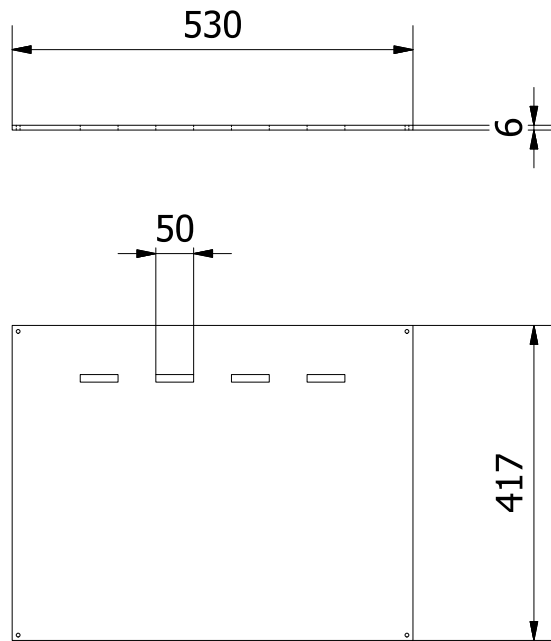
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B06 - CHAPA DE PROTEÇÃO INTERMEDIÁRIA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

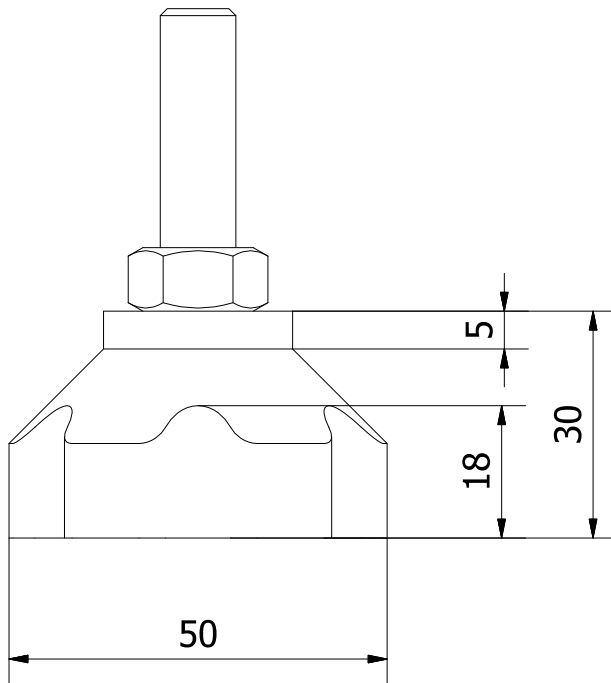
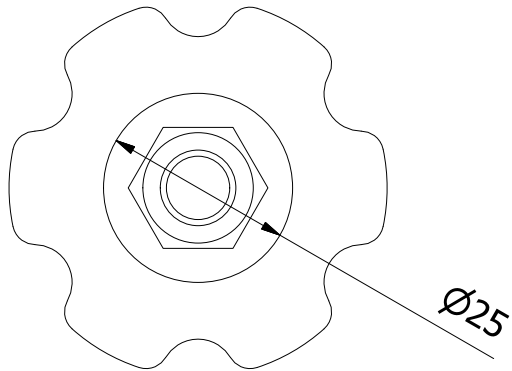
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10



Material	PU
Acabamento	-
N° Peças	8



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B07 - PÉ NIVELADOR ANTIVIBRATÓRIO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

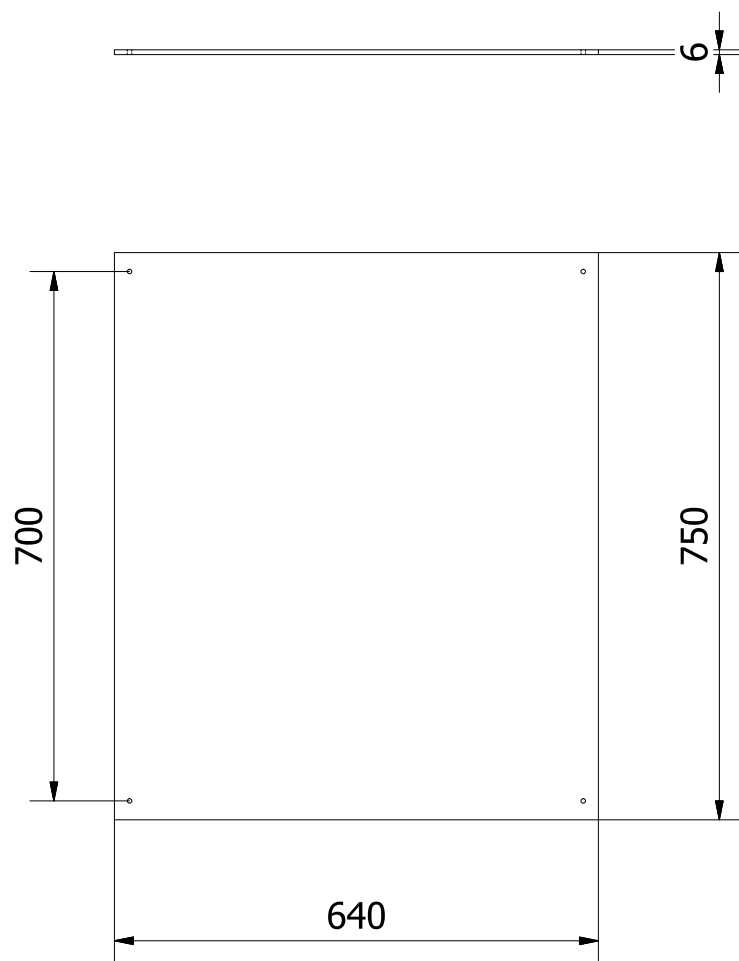
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B08 - CHAPA DE PROTEÇÃO DIREITA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

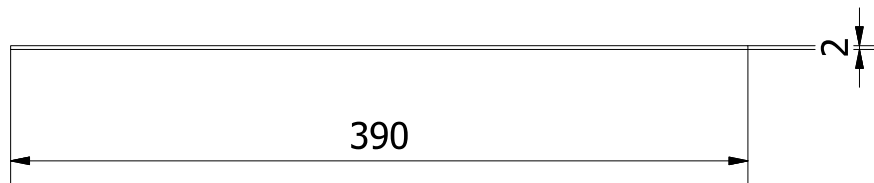
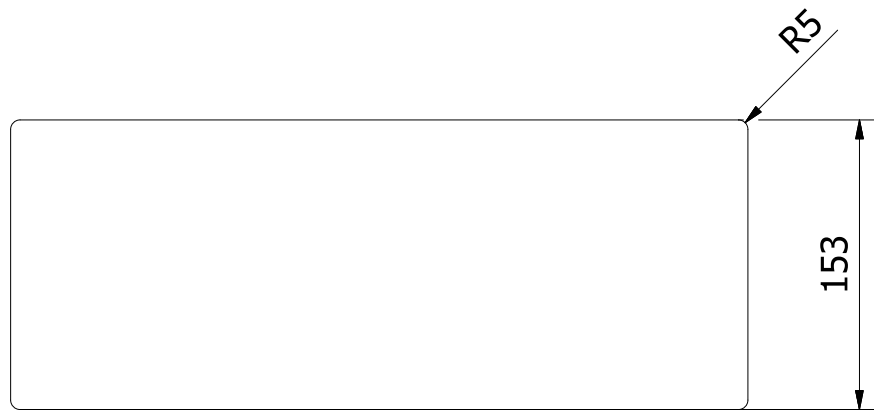
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10



Material	Filme de poliéster
Revestimento	Óxido de alumínio
N° Peças	4



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B09 - ADESIVO ANTIDERRAPANTE DEGRAU

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

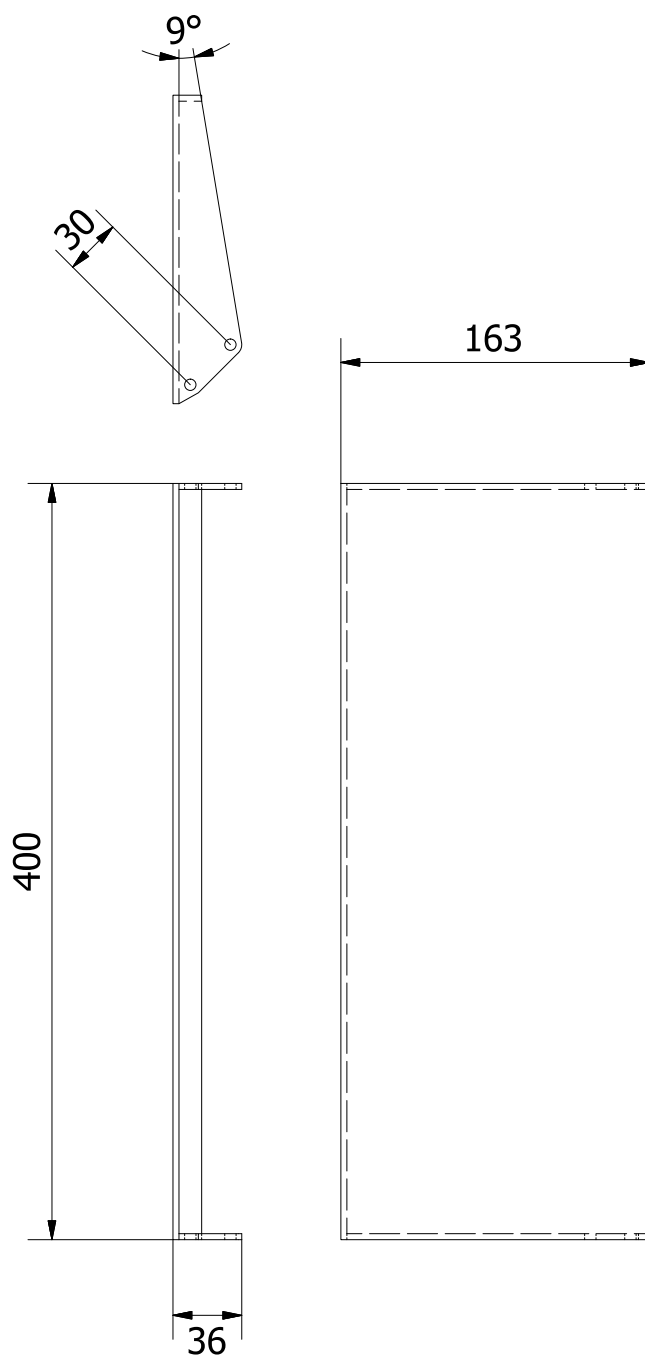
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4

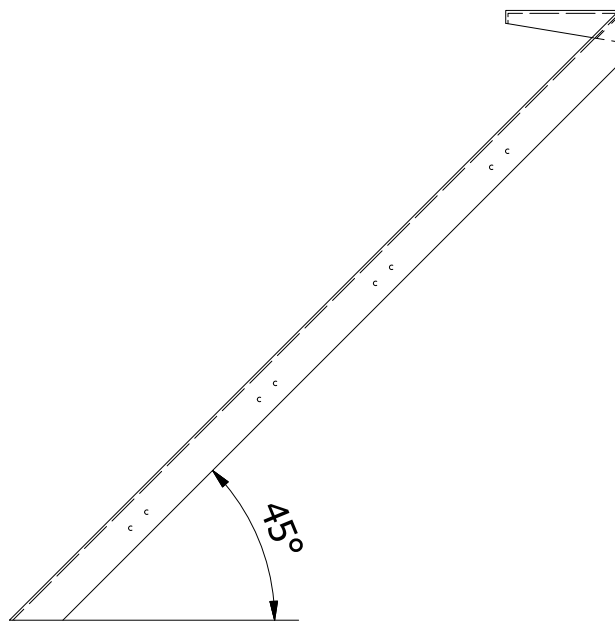
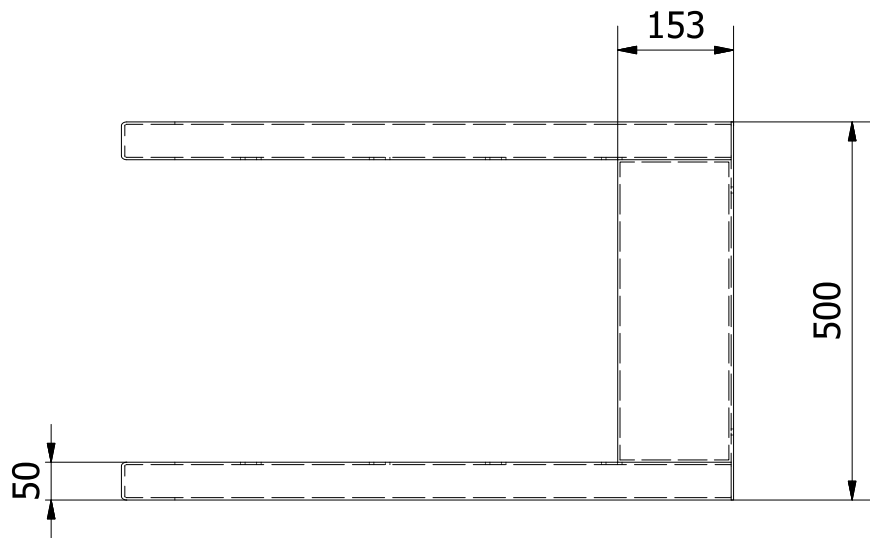


Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B10 - DEGRAU

Felipe Luis Palombini	Projeto REDUO	Dimensionamento	Unidade: mm
Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto		2015	ESCALA 1:4



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B11 - ESTRUTURA ESCADA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

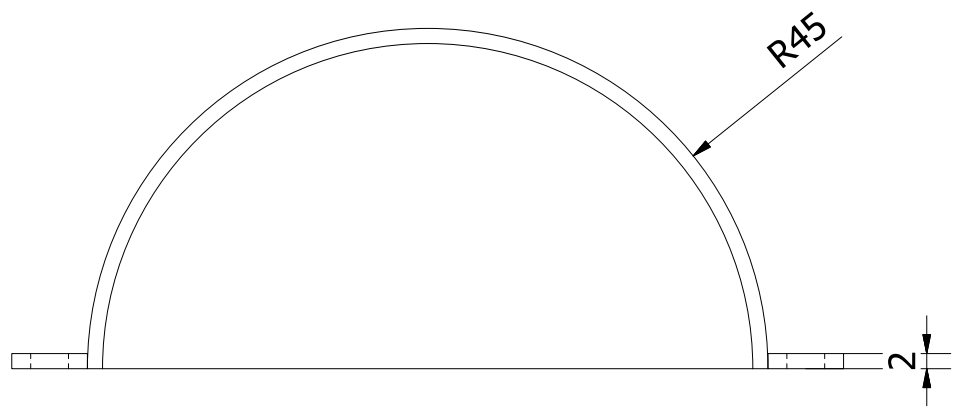
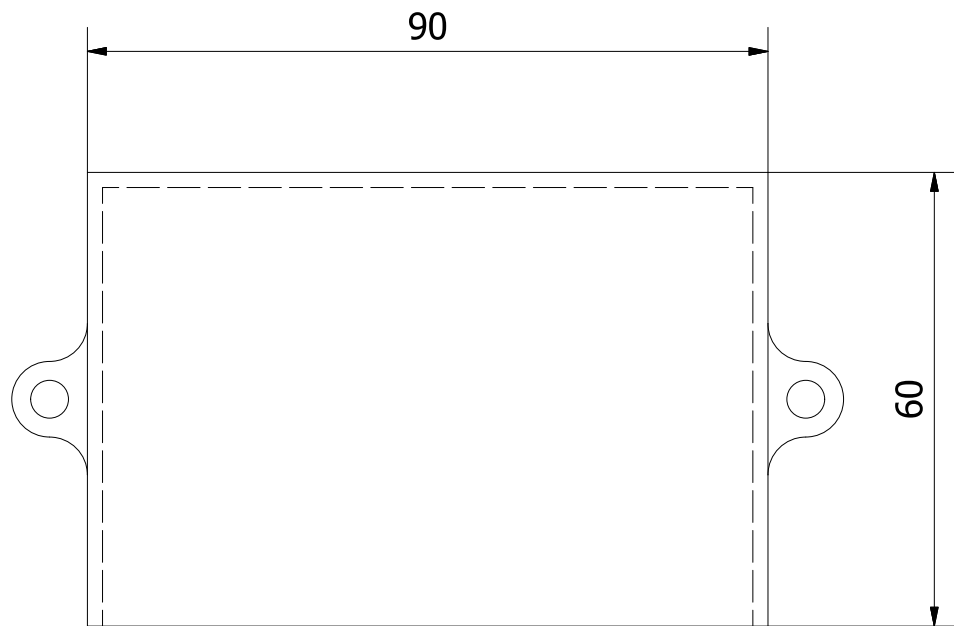
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10

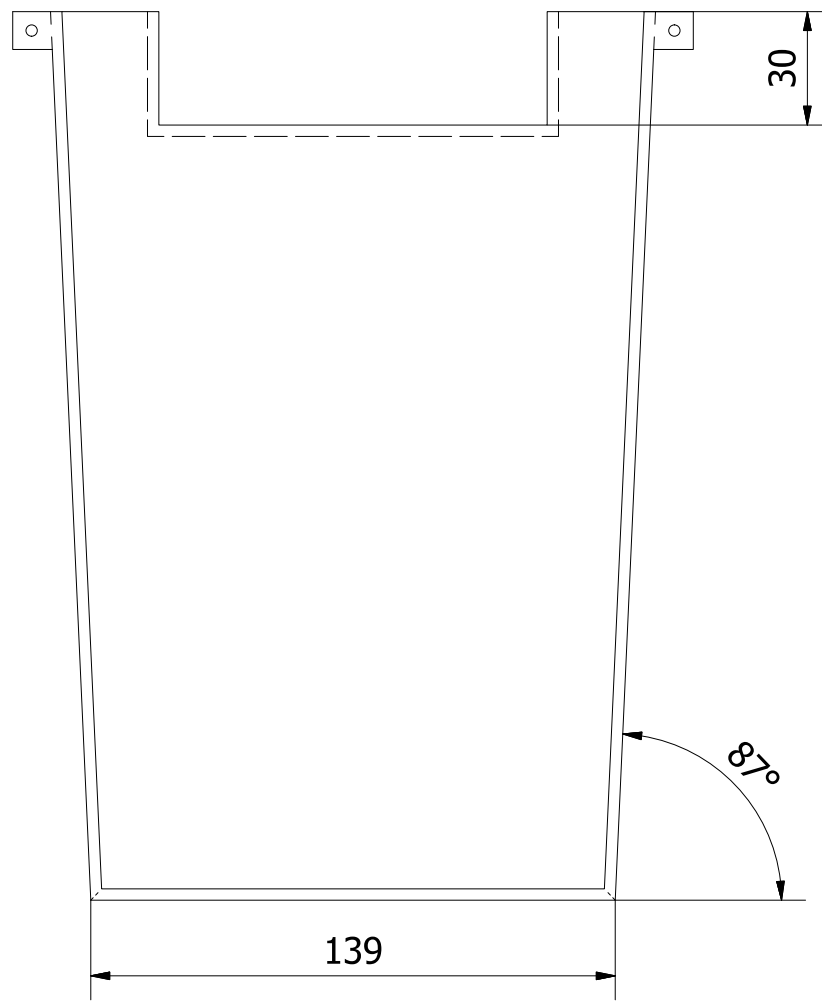
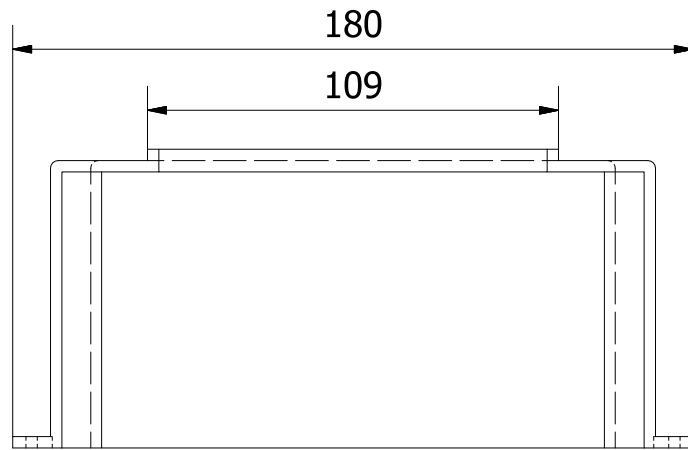


Material	HDPE
Acabamento	-
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B12 - PROTETOR DE MANCAL ESQUERDO

Felipe Luis Palombini	Projeto REDUO	Dimensionamento	Unidade: mm
Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto		2015	ESCALA 1:1



Material	HDPE
Acabamento	-
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B13 - PROTETOR DE TRANSMISSÃO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

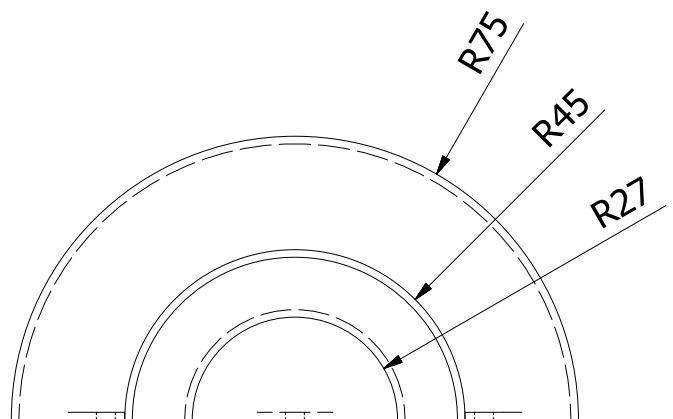
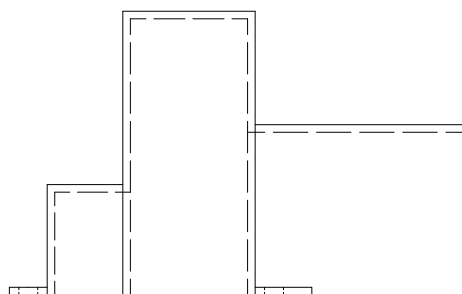
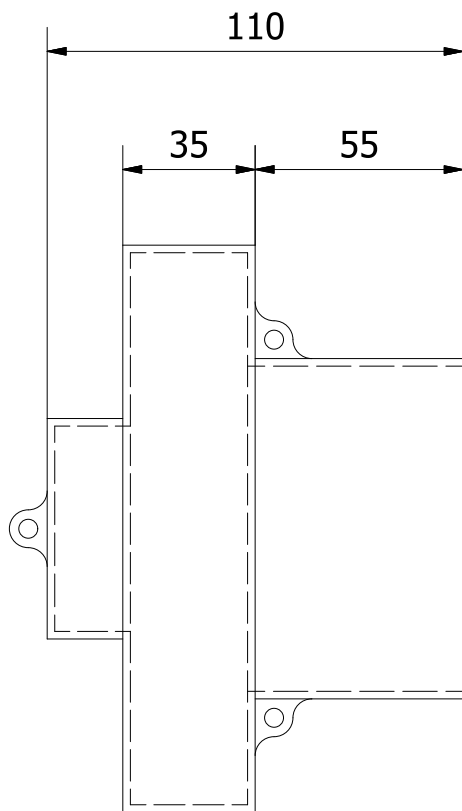
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	HDPE
Acabamento	-
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B14 - PROTETOR DE MANCAL DIREITO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

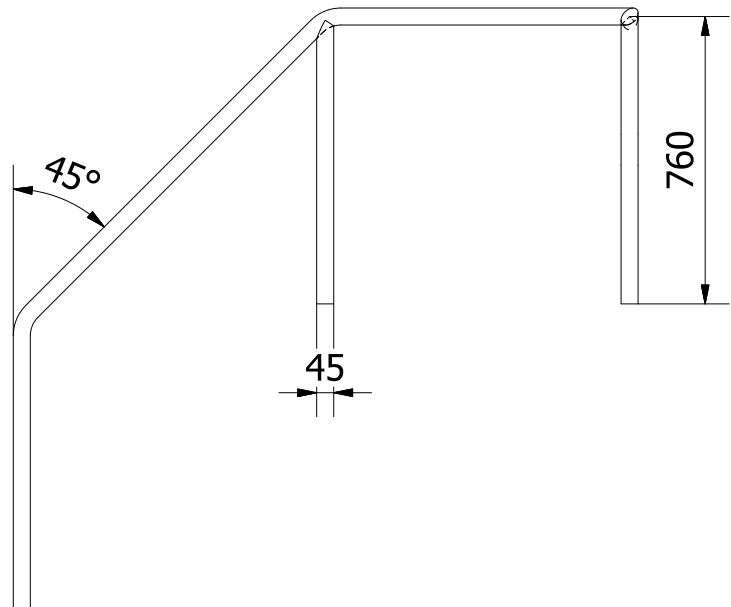
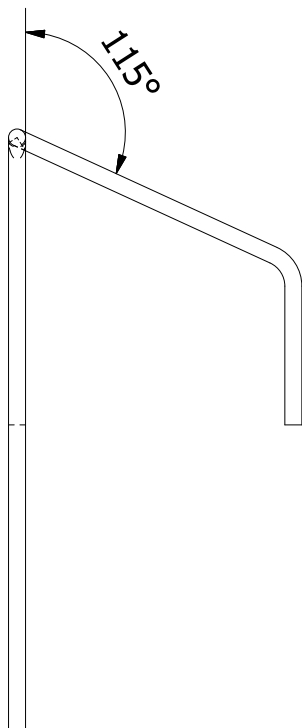
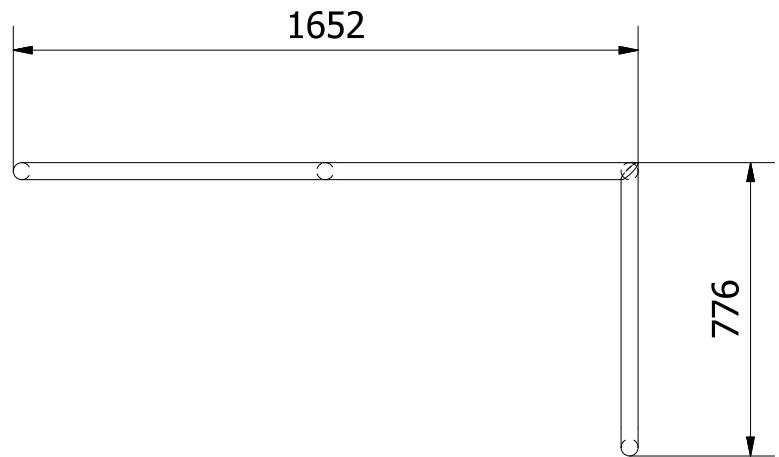
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B15 - CORRIMÃO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

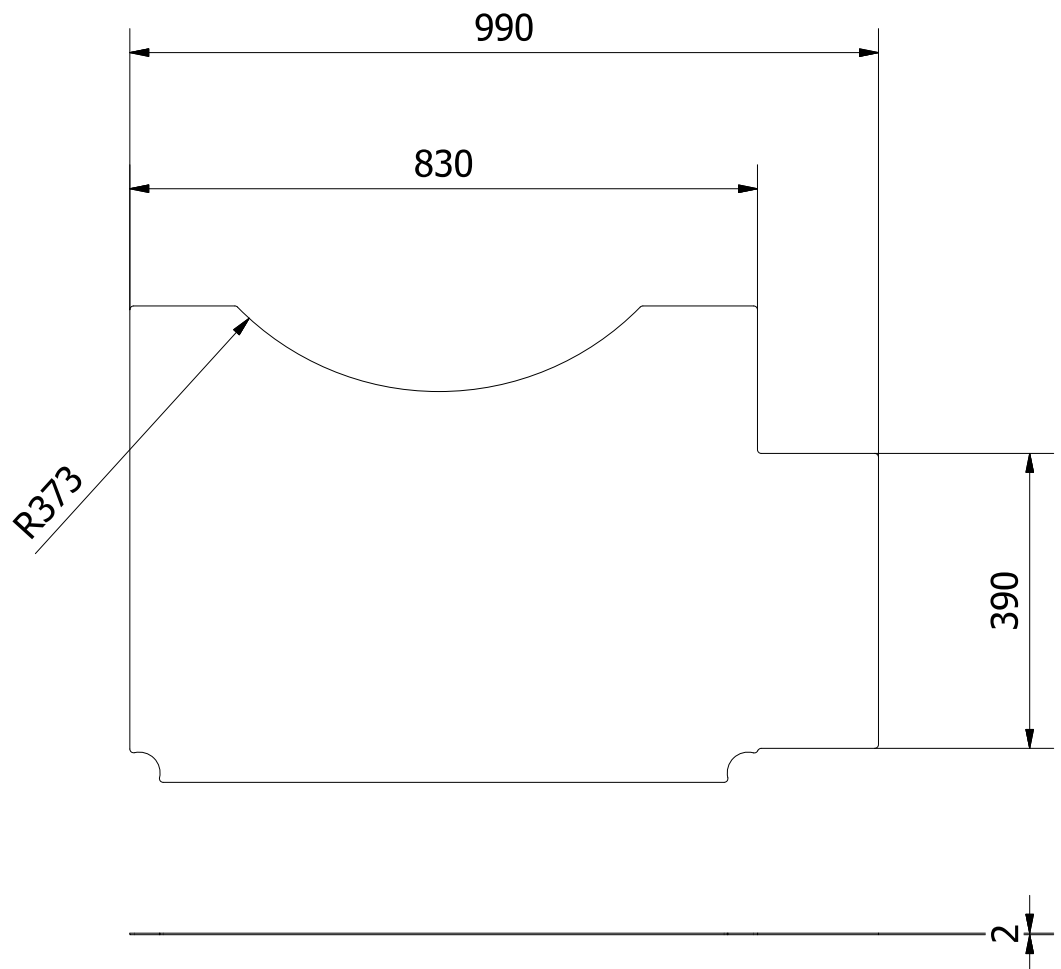
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:20



Material	Filme de poliéster
Revestimento	Óxido de alumínio
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE B16 - ADESIVO ANTIDERRAPANTE ESTRUTURA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

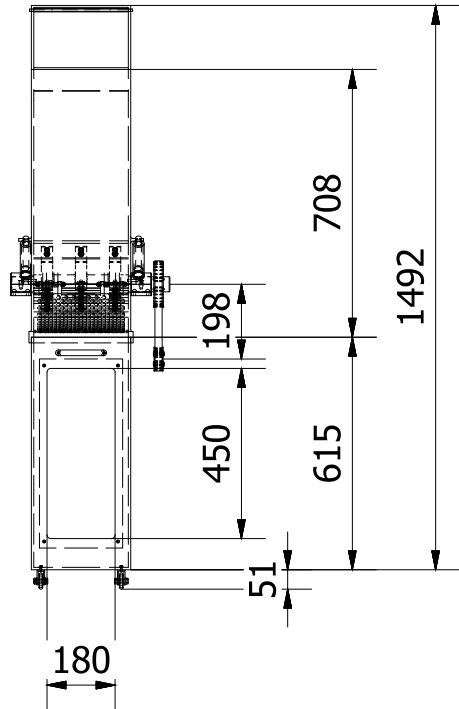
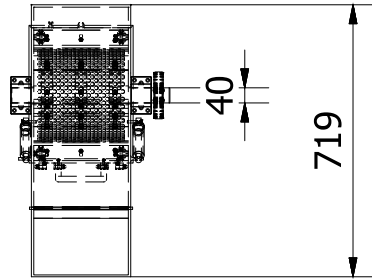
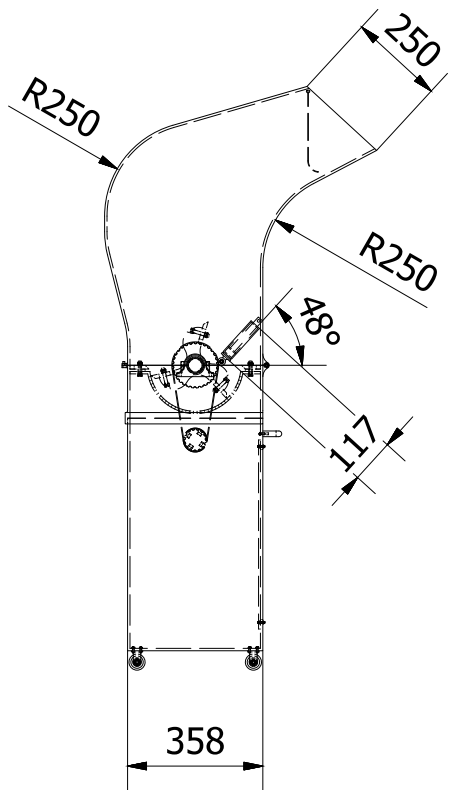
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA C - MOINHO DE FACAS

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

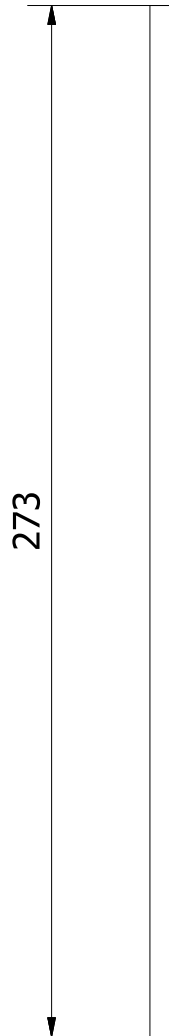
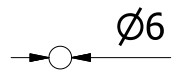
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:20



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C01 - PINO DO PROTETOR DE ALIMENTAÇÃO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

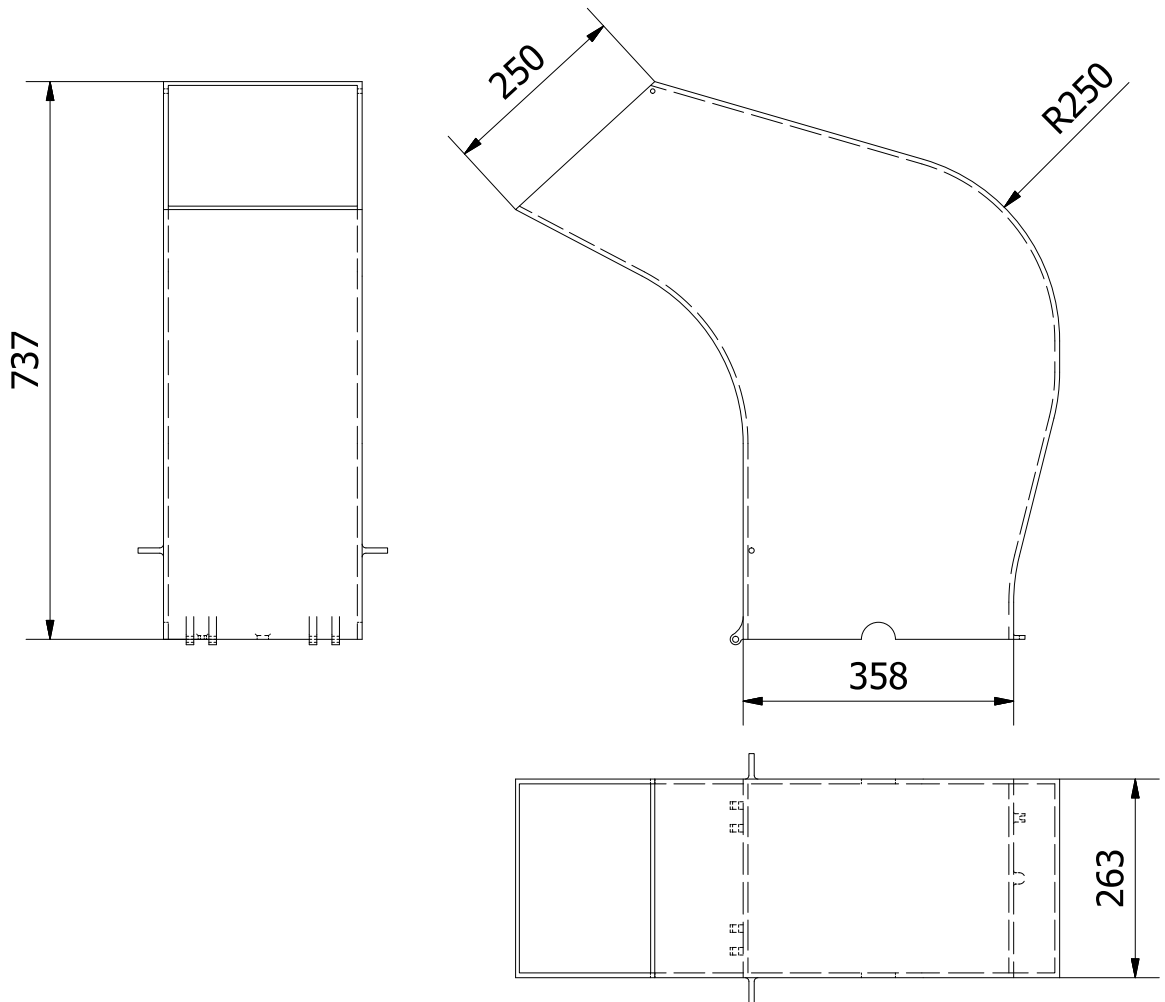
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C02 - CORPO DO MOINHO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

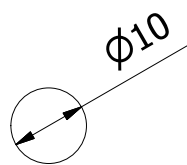
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	2



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C03 - TRAVA DE SEGURANÇA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

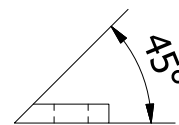
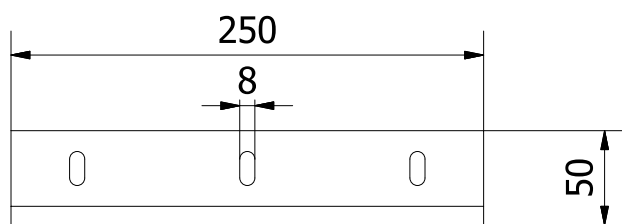
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C04 - FACA FIXA DO MOINHO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

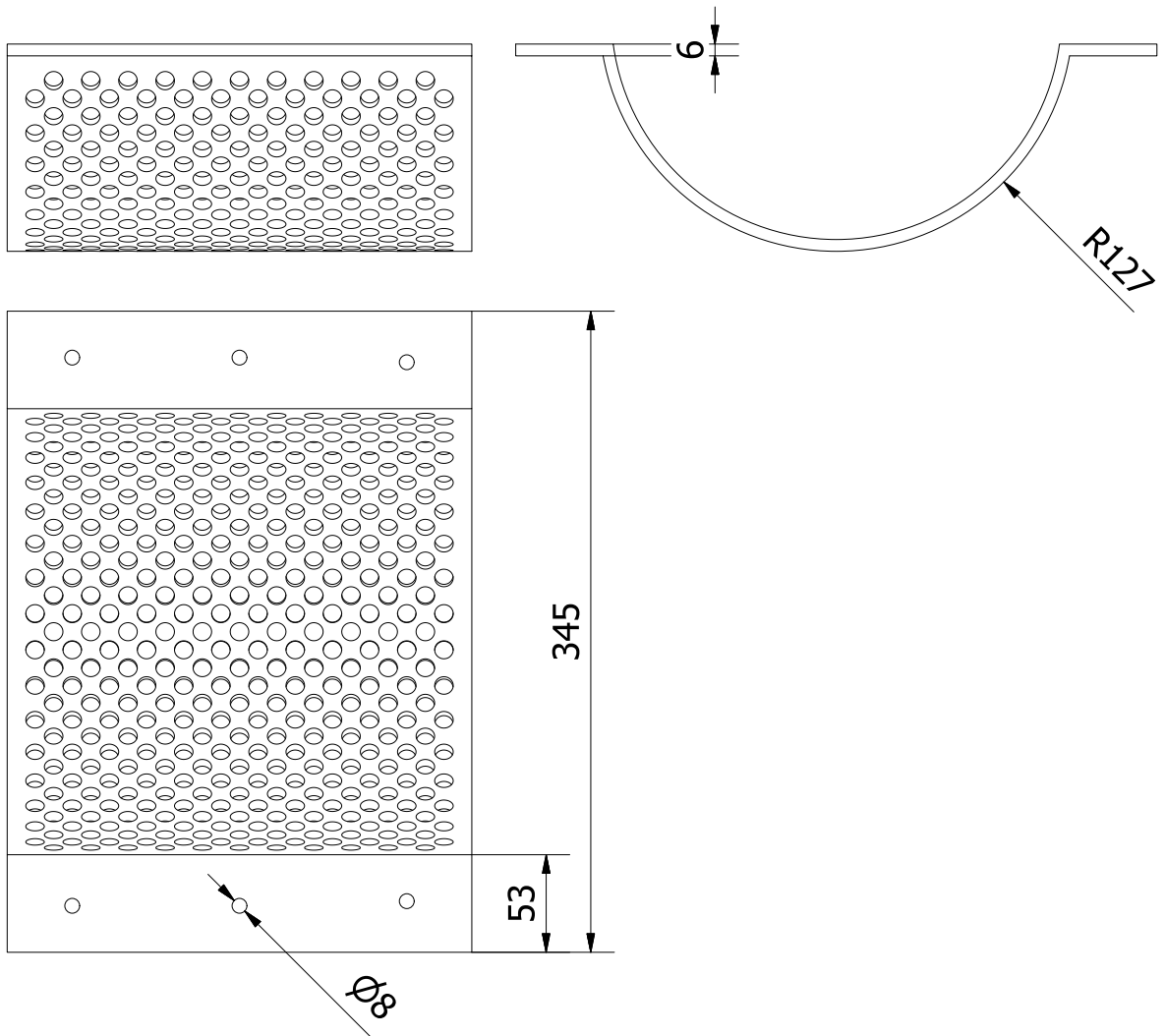
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C05 - PENEIRA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

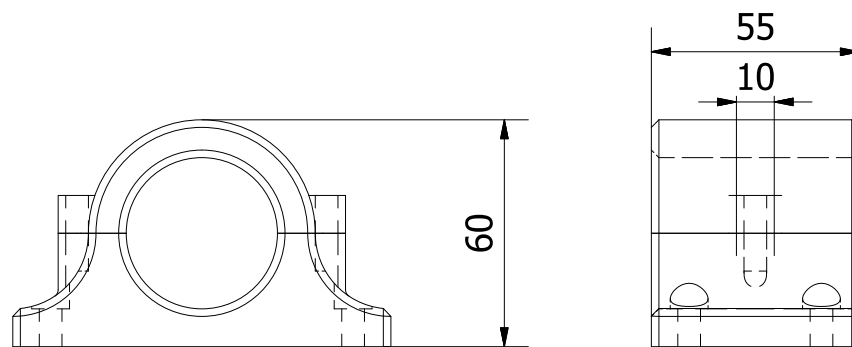
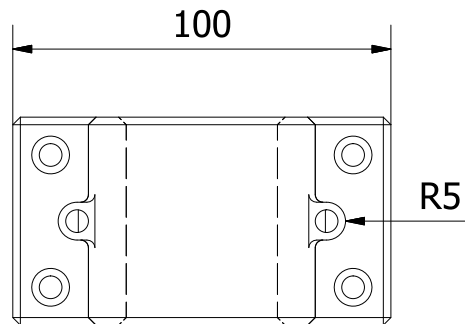
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor verde
N° Peças	4



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C06 - MANCAL DE ROLAMENTO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

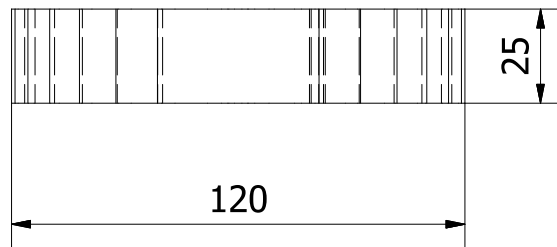
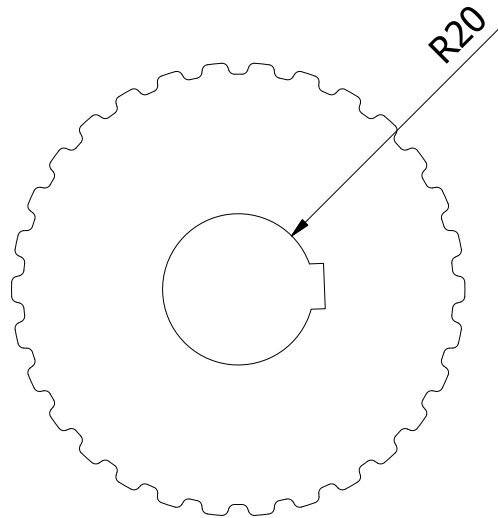
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C07 - ENGRENAGEM DE REDUÇÃO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

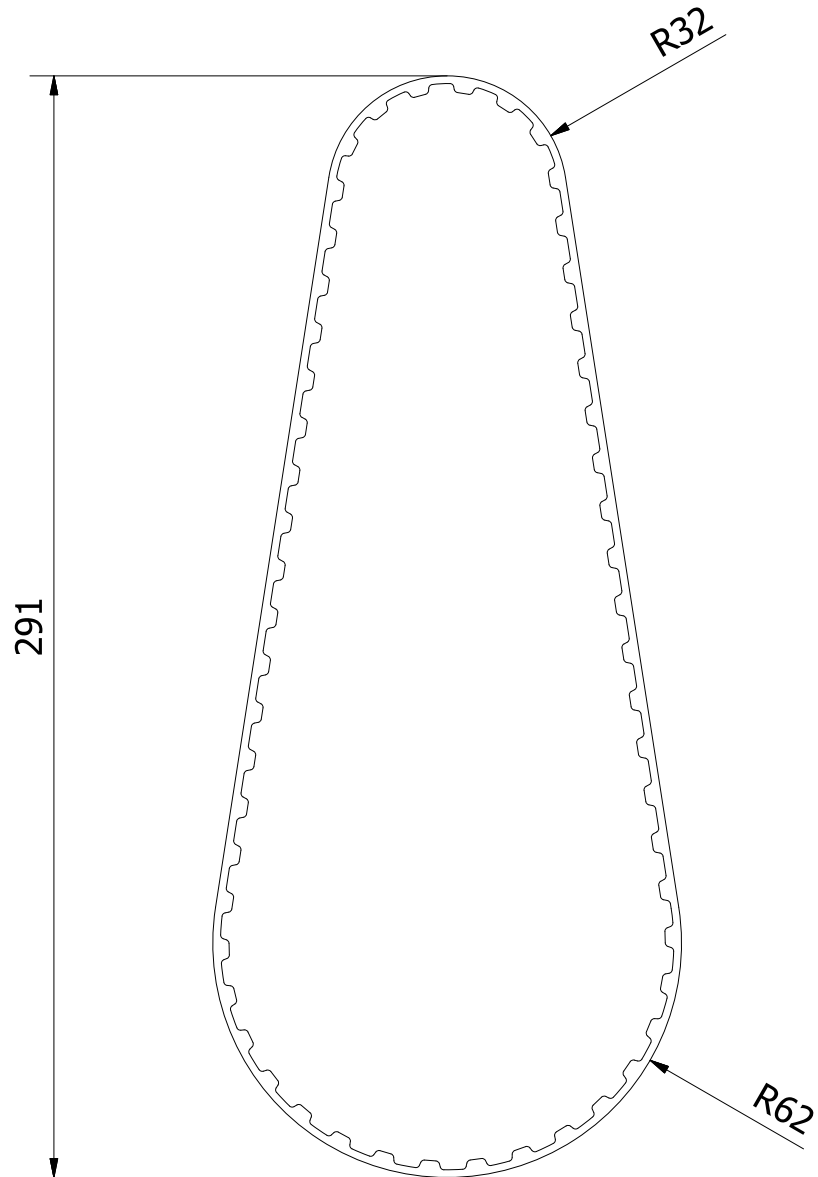
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	Borracha
Tratamento	Vulcanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C08 - CORREIA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

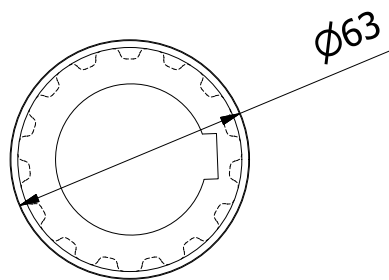
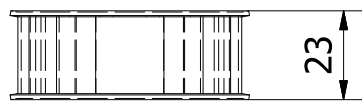
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C09 - ENGRENAGEM MOTRIZ

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

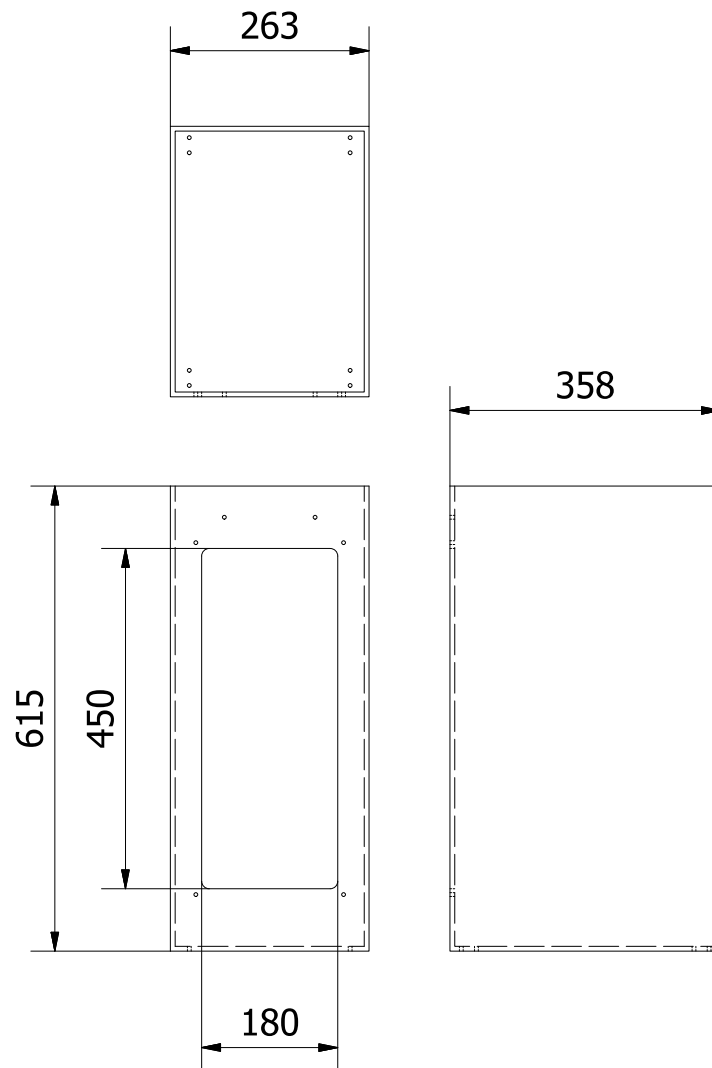
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C10 - GAVETA DE RESÍDUOS

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

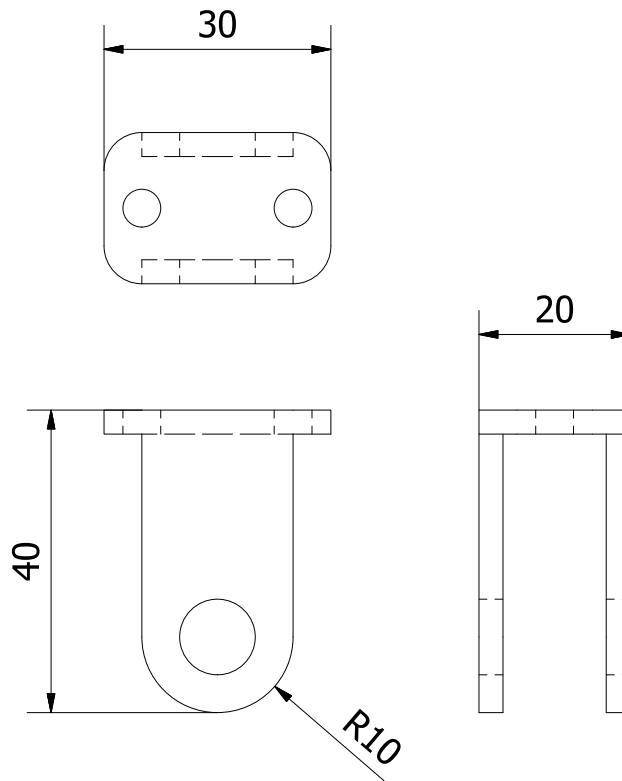
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	4



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C11 - FIXADOR DE RODAS

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

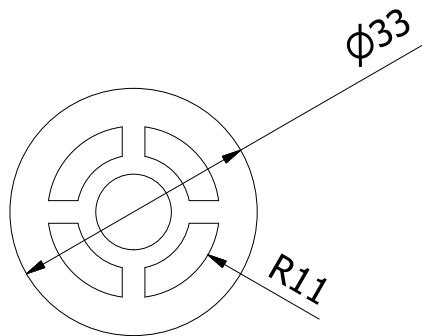
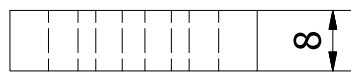
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	4



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C12 - RODA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

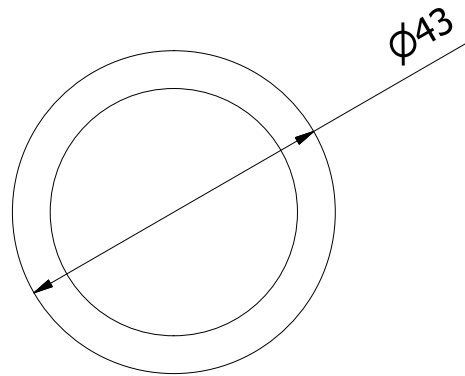
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	Borracha
Tratamento	Vulcanização
N° Peças	4



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C13 - PNEU

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

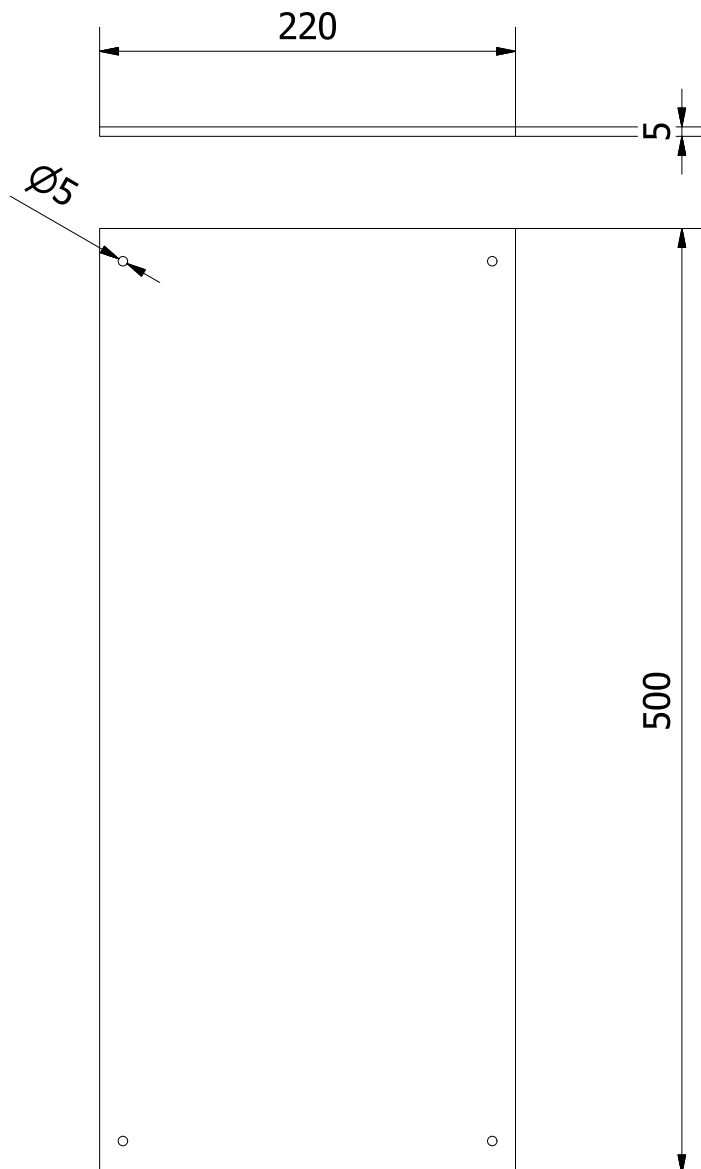
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	PC
Acabamento	-
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C14 - VISEIRA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

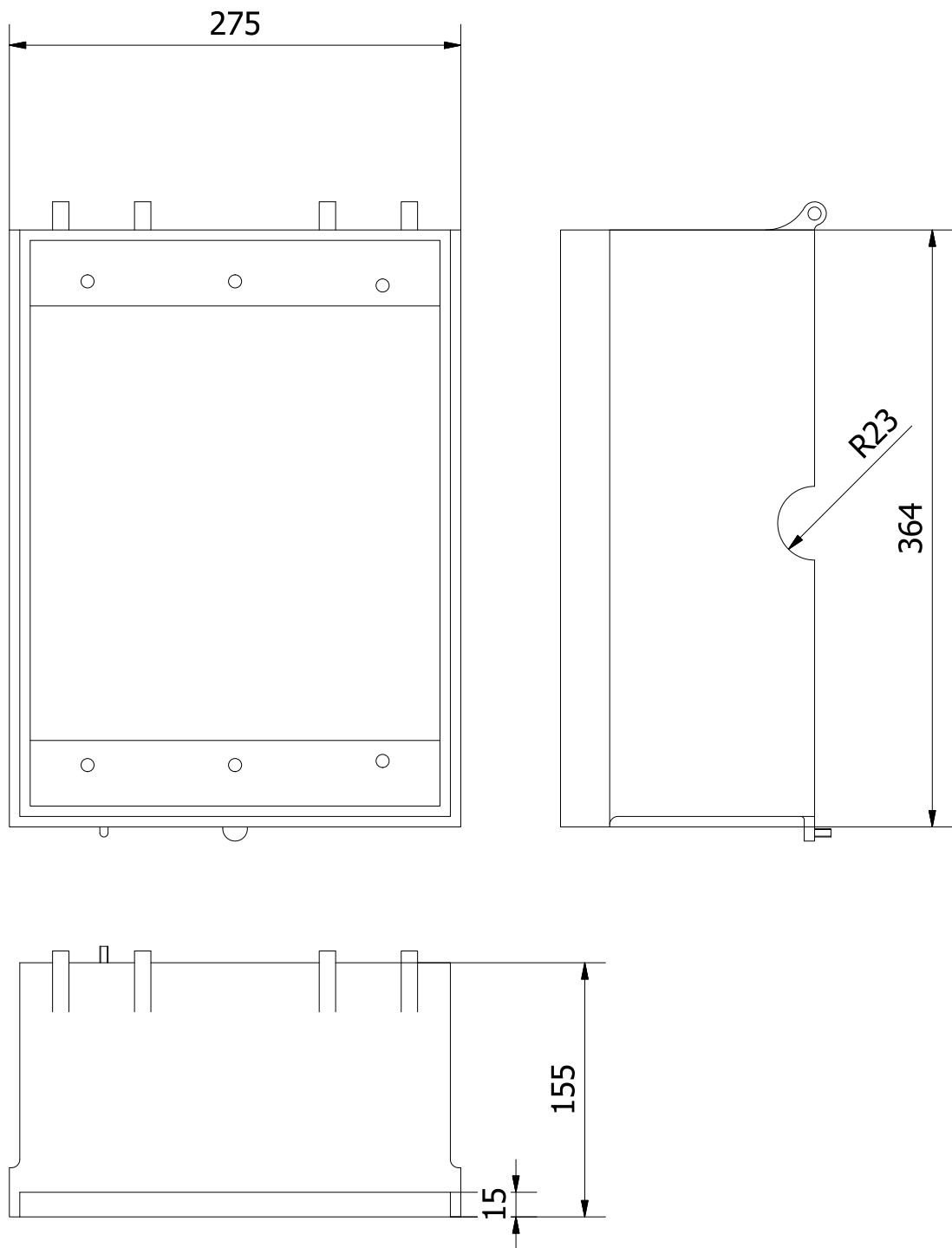
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C15 - BASE DO MOINHO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

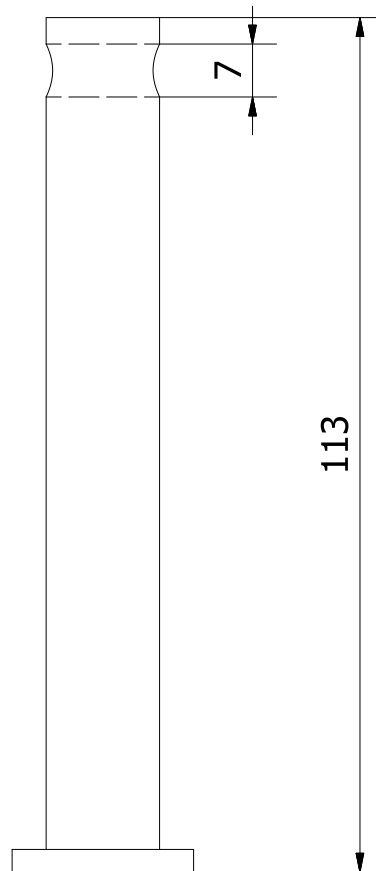
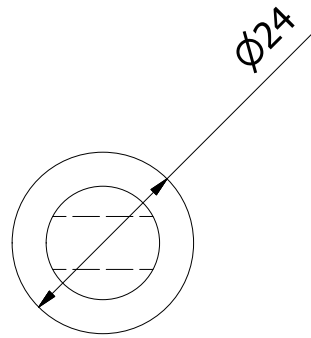
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	2



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C16 - PISTÃO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

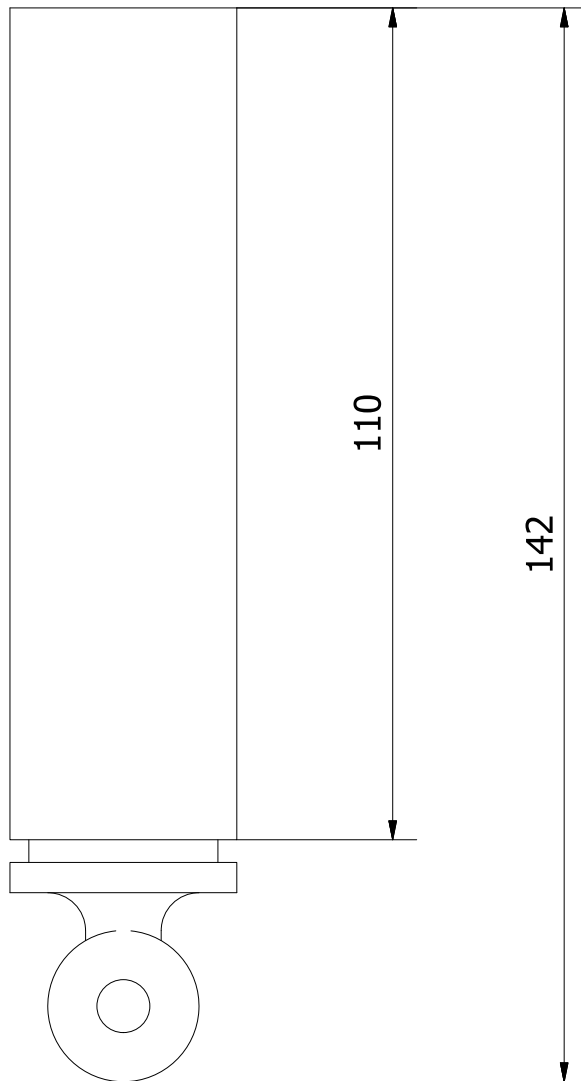
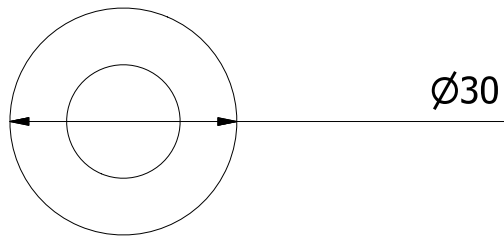
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	2



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C17 - ÊMBOLO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

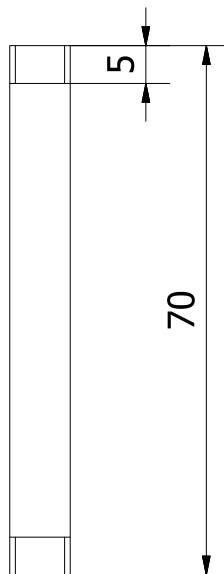
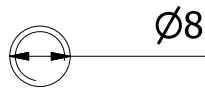
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	2



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C18 - PINO FIXADOR ÊMBOLO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

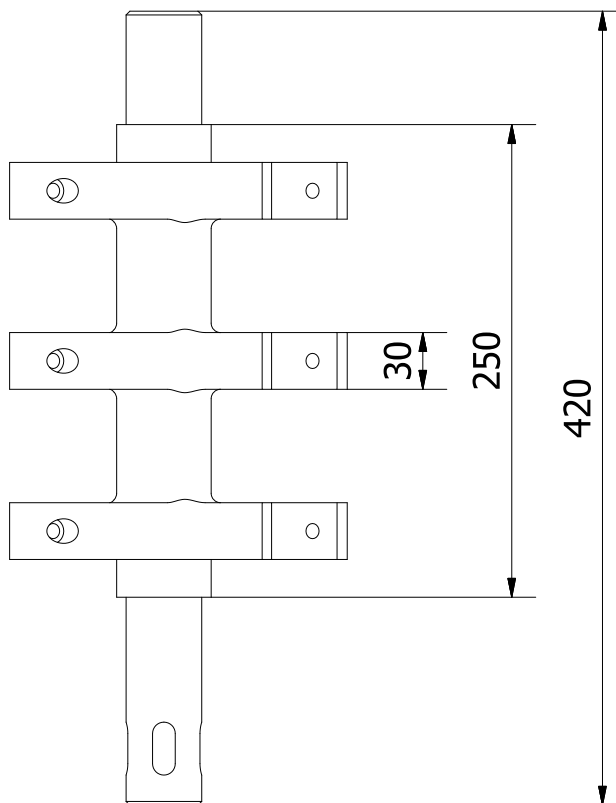
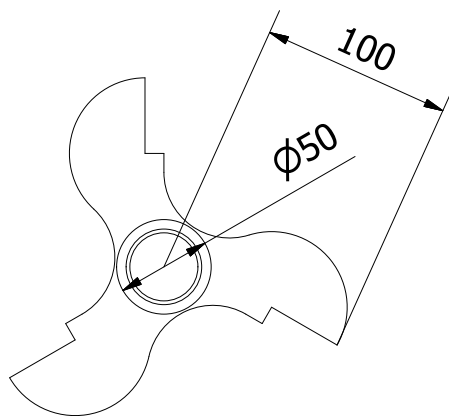
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C19 - ESTRUTURA FACAS MOINHO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

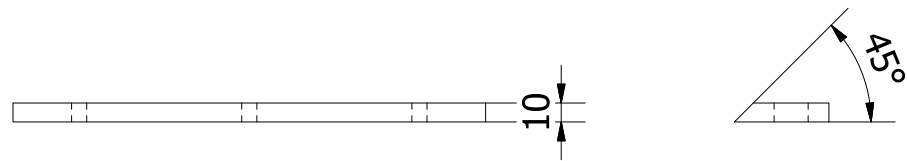
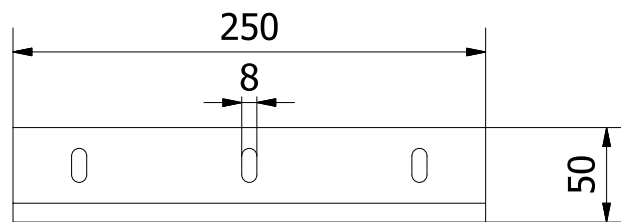
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	3



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C20 - FACA ROTACIONÁRIA DO MOINHO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

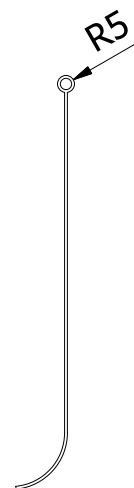
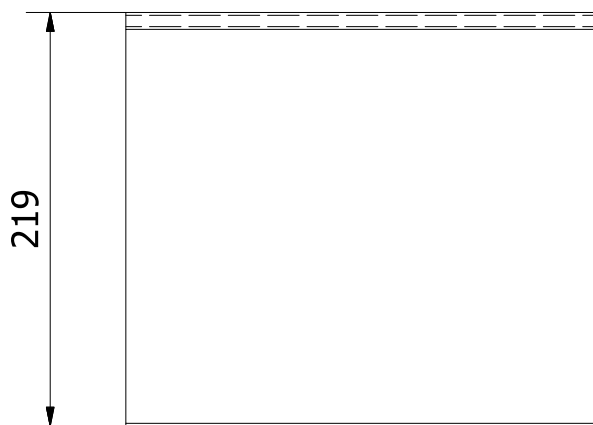
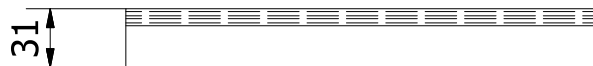
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4



Material	Borracha
Tratamento	Vulcanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE C21 - PROTETOR DE ALIMENTAÇÃO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

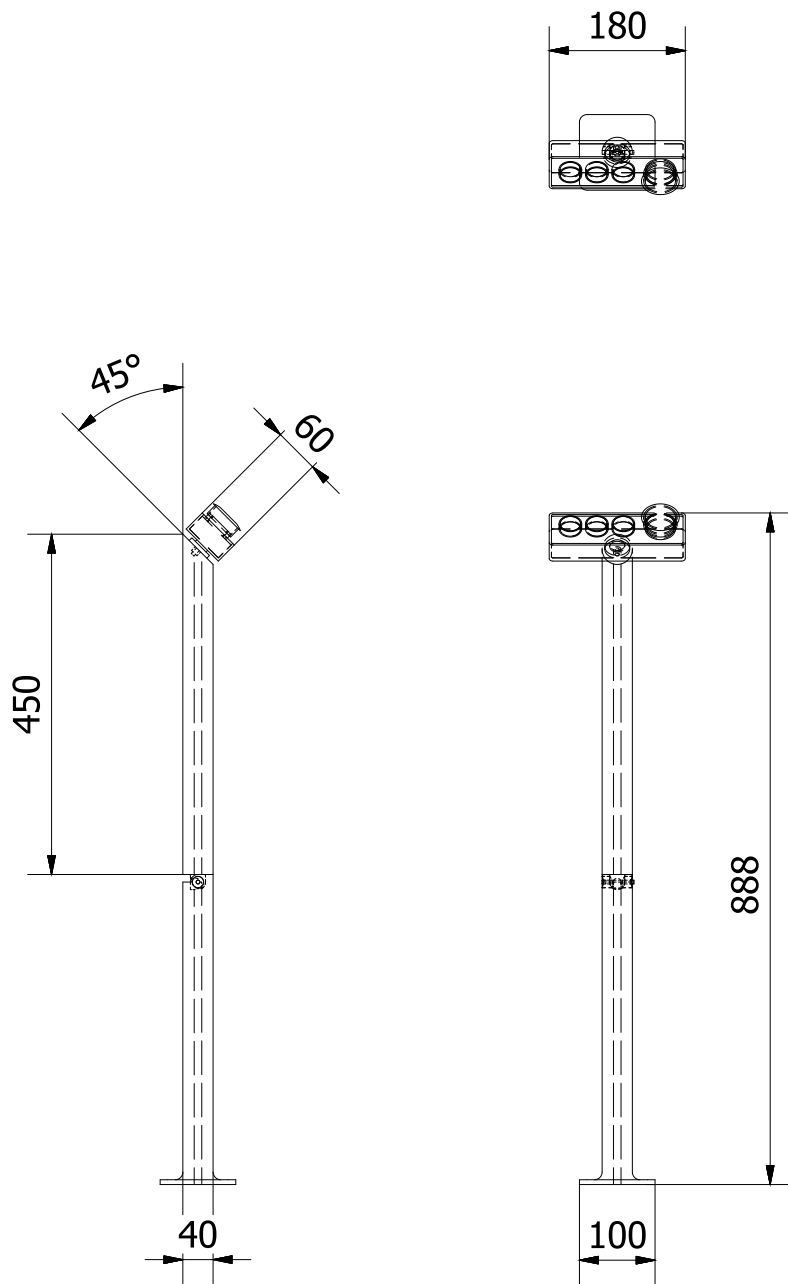
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA D - PAINEL MODO AGLUTINADOR

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

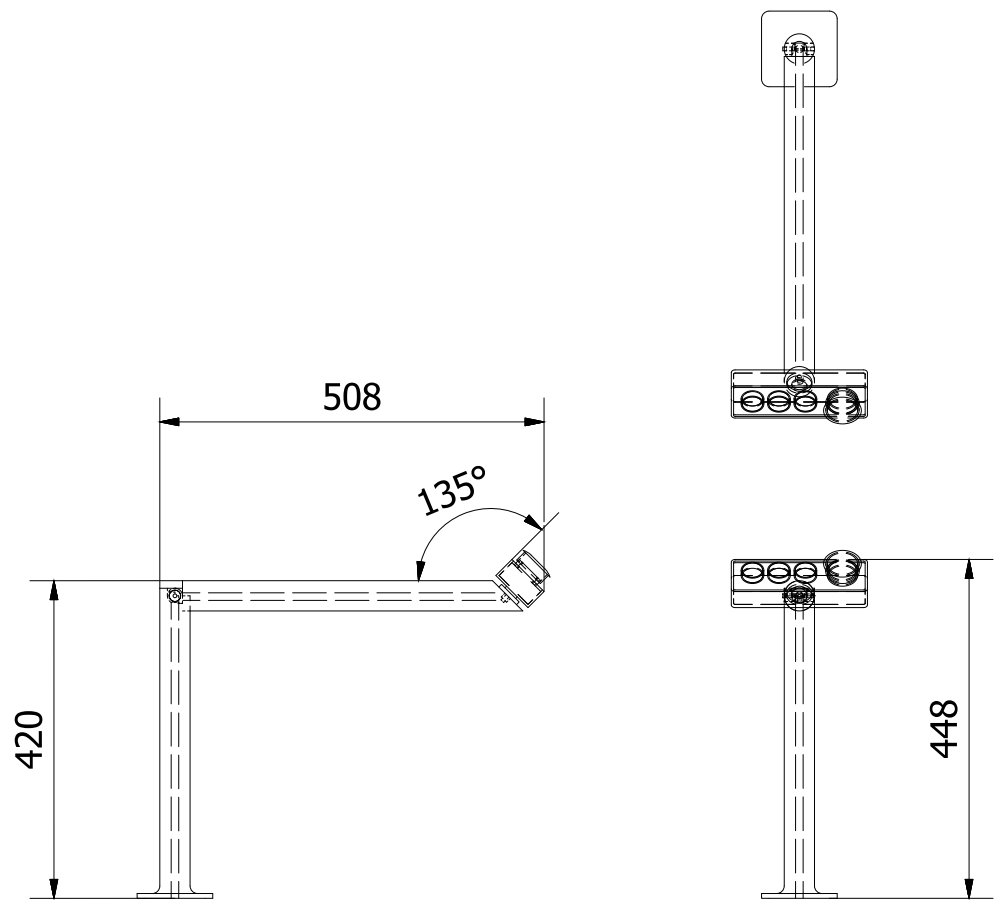
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA D - PAINEL MODO MOINHO DE FACAS

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

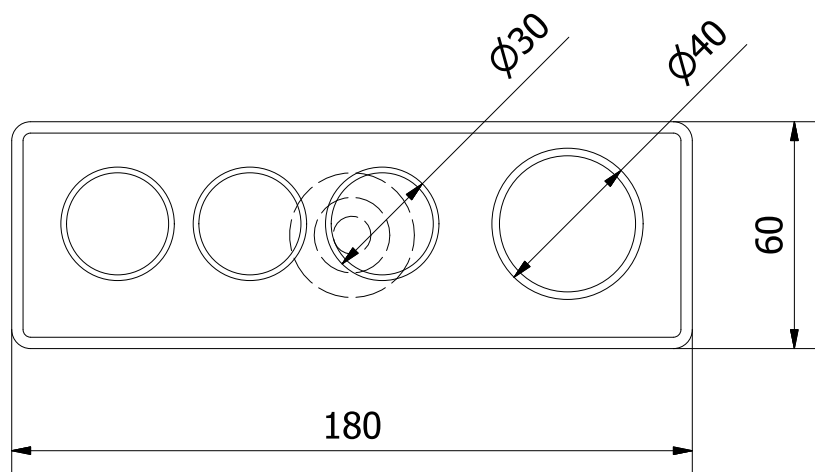
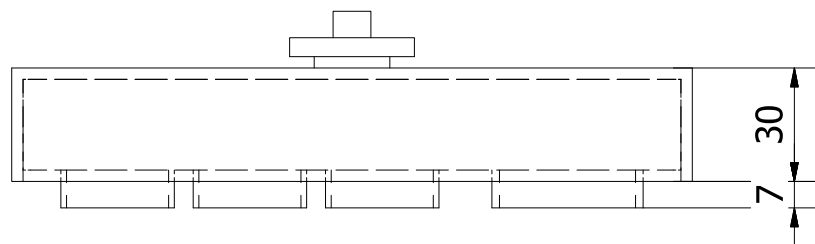
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE D01 - CONSOLE DO PAINEL

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

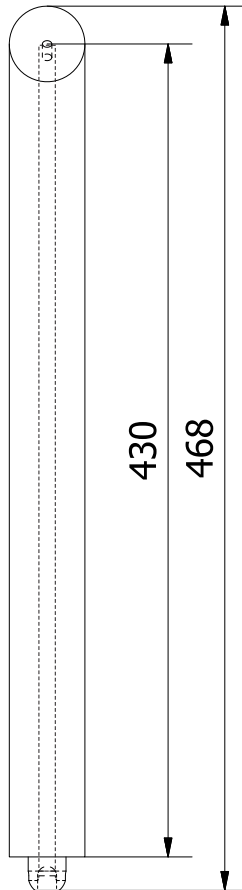
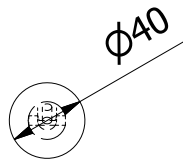
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE D02 - BRAÇO ARTICULADO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

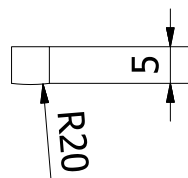
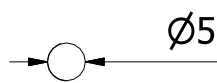
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE D03 - PINO DE LIBERAÇÃO DA ARTICULAÇÃO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

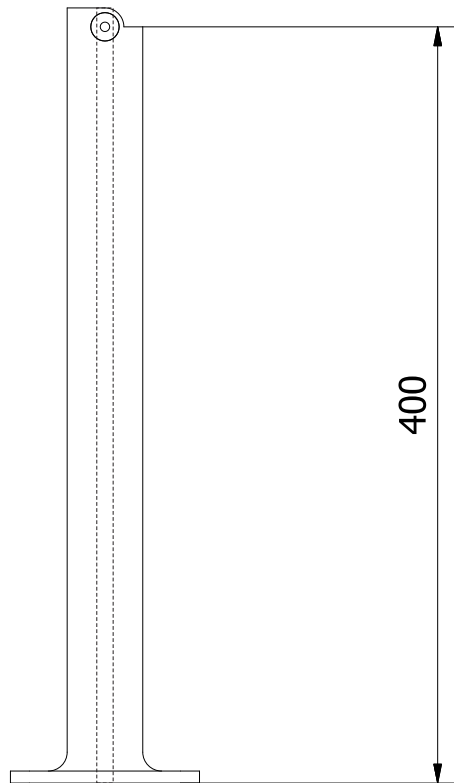
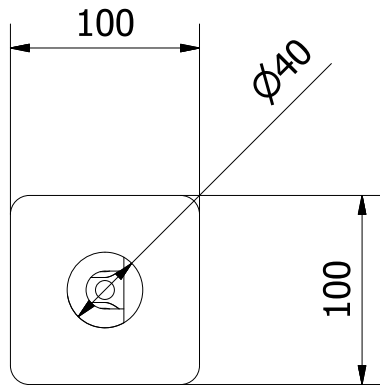
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE D04 - SUPORTE DO PAINEL

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

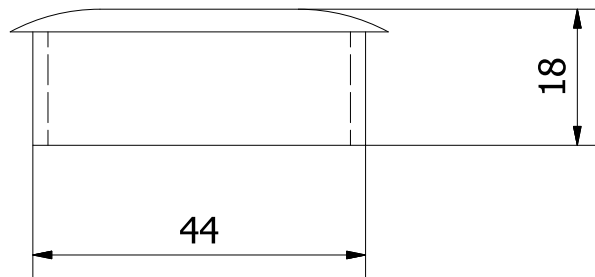
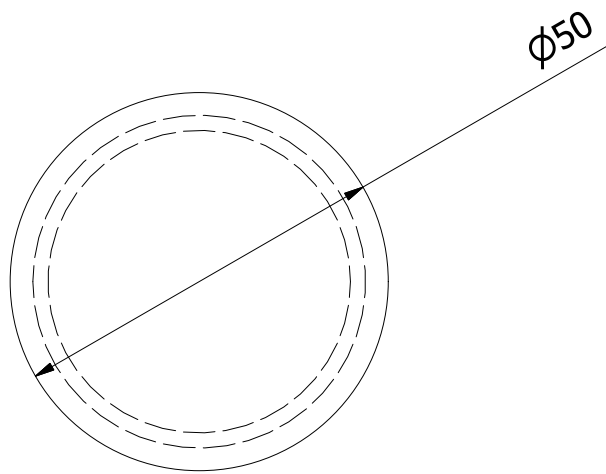
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4



Material	HDPE
Acabamento	-
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE D05 - BOTÃO DE DESLIGAMENTO EMERGENCIAL

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

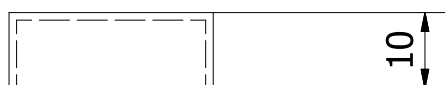
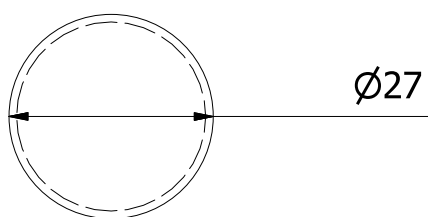
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	HDPE
Acabamento	-
N° Peças	3



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE D06 - BOTÃO DE FUNCIONAMENTO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

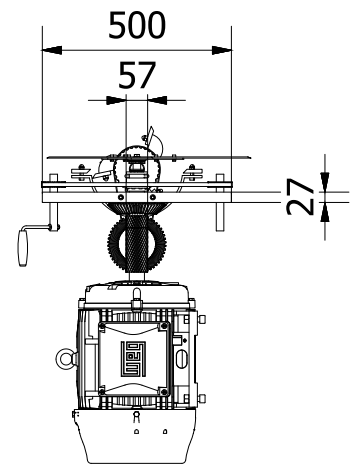
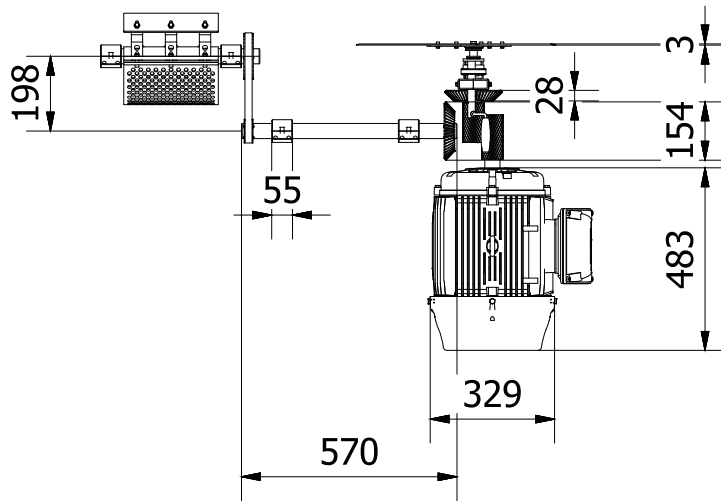
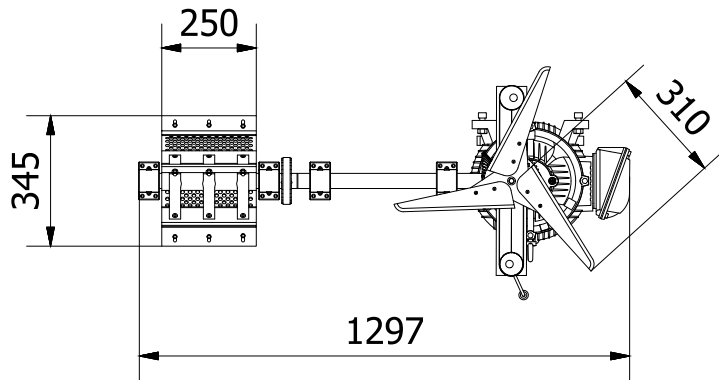
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



DETALHAMENTO TÉCNICO - SUBSISTEMA E - MOTOR E TRANSMISSÃO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

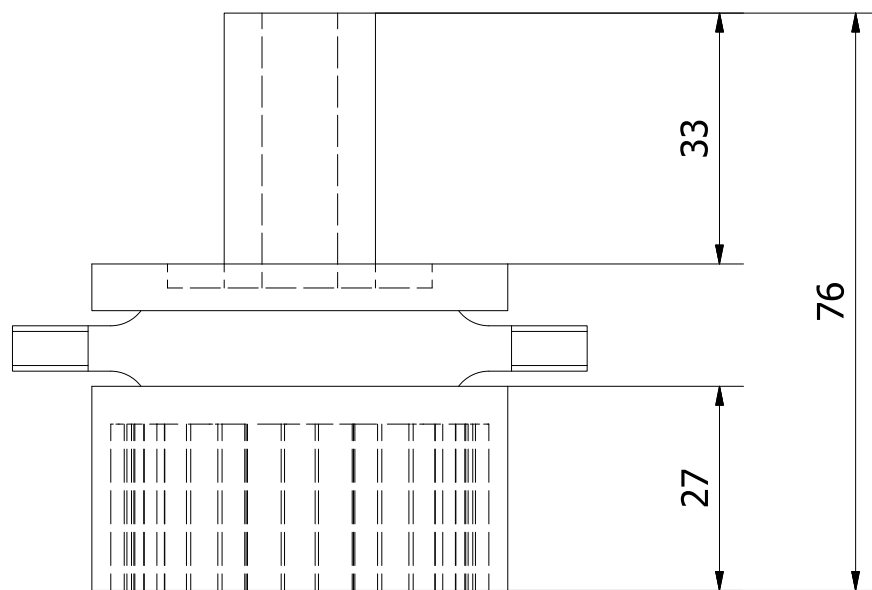
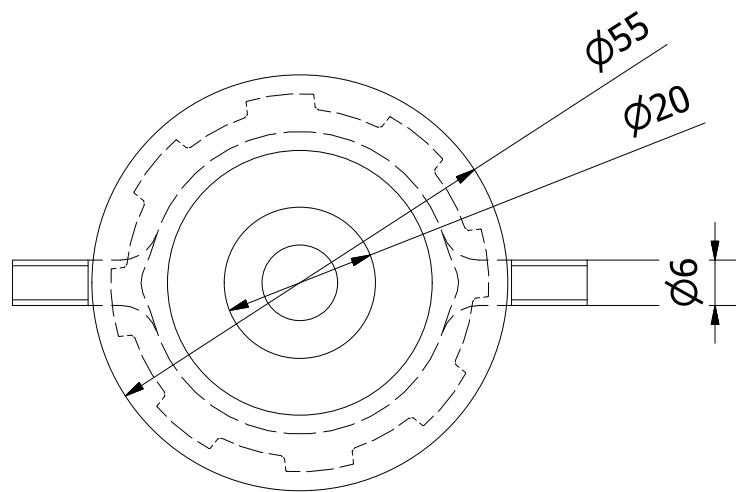
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:20



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE E01 - CONECTOR DE FACAS DO AGLUT.

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

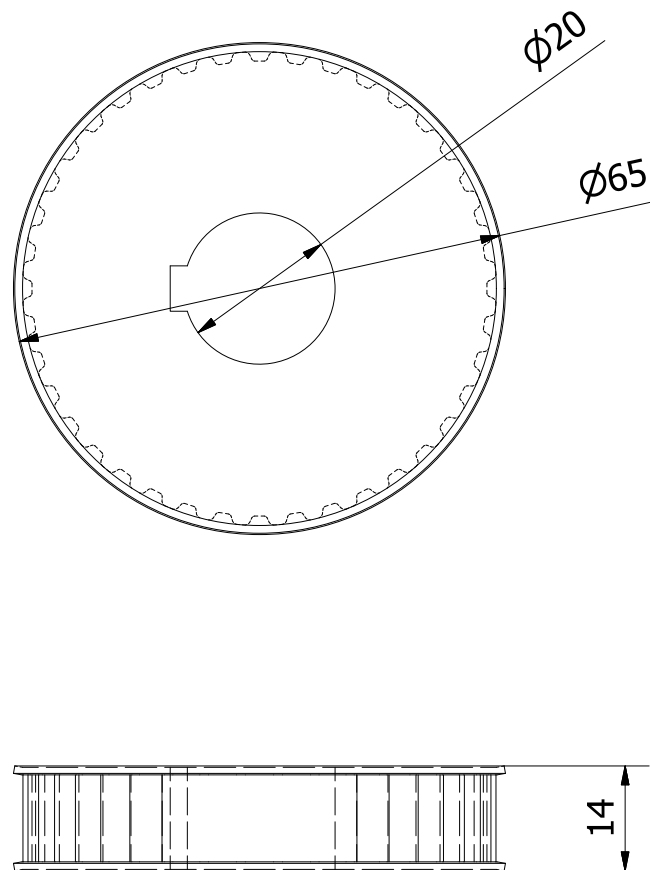
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	2



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE E02 - ENGRENAGEM DE EQUALIZAÇÃO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

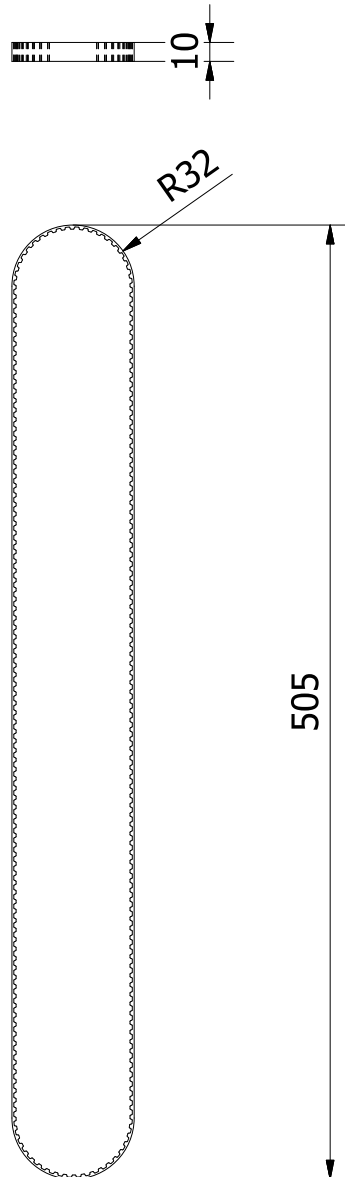
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	Borracha
Tratamento	Vulcanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE E03 - CORREIA

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

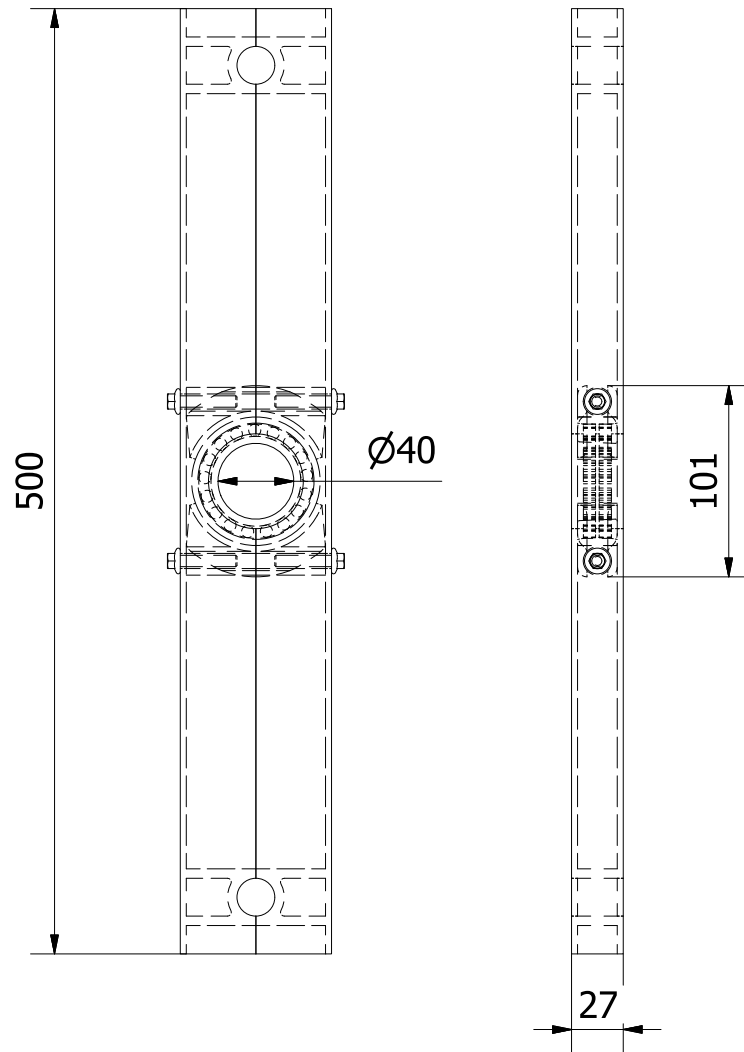
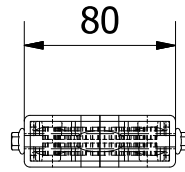
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:4

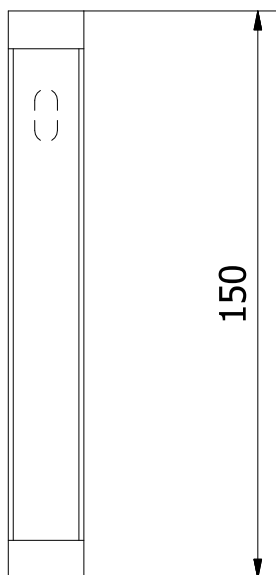


Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE E04 - PLATAFORMA DE ENCAIXE DA TRANSMISSÃO

Felipe Luis Palombini	Projeto REDUO	Dimensionamento	Unidade: mm
Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto		2015	ESCALA 1:4



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE E05 - BARRA DE ROSQUEAMENTO POSTERIOR

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

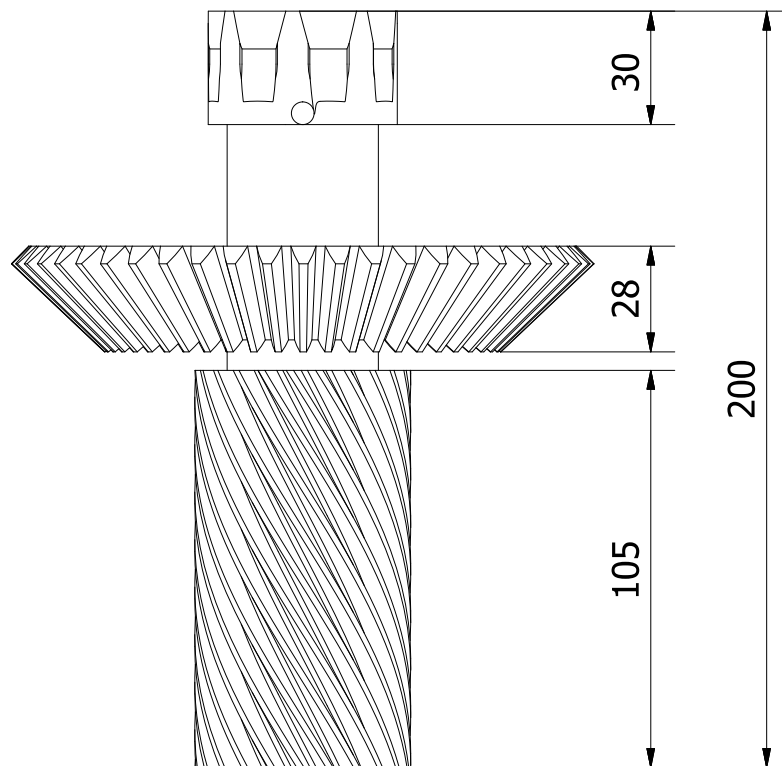
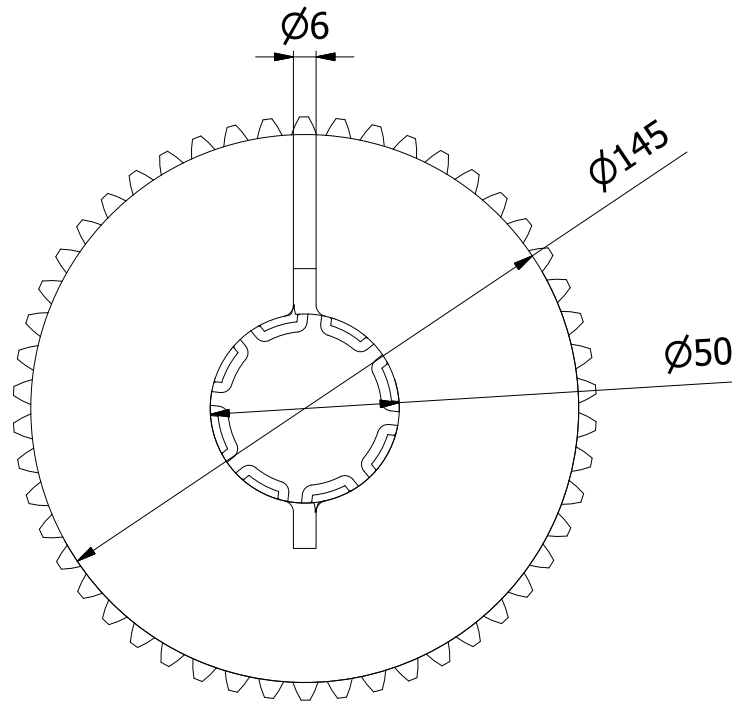
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE E06 - MECANISMO DE ENGRENAGEM HÍBRIDO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

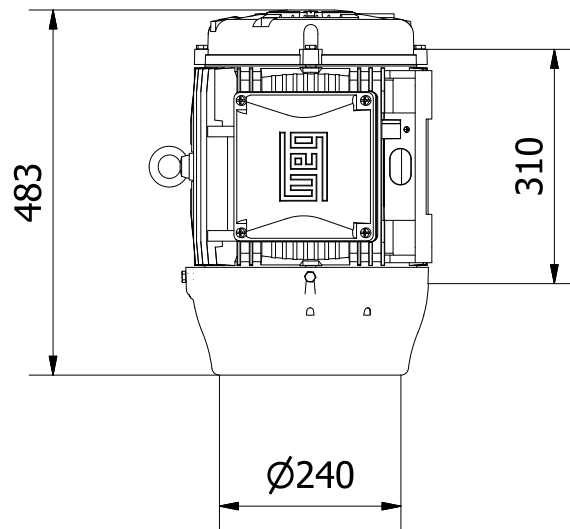
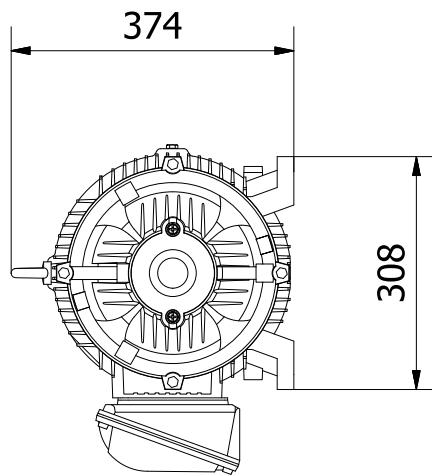
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	Aço carbono
Acabamento	Pintura cor preta
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE E07 - MOTOR ELÉTRICO WEG W22 MAGNET

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

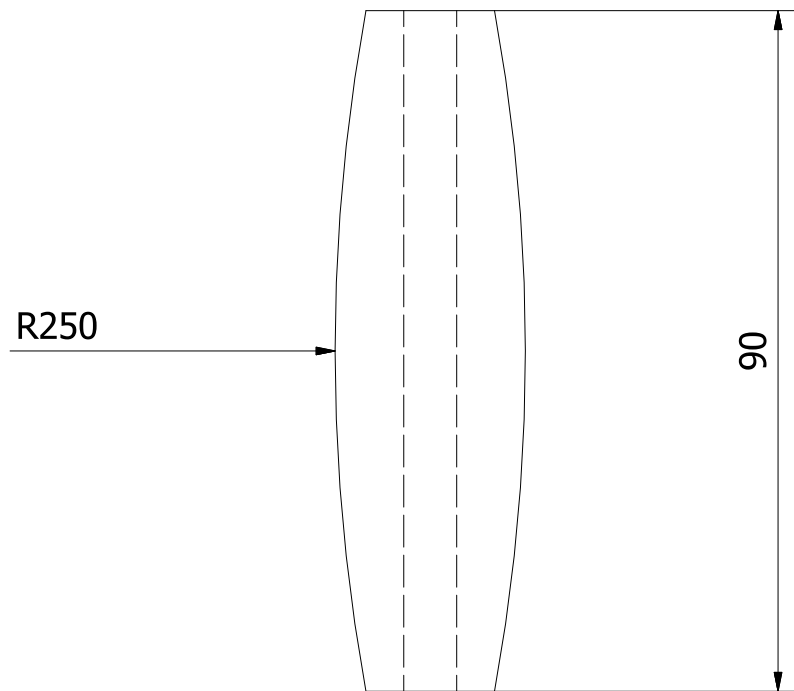
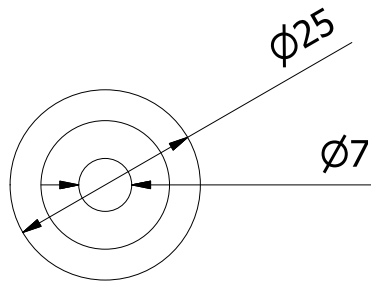
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:10



Material	EVA
Acabamento	-
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE E08 - MANOPLA DA MANIVELA DE AJUSTE

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

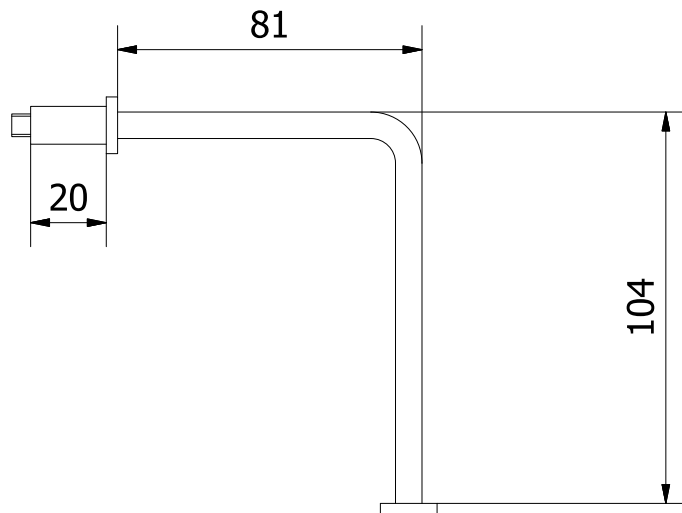
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:1



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE E09 - MANIVELA DE AJUSTE

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

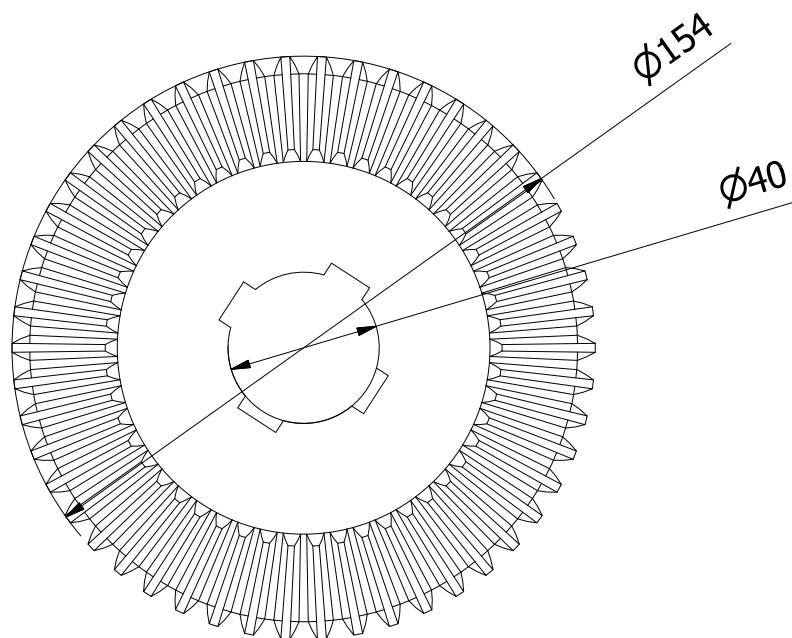
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE E10 - ENGRENAGEM CÔNICA DO MOINHO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

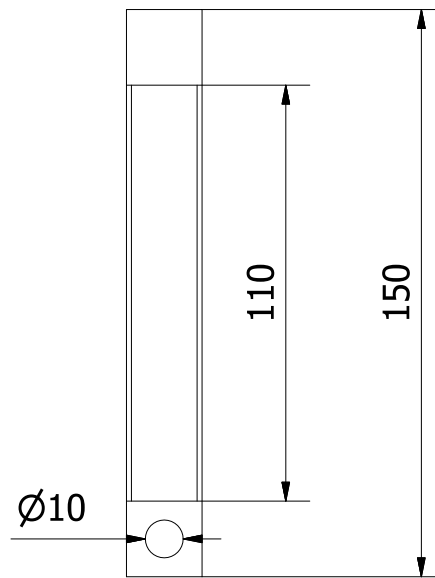
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE E11 - BARRA DE ROSQUEAMENTO ANTERIOR

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

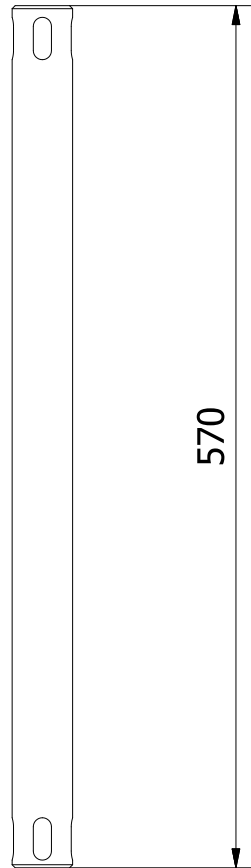
Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:2



Material	Aço carbono
Acabamento	Galvanização
N° Peças	1



DETALHAMENTO TÉCNICO - COMPONENTE E12 - EIXO DE TRANSMISSÃO DO MOINHO

Felipe Luis Palombini

Projeto REDUO

Dimensionamento

Unidade: mm

Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

2015

ESCALA 1:5

ANEXO I – Imagens dos aglutinadores similares avaliados no Quadro 4



Ability



Golden Press



Kie



Lessa



Metalúrgica Wagner (Localizado na Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos)



Plastimax



Premiata



Primotécnica



RONE



SEIBT



ANEXO II – Ata da Reunião com empresa SEIBT®

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ARQUITETURA
DEPARTAMENTO DE DESIGN E EXPRESSÃO GRÁFICA
CURSO DE DESIGN DE PRODUTO

Na data de 1 de Abril de 2015 foi realizada uma reunião na empresa SEIBT Máquinas para Plásticos Ltda., localizada no município de Nova Petrópolis - RS, onde foram tratados assuntos relacionados ao Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Design de Produto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, do aluno Felipe Luis Palombini. Estavam presentes os abaixo-assinados:



Felipe Luis Palombini
Graduando em Design de Produto



Prof. Dr. Luis Henrique Alves Cândido
Orientador do Trabalho de Conclusão



Nova Petrópolis, 1 de Abril de 2015.