

## PROJETO DE UM TRITURADOR DE CAVACOS POLIMÉRICOS

Bruno Durães; Daniel Paulo Sebenello; Rodrigo Dos Santos; Silvio Boita; Vanessa Klehm<sup>1</sup>  
Anderson Baldissera; Keila D. Ferrari Orso<sup>2</sup>

### RESUMO

O presente artigo tem por objetivo desenvolver o projeto de um triturador de cavacos poliméricos, visando atender a necessidade de uma empresa na cidade de Chapecó-SC, quanto a destinação dos resíduos poliméricos resultantes dos seus processos fabris. Os resíduos são os cavacos originados do processo de usinagem de náilon, tendo geometria irregular acabam ocupando elevado volume e dificultando a destinação. Definimos assim que a ideia de projeto atenderia o foco principal que era de reciclagem de lixo industrial. A pesquisa seguiu metodologia pré-estabelecida de gestão de projetos, trazendo confiabilidade e estrutura ao desenvolvimento do produto. Utilizamos cronogramas, matrizes de projeto, conceitos de projeto básico, conceitual e detalhado buscando sempre um produto que satisfaça aos requisitos do cliente. Ao final obtivemos um produto com características que atenderam os resultados esperados, e um projeto que está pronto para seguir as próximas etapas de desenvolvimento de um novo produto.

**Palavras-chave:** Projeto de máquinas. Triturador. Reutilização de polímeros.

### 1 INTRODUÇÃO

A atividade de desenvolvimento de um novo produto não é tarefa simples. Ela requer pesquisa, planejamento cuidadoso, controle meticoloso e, mais importante, o uso de métodos sistemáticos (BAXTER, 2011). Dessa maneira, este estudo segue um procedimento baseado em métodos conhecidos de desenvolvimento de projeto de produtos.

Conforme a lei nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), contém elementos importantes para trazer segurança ao meio ambiente e possibilitar o desenvolvimento sustentável do País. Segundo o artigo 4º, a PNRS reúne um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Esta lei prevê também as responsabilidades da fonte geradora quanto a destinação dos resíduos resultantes dos seus processos produtivos, segundo Planalto (2010).

---

<sup>1</sup> Acadêmicos de Engenharia Mecânica da UCEFF Faculdades. E-mail: br.duraes@gmail.com; danielsebenello95@gmail.com; rodrigoolisan90@hotmail.com; silvioboita1234@gmail.com; vanessaklehm97@hotmail.com.

<sup>2</sup> Docentes do curso de Engenharia Mecânica da UCEFF Faculdades. E-mail: anderson.baldissera@hotmail.com; keilaorso@hotmail.com.

Com base nisso, justificamos a necessidade da empresa em possuir uma gestão de resíduos sólidos, porém definir a melhor opção de gestão nos leva ao estudo a seguir.

Com o objetivo de identificar e analisar os impactos ambientais oriundos de processos produtivos de usinagem utilizando materiais poliméricos, mais especificamente a poliamida, e obter as necessidades de um potencial cliente quanto a melhoria na destinação dos materiais sólidos rejeitados, foi realizada visita a empresas que realizam estes processos, constatando assim os principais problemas enfrentados na gestão deste material.

Segundo Ferraresi (1970), processos de usinagem são aqueles que, ao conferir à peça a forma, ou as dimensões ou o acabamento, ou ainda uma combinação qualquer destes três itens, produzem cavaco. Definimos cavaco, a porção de material da peça, retirada pela ferramenta, caracterizando-se por apresentar forma geométrica irregular.

Polímeros são materiais sintéticos, um ramo especial da química orgânica. São materiais altamente versáteis e úteis. Tem havido um progresso substancial na última década no desenvolvimento de polímeros projetados com resistência e rigidez suficientemente altas para permitir seu uso como substitutos dos metais estruturais tradicionais (SHACKELFORD, 2008).

A poliamida (náilon) é classificada como polímero termoplástico, que segundo Askeland e Phulé (2008) são compostos de cadeias longas produzidas pela união de monômeros que tem comportamento mecânico plástico e dúctil. Ramos (2018) argumenta que a poliamida, devido a sua boa estabilidade térmica, pode ser processada diversas vezes sem grande perda de suas propriedades, isto faz deste material um excelente candidato para estudos de reciclabilidade.

O material polimérico resultado da usinagem apresenta características de cavaco citadas anteriormente: formato geométrico irregular, gerando um elevado volume, dificultando a armazenagem, o manuseio e a sua destinação, o que eleva os custos no processo. Neste contexto, questiona-se: **Como podemos processar o material rejeitado para diminuir seu volume e prepara-lo para a reutilização?**

Portanto, visando diminuir custos e minimizar os impactos, este estudo se destina ao desenvolvimento de projeto de uma máquina processadora de resíduos sólidos poliméricos, pelo meio de trituração, afim de que o material resultante tenha propriedades adequadas para que possa ser reaproveitado em novos processos de fabricação.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Kerzner (2006) afirma que projeto, nada mais é do que um empreendimento com objetivo bem definido, que consome recursos e opera sob pressões de prazos, custos e qualidade. Madureira (2010) reforça que os projetos exigem grandes investimentos em recursos humanos e materiais e por isso devem ser conduzidos e implantados de modo a produzir os resultados propostos.

Dym e Little (2010) conceituam projeto de engenharia como um processo sistemático e inteligente no qual os projetistas geram, avaliam e especificam estruturas para equipamentos, sistemas ou processos nos quais as funções atendem os objetivos dos clientes e as necessidades dos clientes, e no mesmo momento satisfazem as restrições especificadas.

Desta forma, cabe ressaltar a definição de gerenciamento de projeto de engenharia, que segundo Dym e Little (2010) é o processo de aquisição de objetivos organizacionais pelo emprego das quatro importantes funções: de planejamento, organização, liderança e controle.

### 2.1 CRONOGRAMA, IDENTIFICAÇÃO DOS REQUISITOS DOS CLIENTES E REQUISITOS TÉCNICOS DO PRODUTO

Para organização da sequência do projeto com garantia de compromisso de entrega nas datas contratadas, desenvolve-se cronograma específico com datas de entrada e de saída das atividades programadas. De acordo com PMBOK (2014), desenvolver o cronograma é o processo de análise de sequência das atividades, suas demandas de tempo, recursos necessários e restrições do cronograma visando criar o modelo do cronograma do projeto. O mesmo autor reforça que o principal benefício deste processo é a geração de um modelo de cronograma com datas já especificadas para conclusão das atividades do projeto.

Entender as necessidades dos consumidores é fundamental para identificar, especificar e justificar uma oportunidade de produto. Isso é feito pela pesquisa das necessidades de mercado. A melhor forma é a pesquisa direta com consumidores. Para que se possam tirar conclusões válidas, a consulta deve ser feita de maneira estruturada, usando técnicas formais de pesquisa de mercado (BAXTER, 2011).

A entrevista estruturada é um meio de extrair informações que relaciona a consistência de um levantamento com a flexibilidade das entrevistas informais, e também de assegurar ao

entrevistado que a entrevista tem objetivo e foco, garantindo que assuntos secundários não impeçam a abordagem de assuntos importantes (DYM; LITTLE, 2010).

Outro aspecto importante é que os clientes normalmente se expressam em termos das falhas dos produtos, oriundas em muitos casos de reclamações, ou do que eles não gostaram na sua experiência com o uso do produto. Isso requer um esforço da equipe de projeto para descobrir o que os clientes esperam do produto (ROZENFELD et al., 2006).

Posteriormente, surge a necessidade da conversão das necessidades do consumidor em requisitos técnicos. Para Madureira (2010) o desenvolvimento do projeto do produto exige que sejam especificados tecnicamente requisitos em forma funcional, operacional e construtiva, os quais que quando forem atendidos, fazem com que o produto execute as suas funções com os atributos desejados, de acordo com as necessidades e exigências do cliente.

Baxter (2011) comenta que é difícil obter especificações do projeto que reflitam as necessidades do consumidor de forma precisa, fiel e utilizável, justificando a necessidade de uma ferramenta que auxilie neste processo, que pode ser obtida aplicando-se a técnica do desdobramento da função qualidade (*QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT* ou QFD).

O desdobramento da função qualidade, conhecido também como casa da qualidade, é uma ferramenta utilizada para auxiliar tanto no planejamento do projeto como para controlar a qualidade de todo o processo de desenvolvimento do produto (BAXTER, 2011).

Rozenfeld et al. (2006), conclui que o QFD auxilia o grupo de projeto no trabalho em equipe por meio da busca pelo consenso nas diferentes definições sobre o produto. Baxter (2011) ainda comenta que o desdobramento parte das necessidades do consumidor, para converte-las em requisitos técnicos.

## 2.2 ESTRUTURA FUNCIONAL, MATRIZ MORFOLÓGICA E PROJETO BÁSICO

Dym e Little (2010) definem função como sendo a ação para a qual um produto é especialmente adequado ou utilizado, ou para qual uma coisa existe. De forma mais simplificada, as funções são ações que o equipamento ou sistema projetado deve executar, ou as coisas que o sistema ou equipamento é destinado a fazer. Para Rozenfeld et al. (2006), funções descrevem as capacidades desejadas ou necessárias que tornarão um produto capaz de desempenhar seus objetivos e especificações.

Estruturar o projeto de forma funcional auxilia o grupo de projeto a descrever os produtos em um nível geral, possibilitando a obtenção da estrutura de produto sem restringir o espaço de pesquisa a soluções específicas, ou seja, de forma a ampliar o espaço do projeto sem criar meios e restrições. Uma estrutura funcional permite que o produto seja representado por meio das suas funções. Tratar o problema de forma generalizada com a sua formulação em um plano generalizado é uma forma de adquirir soluções melhores. (ROZENFELD et al., 2006).

De acordo com Otto e Wood (2001, apud ROZENFELD et al., 2006, p. 237), algumas vantagens da estrutura funcional são: concentração sobre “o que” tem que ser realizado por um novo projeto, e não “como” vai ser realizado; auxilia a organização do grupo de projeto em tarefas e processos; as funções podem ser obtidas e geradas diretamente das necessidades dos clientes; favorece a criatividade; e mais soluções podem ser geradas para a resolução de cada função do projeto, aumentando assim o escopo de soluções.

Em continuação, conceituamos o método morfológico, que trata do desdobramento de um problema complexo em partes simples, buscando soluções para cada função em si. A elaboração de uma matriz morfológica, concentra-se em uma abordagem estruturada de forma a gerar alternativas de solução para o problema principal. Os parâmetros descrevem as funções que o produto deve atender. A matriz assim possibilita a obtenção das funcionalidades necessárias para o produto e explora formas alternativas de combinações para atender as funções. Para cada função existe um número  $x$  de possíveis soluções. Isso permite considerar diferentes combinações de solução (ROZENFELD et al., 2006).

Dym e Little (2010) concluem que os métodos morfológicos, mostram o escopo de projeto de uma maneira que nos permite identificar projetos em potencial, enquanto também nos dá uma ideia do tamanho do espaço de projeto.

Outro aspecto levantado por Dym e Little (2010), é referente ao tamanho do espaço do projeto, ou escopo, como podemos especificar este tamanho? O autor afirma que a resposta correta leva em conta a aritmética combinatória resultante da combinação de qualquer meio em determinada linha com cada um dos meios restantes em todas as outras linhas.

O projeto básico investiga a definição técnica do produto, otimiza os seus parâmetros principais e confirma o atendimento aos objetivos do projeto. Ele parte das soluções viáveis obtidas no método morfológico, seleciona a melhor dentre elas e define o projeto dessa solução com aquele a ser executado. Ao final o projeto será consolidado tecnicamente com o produto definido por todos seus parâmetros principais (MADUREIRA, 2010).

## 2.3 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA, PROPOSTA COMERCIAL E MEMORIAL DE CÁLCULO

De acordo com Baxter (2011), a especificação técnica do projeto visa prever tudo que pode causar fracasso comercial do produto. Já a especificação de fabricação tem por objetivo especificar materiais, máquinas e processador utilizados, ferramentas e acabamentos necessários. Segundo Dym e Little (2010), as especificações devem ser inequívocas, completas e transparentes.

Memorial de cálculo, assim como programa de ensaios, testes e avaliações, segundo Madureira (2010), visa verificar o atendimento, pelo produto, dos requisitos técnicos formulados no início do projeto, para garantir o desempenho satisfatório do produto final, que quando documentado, informará todos os métodos e cálculos técnicos que regem a concepção material do produto.

Proposta comercial envolve um relatório de projeto que consolida todo o conteúdo básico do projeto, definindo o produto e sua fabricação. Permite revisar os investimentos e custos e a confirmação do atendimento aos requisitos, com objetivo de apresentar ao cliente os parâmetros para a concepção do produto (MADUREIRA, 2010).

## 2.4 PROJETO EXECUTIVO

O projeto executivo parte da concepção do produto, que acabou de ser consolidado na finalização do projeto básico, e define os detalhes de todos os elementos componentes dos subsistemas. Ao final o produto estará totalmente fabricável do ponto de vista físico (MADUREIRA, 2010).

Esta parte do projeto tem por objetivo desenvolver e finalizar as especificações do produto para seguir até as próximas fases do desenvolvimento. Uma das finalidades é de criar todos os sistemas, subsistemas e componentes do produto, produzir documentações finas detalhadas e a configuração final do produto (ROZENFELD et al., 2006).

## 3 METODOLOGIA

O projeto se define por uma metodologia indutiva, que trata de um processo mental, que por meio de dados particulares constatados, conclui-se uma verdade geral. Na obtenção de

dados utilizou-se técnicas de pesquisa de documentação direta, que se referem ao levantamento de dados aonde os fenômenos ocorrem, como a pesquisa de campo, cujo objetivo é alcançar informações referentes a um problema, uma hipótese ou um fenômeno (MARCONI; LAKATOS, 2010).

Primeiramente definiu-se o foco da pesquisa com base nos termos programados da ementa referente a cadeira de projeto de máquinas, sendo assim situado que este projeto teria como objetivo a construção de um produto voltado para o meio ambiente no setor de reciclagem de lixo industrial.

Assim, a equipe buscou uma empresa com processos de fabricação mecânica em Chapecó-SC, na qual há enorme demanda para reutilização e reciclagem de sua principal matéria-prima, gerando acúmulo e ou dificuldades na destinação correta desse material, podendo causar prejuízos de forma estrutural, bem como financeiro para a empresa.

O projeto iniciou com pesquisa de campo, para entender a realidade do problema com o potencial cliente. A pesquisa resultou na obtenção das necessidades do cliente, os quais, foram transformadas em requisitos de projeto, servindo de base para a elaboração de todo o projeto, conforme (MARCONI; LAKATOS, 2010).

Após a equipe tomar conhecimento dos requisitos técnicos para o produto final, foram utilizados métodos e ferramentas de gestão de projeto, como por exemplo, a estrutura funcional que trouxe arquitetura de confiabilidade e qualidade para a gestão de projeto. Com as funções e requisitos estruturados, o método morfológico auxilia na busca pelas soluções de cada requisito de modo individual.

Outrossim, a partir do projeto básico, com as soluções para cada requisito já definidos, inicia-se as atividades da especificação técnica e proposta comercial. Com a estruturação e detalhamentos dos resultados nas fases anteriores, bem como, a apresentação ao cliente. De mesmo modo, foi executado memorial de cálculo para comprovar o atendimento aos requisitos por meio de normas e cálculos de engenharia.

Já, em fase final, foram executados os manuais de montagem e operação do produto, juntamente com o projeto executivo, que incluem os desenhos de cada sistema, subsistema e componentes detalhados e com cotas finais, que foram produzidos por meio de *software* de desenho assistido por computador, neste caso, o *SolidWorks*, que resulta em uma análise qualitativa, pois fornece a configuração final do produto, por meio do qual os pesquisadores compararam as relações entre os resultados obtidos e as necessidades do cliente.

Para gerenciar com confiabilidade dos recursos humanos e de tempo, este projeto seguiu cronograma com datas de entregas de cada subitem especificadas desde seu início. Dando maior autonomia ao grupo para a delegar as funções e determinar responsabilidades individuais de entrega.

#### 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Quando já definidos todos os integrantes que compõem o grupo de projeto, e conhecendo a metodologia de sequência de todas as etapas de projeto apresentadas com base na ementa da disciplina de projeto de máquinas do curso de engenharia mecânica, foi desenvolvido um cronograma com datas específicas de entrega, matriz de tarefas e responsabilidades. Este cronograma, conforme mostra a Figura 1, serve de referência para a pontualidade e confiabilidade na entrega do projeto.

**Figura 1 – Cronograma e matriz de responsabilidades**

PROJETO DE MAQUINAS	DATAS INICIO	DATAS TERMINO	ANÁLISE	EXECUÇÃO	COOPERAÇÃO
<b>1ª PARTE</b>	<b>26/07/2018</b>	<b>29/8/2018</b>			
PLANO DE ENSINO	26/07/2018	1/8/2018	VA, RO, BR, SI, DA	VA, RO, BR, SI, DA	VA, RO, BR, SI, DA
CRONOGRAMA/MATRIZ RESPONSABILIDADE	2/8/2018	8/8/2018	VA, DA	RO, SI	BR
REQUISITOS DO CLIENTE	09/08/2018	15/8/2018	VA, SI	BR, RO	DA
REQUISITOS DO PROJETO	16/8/2018	22/8/2018	BR, SI	RO, DA,	VA
QFD - CASA DA QUALIDADE	23/08/2018	29/8/2018	RO, SI	VA, BR	DA
<b>2ª PARTE</b>	<b>30/08/18</b>	<b>03/10/18</b>			
ESTRUTURA FUNCIONAL	30/08/18	05/09/18	DA, BR, RO, VA	BR, RO	SI
MATRIZ MORFOLÓGICA	06/09/18	12/09/18	VA	SI, RO, BR	DA
MATRIZ PASSA NÃO PASSA	13/09/18	19/09/18	VA, RO, BR	SI, BR	DA
PROJETO BÁSICO	20/09/18	26/09/18	DA	BR, RO	SI, VA
CONSOLIDAÇÃO PROJETO BÁSICO	27/09/18	27/09/18	VA, RO, BR	DA, RO, BR	SI
BIBLIOGRAFIA DO ARTIGO	27/09/18	03/10/18	VA, BR	DA, VA, SI	RO
<b>3ª PARTE</b>	<b>04/10/18</b>	<b>24/10/18</b>			
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	04/10/18	10/10/18	SI, BR	DA, RO	VA
PROPOSTA COMERCIAL	11/10/18	17/10/18	DA, VA	BR, RO	SI
MEMORIAL DE CÁLCULO	18/10/18	24/10/18	SI, BR	VA, RO	DA
<b>4ª PARTE</b>	<b>25/10/18</b>	<b>21/11/18</b>			
PROJETO EXECUTIVO	25/10/18	31/10/18	VA, SI	DA, RO	BR
LISTA DE MATERIAIS	01/11/18	07/11/18	RO	BR, DA	SI, VA
MANUAL DE MONTAGEM E OPERAÇÃO	08/11/18	14/11/18	DA	VA, BR, RO	SI
ENTREGA DO ARTIGO	15/11/18	21/11/18	VA, BR	RO, DA, SI	VA, BR, RO, DA, SI
N2 - ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO	22/11/18	28/11/18		VA: VANESSA KLEHM RO: RODRIGO DOS SANTOS	
N3 - CORREÇÕES DO ARTIGO P/ PUBLICAÇÃO	29/11/18	05/12/18		DA: DANIEL P. SEBENELLO BR: BRUNO DURÃES SI: SILVIO BOTA	

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Em se tratando de meios para adquirir informações e processar conhecimento de projeto, levanta-se vários métodos com o mesmo objetivo, que é o de reunir e analisar dados necessários



para planejar uma estratégia. Na primeira fase a equipe de projeto realiza entrevistas em busca de definição sobre o problema-tema, serve de base para o direcionamento da pesquisa.

Assim, tece-se a primeira atividade do projeto, elaborando uma pesquisa de cliente estruturada, que visa obter os requisitos e/ou necessidades que o produto ou serviço deve atender na visão do consumidor. É de suma importância que os dados desta pesquisa sejam obtidos na linguagem do consumidor, sem sofrer nenhum tipo de alteração, para que os integrantes da gestão do projeto possam analisar diretamente cada aspecto abordado pelo cliente.

Tendo iniciado o projeto com a definição do problema-tema, que visa sobre o reaproveitamento de cavacos de polímeros resultantes do processo de usinagem em uma empresa, elaborou-se um breve questionário, aplicado ao cliente, para assim, extrair as reais necessidades. O resultado deste processo foi a obtenção dos requisitos do cliente, que foram a base para a sequência de todo o projeto, que foi definido como sendo a construção de um triturador de materiais poliméricos. Com esses dados forma-se uma tabela, convertida em requisitos de projeto, conforme mostra o Quadro 1.

**Quadro 1 – Requisitos do cliente e do projeto**

ITEM	REQUISITOS DO CLIENTE	REQUISITOS DO PROJETO
1	Bom desempenho	Funcionamento simples
2	Baixo ruído	Resistência mecânica
3	Ser fácil de operar	Lubrificantes
4	Controle de material retirado	NR-12
5	Máquina pequena	Qualidade
6	Segurança na operação	Peças de reposição
7	Confiabilidade	Controle de ruído
8	Máquina automatizada	Peneira
9	Baixa manutenção	Controle do processo
10	Baixo consumo	Menor vibração
11	Poucas perdas	Ergonomia
12	Baixo impacto ambiental	Peças móveis
13	Fácil higienização	Material
14	Fácil acesso	Automação
15	Ser robusta	Compacta
16	Componentes padronizados	

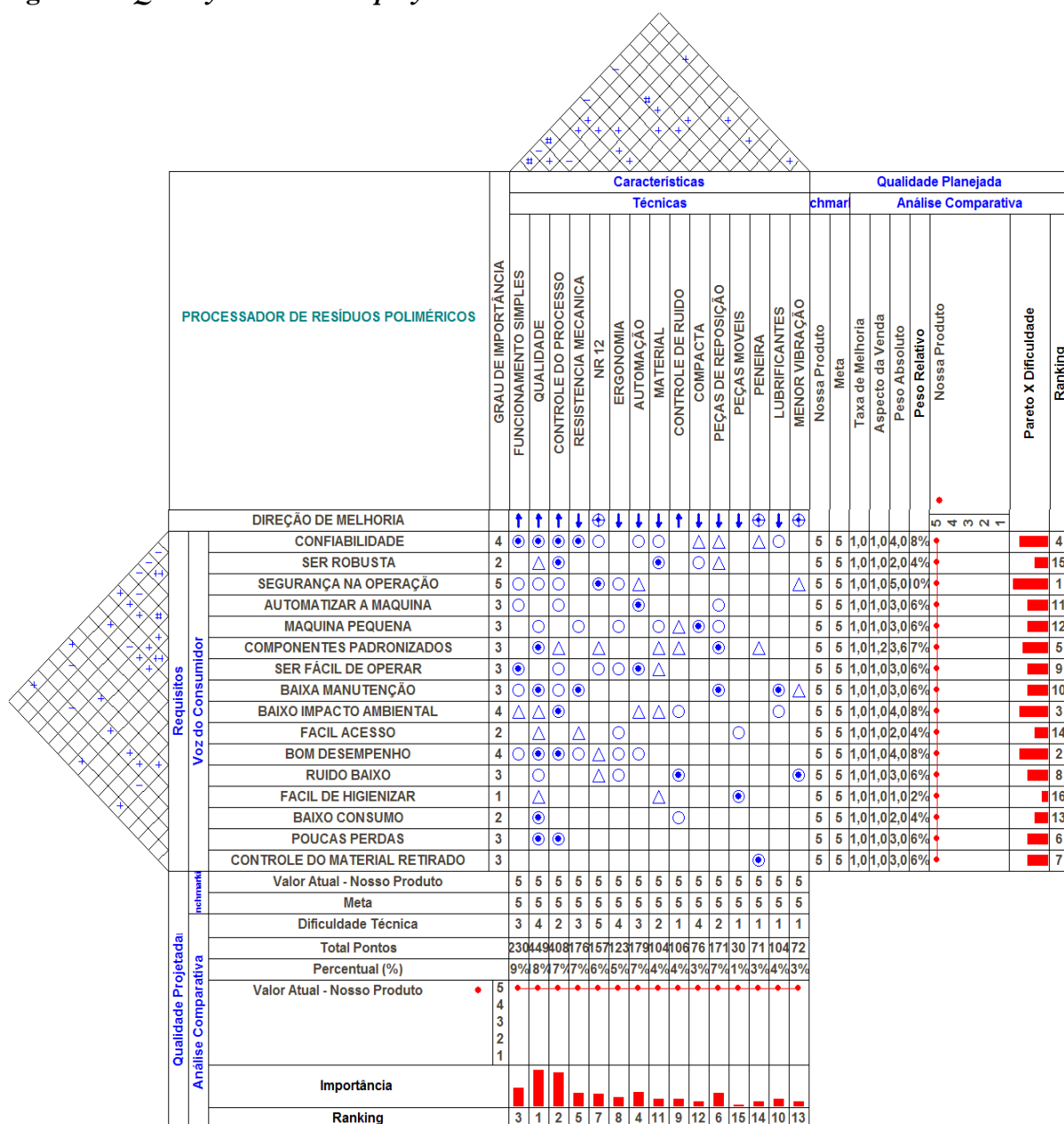
Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Essas informações podem ser analisadas e classificadas, qualitativa e quantitativamente, de modo a estabelecer uma prioridade dos requisitos do cliente, quanto à frequência e

intensidade. Essa classificação é o primeiro passo na geração de um produto com forte potencial de sucesso. Para esta atividade utiliza-se da ferramenta QFD.

O QFD funciona como uma matriz, que sendo bem executada, pode gerar muitas informações úteis ao projeto, além dos requisitos técnicos, como por exemplo, o nível de importância de cada requisito, a relação entre cada um deles, a relação entre o produto a ser projetado e produtos que já estão no mercado. A aplicação resultou na matriz conforme nos mostra a Figura 2.

Figura 2 – Quality Function Deployment



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Desta forma, entende-se a relação da necessidade da identificação e definição das ações do projeto com os requisitos técnicos do produto obtidos, que são os objetivos principais. Ou seja, para que determinado requisito técnico ou objetivo do projeto seja cumprido com satisfação, o equipamento deve executar ações. Esta ação do objeto contempla uma função.

Portanto, com os requisitos técnicos de projeto já hierarquizados, segue-se para aplicação da estrutura funcional, buscando encontrar soluções técnicas para satisfazer as necessidades dos clientes. A estrutura funcional traz organização e com isso consegue-se decompor as funcionalidades de cada requisito que irá ser utilizado para construção do projeto.

Juntamente com a estrutura funcional, se aplica a matriz morfológica, onde cada requisito é analisado individualmente e são fornecidas soluções viáveis para a execução de cada função. Neste caso, se trabalhou com pelo menos 4 soluções viáveis, deste modo, sempre se tem várias possibilidades de combinações de projeto e ao final se escolhe a melhor delas.

Este método nos permite facilitar alterações posteriores caso for necessário, pois, se tem soluções reservas, encaminhadas para o atendimento dos requisitos. A aplicação destas matrizes resultou na obtenção de 4 conjuntos de máquinas que devem satisfazer as necessidades do cliente, conforme nos mostra a Figura 3. Ao final da matriz, selecionamos os melhores conjuntos e enumeramos na ordem crescente I, II, III e IV.

**Figura 3 – Estrutura funcional e matriz morfológica**

Função geral (requisitos dos clientes)	Função parcial	Função elementar	Modelos				Melhores configurações			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV
QUALIDADE	desempenho	eixo triturador	 2 eixo faca	 2 eixo com inserto	 4 eixos	 shredder	3	1	2	4
		motor elétrico	 motor CC	 motor sincrono	 motor CA	 motoredutor	3	2	1	4
CONTROLE DO PROCESSO	ciclo programado	controlador lógico	 arduino	 clp weg	 micro clp	 clp médio	2	3	4	1
FUNCIONAMENTO SIMPLES	interface de comando de parametros simplificada	estrutura de comando	 remoto	 supervisório	 IHM	 painel de comando	4	1	3	2
AUTOMAÇÃO	acionamento	liga e desliga	 chave 2 posições	 botão 2 comandos	 pedal	 proteção involuntária	2	1	4	3
			sensor de nível de compartimento	 capacitivo	 óptico led	 óptico laser	 mecânico	3	1	4

RESISTÊNCIA MECÂNICA	resistir aos esforços solicitados	resistência mecânica adequada					2	1	4	3
			AÇO 1075	AÇO 1020	ALUMÍNIO	AÇO INOX 304				
PEÇAS DE REPOSIÇÃO	peças comerciais	rolamentos					3	1	2	4
		mancais					4	3	1	2
NR - 12	parada emergencial	sistema de frenagem					4	1	2	3
			magnético	magnético	freio embreagem	eletromagnético				
	restringir acesso ao eixo triturador	elemento protetor com interruptor					2	3	4	1
			tampa parcial	coifa aberta	coifa fechada	estrangulamento				
ERGONOMIA	interface de alimentação/retirada do material adequada	armazenamento do produto final					1	2	4	3
		gaveta simples	caixa simples	carrinho transportador	caixa com rodas					
CONTROLE DE RUÍDO	minimizar o ruído	transmissão					2	3	1	4
			helicoidal	correia	corrente	helicoidal				
LUBRIFICANTES	lubrificação dos componentes	componentes de deslizamento					4	1	2	3
MATERIAL	material de construção mecânica	chapas e tubos					1	2	4	3
			tubo aço quadrado	tubo aço redondo	perfil U	perfil L				
COMPACTA	dimensionamento	estrutura compacta					1	2	3	4
			compacto	reduzido	móvel	modelo de mesa				
MENOR VIBRAÇÃO	aumento da vida útil	elementos amortecedores					2	4	3	1
			coxins	tradicional	com molas	articulado				
CONTROLE DE PARÂMETROS	controle granulométrico	separador de material obtido					2	3	1	4
PEÇAS MÓVEIS	higienização	componentes removíveis					2	1	3	4
			união parafuso	encaixes	engate com trava	engates rápidos				

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Para finalizar a estrutura morfológica do projeto, a equipe precisava comparar as soluções obtidas nesta etapa com as necessidades dos clientes obtidos no início do projeto, para verificar o atendimento aos requisitos. Esta comparação foi feita por intermédio de uma matriz

chamada de passa-não-passa, por onde cada necessidade do cliente foi relacionada com sua solução escolhida, havendo assim a verificação da satisfação à cada requisito. Assim é verificado qual projeto tende a ser mais satisfatório, ou seja, com maior somatório de cumprimento as necessidades.

**Quadro 2 – Matriz Passa-Não-Passa**

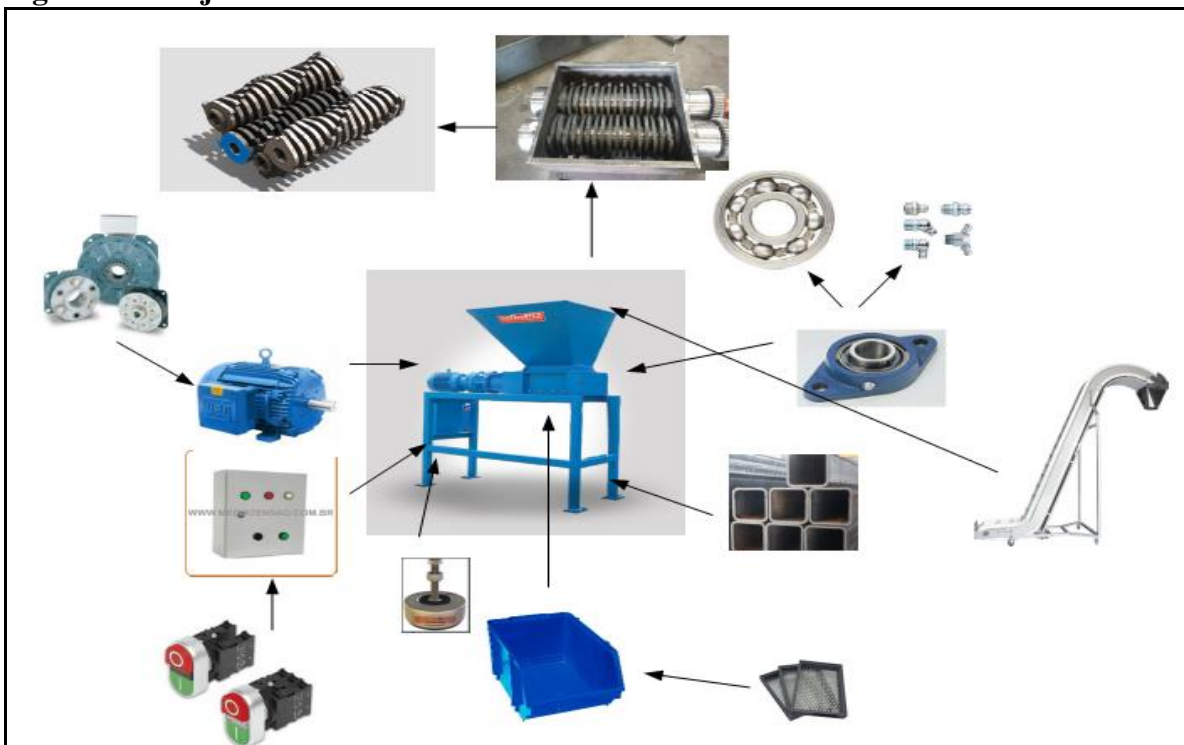
Necessidade do cliente	Opções			
	I	II	III	IV
Segurança na operação	P	P	NP	NP
Bom desempenho	P	P	NP	P
Baixo impacto ambiental	P	P	P	P
Confiabilidade	P	P	P	NP
Componentes padronizados	P	P	P	NP
Poucas perdas	P	P	P	P
Controle de material retirado	P	P	P	P
Ruído baixo	NP	NP	NP	NP
Fácil de operar	P	P	P	NP
Baixa manutenção	P	P	P	P
Automatizar a máquina	P	P	P	P
Máquina pequena	NP	P	P	P
Baixo Consumo	NP	NP	NP	NP
Fácil acesso	P	NP	P	P
Robusta	NP	NP	NP	NP
Fácil higienização	P	NP	P	P
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>9</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Em continuidade ao projeto, se confeccionou o projeto básico para as duas melhores combinações geradas na matriz morfológica. Foram elaborados em formato de fluxograma indicando os componentes pertencentes ao projeto e quais suas relações com a máquina em geral. Conforme demonstra a Figura 4 e Figura 5, o projeto básico funciona como um esboço do que se está projetando e faz com que o grupo tenha noção do que o projeto irá se tornar.

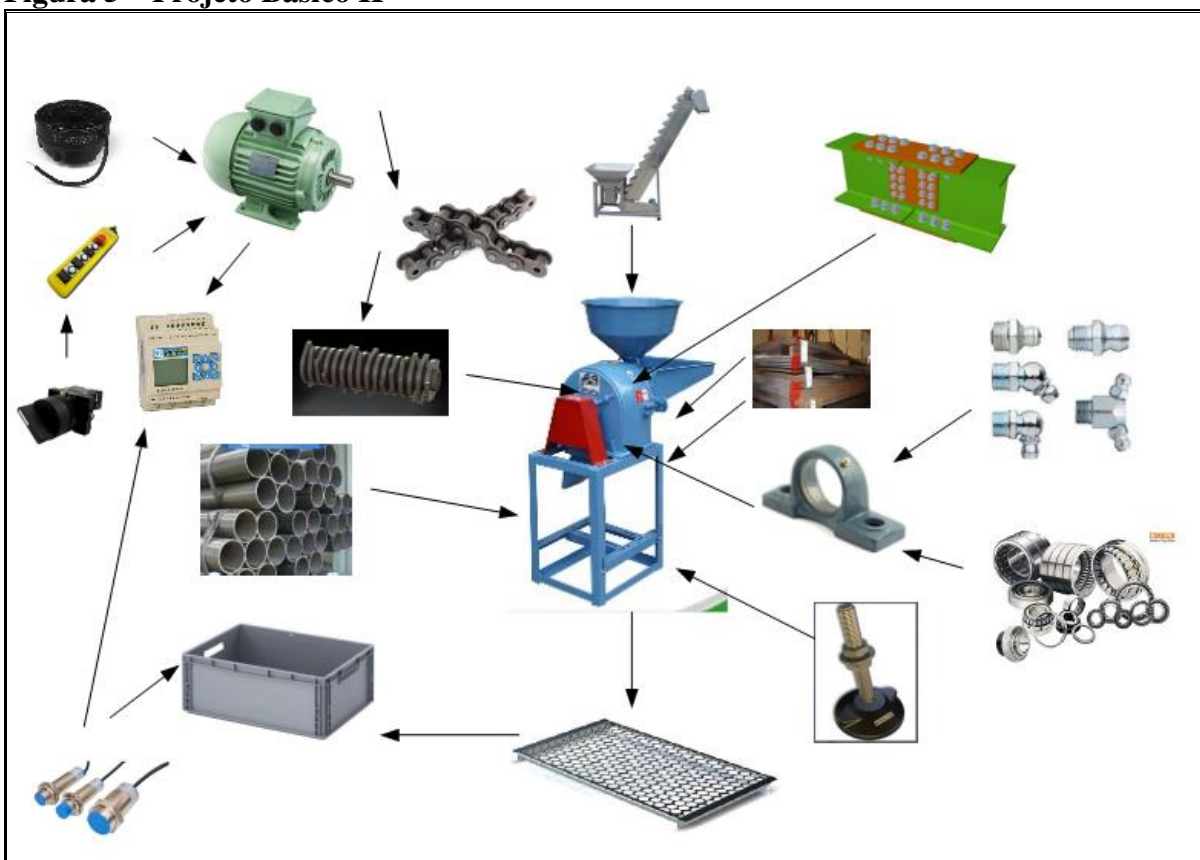
Os dois projetos básicos foram apresentados a turma, pessoas independentes não ligadas ao mesmo projeto, que por meio de votação, definiram qual seria o melhor projeto, no qual então a equipe iria dar sequência. Neste momento a maioria optou pelo primeiro projeto básico.

Figura 4 – Projeto Básico I



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Figura 5 – Projeto Básico II



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Desta forma, definido o melhor projeto básico, a equipe deu sequência as atividades de especificação técnica, proposta comercial e memorial de cálculo que estão previstas na ordem da gestão do projeto. A especificação técnica é um documento que contém todas as diretrizes e informações sobre o projeto, como por exemplo, valores da máquina, normas atendidas, processos de fabricação e dados técnicos. Pode-se ver no Quadro 3 uma parte da especificação que cita alguns dados técnicos.

**Quadro 3 – Dados técnicos, retirados da especificação técnica**

Especificação técnica	
MODELO	TCP01
Ciclos de estágios	Abastecimento
	Trituração
	Produto triturado
Comprimento	4.400 mm
Altura	1.700 mm
Capacidade	Moega: 200L
	Moedor: 800L
	Carro de transporte: 250L
Motor	10 CV
Peso da máquina	3.800 Kg

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Proposta comercial é o documento que apresenta a máquina ao interessado, suas funções e serviços desempenhados, valida os valores do projeto e da construção do equipamento e fornece os cronogramas de prazo de entrega, condições de pagamento, entre outras.

**Quadro 4 – Tabela de preços, retirada da proposta comercial**

ITEM	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	VALOR UNITÁRIO	VALOR COM TRIBUTOS
1	1	Projeto básico	R\$3.832,79	R\$4.481,68
2	2	Projeto detalhado	R\$11.756,00	R\$13.746,29
3	1	Fabricação	R\$4.316,29	R\$5.023,73
4	1	Montagem	R\$4.316,29	R\$5.023,73
<b>Total</b>			<b>R\$24.221,37</b>	<b>R\$28.275,43</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Com os sistemas e subsistemas e seus componentes já definidos, são realizados os cálculos para verificar o cumprimento dos elementos aos requisitos de engenharia e, as normas

regulamentadoras adotadas pelo projeto, garantindo a satisfação do projeto final. Conforme o exemplo dos cálculos documentados no memorial. Este exemplo aborda o cálculo referente à potência de corte, que segundo Ferraresi (1970), é o produto da força de corte com a velocidade de corte.

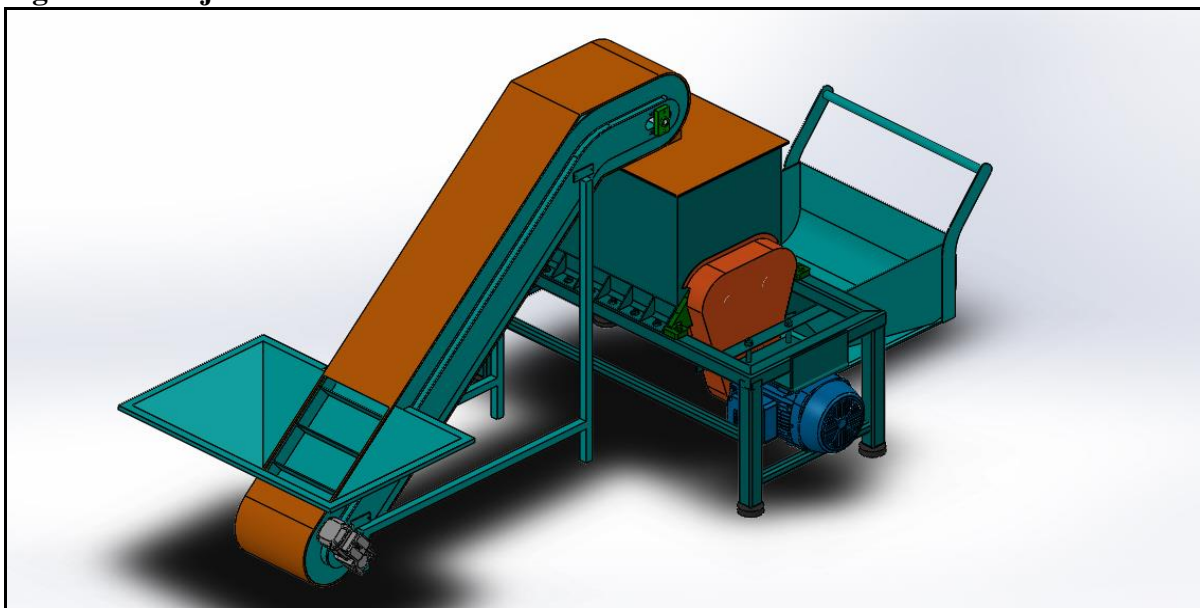
### Quadro 5 – Força de corte com velocidade de corte

$Pc = \frac{ap.ae.vf.Kc}{60 \times 10^6 \cdot \eta} \quad (1)$
ap: profundidade de corte (mm); ae: largura de corte (mm); vf = avanço (mm/min);
$vf = \frac{n \cdot d \cdot \pi}{1000} \quad (2)$
d: diâmetro do eixo em cm; n: rotação do eixo (rpm);
$vf = 15,08 \text{ mm/min} \quad (3)$
Kc: coeficiente de força específica de corte; η: coeficiente de potência da máquina; Pc: potência de corte efetiva da máquina (Kw);
<b>Sabendo:</b> τ: 120MPa; Diâmetro do eixo: 200 mm; n: 240rpm; Circunferência do eixo: 628,3mm; vf: 15.08 mm/min; ap: 2mm; ae: 2mm; Kc: adotado 600MPa; Então:
$Pc = \frac{2.2.15.08.600}{60 \times 10^6 \cdot 0,8} \quad (4)$
$Pc = 7,54 \text{ Kw} \quad (5)$
Adotado motor elétrico CA 10hp 60Hz 220/380V 4 polos 1760rpm Mt:267Nm Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Já, em fase de finalização, desenvolveu-se o projeto executivo, com o objetivo de concluir as especificações do produto final, seguindo para a parte de detalhamento dos conjuntos e subconjuntos que formam a máquina, incluindo cotas e tolerâncias. Para isso utilizamos software de desenho assistido por computador *SolidWorks*.

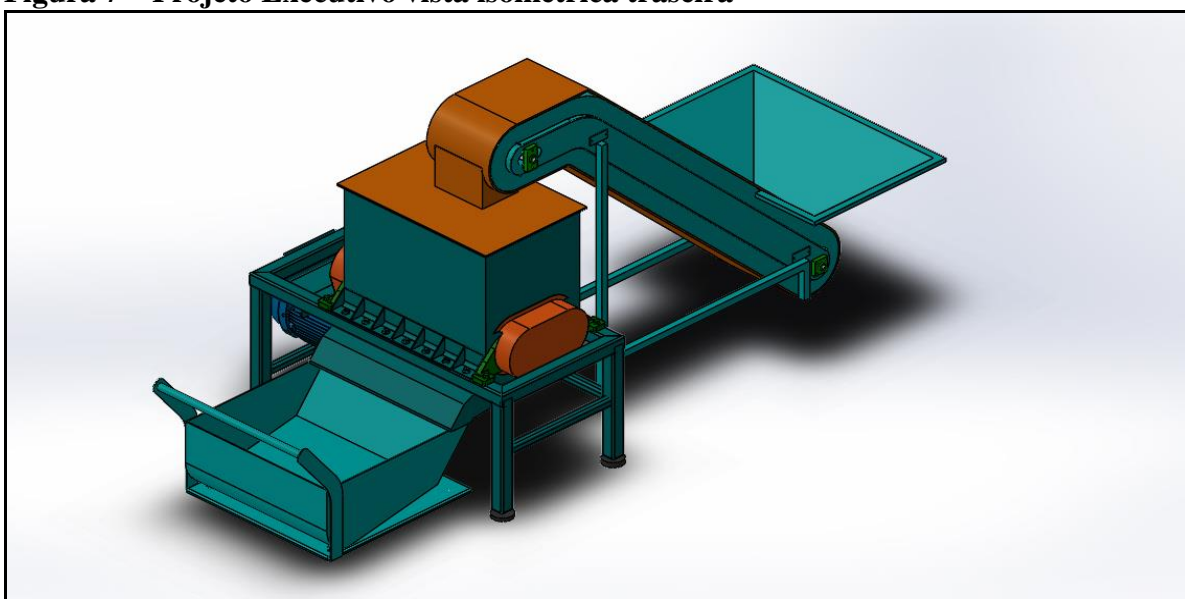


**Figura 6 – Projeto Executivo vista isométrica frontal**



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

**Figura 7 – Projeto Executivo vista isométrica traseira**



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Desta forma documentamos os elementos que compõem a máquina com informações detalhadas. Obtemos então a configuração final do produto apresentada aqui em duas vistas de desenho 3D pelas figuras 6 e 7. Como resultado tem-se um projeto pronto para seguir os próximos passos de desenvolvimento de produtos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto teve como objetivo a construção de um equipamento voltado para a área de reciclagem industrial. Tomado o conhecimento da necessidade de um potencial cliente na área de reciclagem de polímeros, justificado com o fato deste material polimérico, o náilon, ter ótimas propriedades para ser reciclado, o projeto seguiu suas diretrizes buscando uma máquina trituradora de polímeros que satisfizesse esta necessidade do cliente. Foram assim utilizados diversos conceitos de gestão de projetos, como pesquisa de campo e cliente, aplicação de matriz QFD, estrutura funcional, método morfológico entre outro, visando sempre a qualidade e a confiabilidade do projeto.

Trabalhou com diversos cenários de possibilidades e se utilizou do conhecimento adquirido em sala, para que o projeto obtivesse resultado satisfatório. Partindo do objetivo pré-estabelecido no início deste trabalho, de projetar uma máquina destinada à reciclagem de lixo industrial, que atendesse as necessidades de um determinado cliente, visualizou-se que os requisitos foram atingidos, trazendo assim conclusões positivas de que objetivo principal foi alcançado.

A premissa acerca do aspecto ambiental, trouxe motivação para este estudo. Destacando a importância da diminuição dos impactos ambientais em todos os setores, este projeto teve como foco a trituração de polímeros, visando redução de volume e preparação para reciclagem. Portanto, possibilidades futuras de pesquisas voltadas para a reutilização do material resultante desse processo de trituração, podem dar sequência à temática.

## REFERÊNCIAS

ASKELAND, Donald R.; PHULÉ, Pradeep P.. **Ciência e Engenharia dos Materiais**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. All Tasks.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto: Guia prático para o design de novos produtos**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 342 p. Tradução de: Itiro Iida.

DYM, Clive L.; LITTLE, Patrick. **Introdução à Engenharia: Uma abordagem baseada em projeto**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 346 p. Clive L. Dyn, Patrick Little, com Elizabeth J. Orwin e R. Erik Spujt; Tradução de João Tortello.

FERRARESI, Dino. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. São Paulo: Blucher, 1970.

KERZNER, Harold. **Gestão de Projetos: As melhores práticas**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 824 p. Tradução Lene Belon Ribeiro.

MADUREIRA, Omar Moore de. **Metodologia do Projeto: Planejamento, Execução e Gerenciamento**. 2010. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 359 p.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

PLANALTO. **Lei nacional dos resíduos sólidos nº 12.305**. disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm). Acesso em outubro de 2018.

PMBOK®, Guia. **Um guia de conhecimento em gerenciamento de projetos**. 5ª ed. São Paulo: Saraiva. 2014.

RAMOS, Marcus Vinícius Pascoal. **Estudo da reciclagem de cavacos gerados no processo de torneamento de peças de nylon 6.6**. Disponível em: <<http://www.revistas.uneb.br/index.php/gestecimc/article/viewFile/2984/1923>>. Acesso em: 03 out. 2018.

ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SHACKELFORD, James F.. **Ciência dos materiais**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 560 p. Tradução: Daniel Vieira ; Revisão Técnica: Nilson C. Cruz.