

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM PROJETO E PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO

Área de concentração: Projeto e Processos de Fabricação

Dissertação de Mestrado

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTO PARA
PRODUÇÃO DE MATÉRIA PRIMA PARA MANUFATURA
ADITIVA PARA USO EM RECONSTRUÇÕES ÓSSEAS

Giancarlo Stefani Schleder

Passo Fundo

2021



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROJETO E PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO - MESTRADO PROFISSIONAL**

Giancarlo Stefani Schleder

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTO PARA PRODUÇÃO
DE MATÉRIA PRIMA PARA MANUFATURA ADITIVA PARA USO
EM RECONSTRUÇÕES ÓSSEAS**

Passo Fundo

2021

Giancarlo Stefani Schleder

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTO PARA
PRODUÇÃO DE MATÉRIA PRIMA PARA MANUFATURA
ADITIVA PARA USO EM RECONSTRUÇÕES ÓSSEAS**

Orientador: Prof. Dr. Leandro de Freitas Spinelli

Coorientador: Prof. Dr. Charles Leonardo Israel

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Projeto e Processos de Fabricação da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Projeto e Processos de Fabricação.

Passo Fundo
2021

CIP – Catalogação na Publicação

- S339p Schleder, Giancarlo Stefani
Projeto e construção de equipamento para produção de matéria prima para manufatura aditiva para uso em reconstruções ósseas [recurso eletrônico] / Giancarlo Stefani Schleder. – 2021. 3.18 MB ; PDF.
- Orientador: Prof. Dr. Leandro de Freitas Spinelli.
Coorientador: Prof. Dr. Charles Leonardo Israel.
Dissertação (Mestrado em Projeto e Processos de Fabricação) – Universidade de Passo Fundo, 2021.
1. Processos de fabricação. 2. Impressoras (Computadores).
3. Ossos. 4. Máquinas – Projetos e construção. I. Spinelli, Leonardo de Freitas, orientador. II. Israel, Charles Leonardo, coorientador.
III. Título.

CDU: 621.7

Catalogação: Bibliotecária Juliana Langaro Silveira - CRB 10/2427

Giancarlo Stefani Schleder

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTO PARA
PRODUÇÃO DE MATÉRIA PRIMA PARA MANUFATURA
ADITIVA PARA USO EM RECONSTRUÇÕES ÓSSEAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Projeto e Processos de Fabricação da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Projeto e Processos de Fabricação.

Data de aprovação: 26 de março de 2021.

Os componentes da Banca examinadora abaixo aprovaram a Dissertação:

Professor Doutor Leandro de Freitas Spinelli
Orientador

Professor Doutor Charles Leonardo Israel
Coorientador

Professor Doutor Márcio Walber
Universidade de Passo Fundo

Professor Doutor William Haupt
Universidade de Passo Fundo

Professor Doutor Toni Roger Schifelbain de Lima
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a Minha Família em especial à minha esposa Ligia Guse pelo apoio, amor e compreensão nos momentos difíceis, Aos meus pais, João Carlos Silveira Schleder (in memoriam) e Lourdes Bernardina Stefani Schleder, que sempre foram presentes me dando força e coragem no meu aperfeiçoamento profissional e pessoal, sendo meus maiores exemplos de vida, onde foram essenciais para a busca de meus resultados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os que contribuíram para a realização de minha pesquisa, tanto no momento de incentivo, quanto no de colaboração. Em especial, os meus mais sinceros agradecimentos:

A Deus, que me proporcionou forças e superação necessárias para continuar na caminhada.

Ao Instituto Federal Rio Grande do Sul, pelo suporte na realização deste trabalho e pela concessão de seus Laboratórios.

À Universidade de Passo Fundo, pela oportunidade de aprendizado e aperfeiçoamento profissional adquirido desde minha graduação até hoje e pela excelente estrutura oferecida à realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Leandro de Freitas Spinelli e ao Prof. Dr. Charles Leonardo Israel, meu orientador e coorientador, por expandirem os horizontes da minha pesquisa, pela atenção exclusiva e pelos incentivos que moveram na realização do trabalho.

À banca examinadora, pelas dicas, discussões e sugestões que serviram para o crescimento e aprendizado, ajudando a qualificar este trabalho.

A todos os professores e colegas do PPGPPF, pelo incentivo e apoio atribuídos neste trabalho e pelas oportunas trocas de ideias.

Às minhas filhas Anna Guse Schleder e Yane Guse Wagner, pelos momentos de descontração, carinho e divertimento durante minha vida e na realização deste trabalho.

À minha Esposa Ligia Guse, minha companheira de todos os momentos, meu porto seguro durante toda a realização do trabalho, por compreender com muito amor os momentos de falta.

As minhas irmãs, Adriana Schleder e Cristiane Stefani Schleder, pelo apoio, incentivo e pelos conselhos dados durante todo o trabalho, por serem muito mais do que minhas irmãs, sendo um exemplo de esforço e dedicação em tudo que fazem.

Ao meu pai João Carlos Silveira Schleder (in memoriam), fonte de inspiração na escolha de minha carreira profissional, que continuamente me apoiou, nem sempre com palavras, mas com atitudes de carinho e cuidado.

À minha mãe Lourdes Bernardina Stefani Schleder, minha maior incentivadora, tendo grande responsabilidade em minha formação pessoal e profissional, por me orientar com muito amor na realização de escolhas certas durante toda minha vida.

*Toda a ciência é nada mais do que um
refinamento do pensamento cotidiano.*
Albert Einstein.

RESUMO

Com a maior longevidade da população e com o aumento de procedimentos cirúrgicos que necessitam do uso de enxertos ósseos e próteses, a busca por um material ósseo para uma reconstrução biológica se torna necessária. Diversos pesquisadores tem trabalhado com a utilização de osso liofilizado como substituto ósseo, com resultados promissores. No laboratório de bioengenharia, biomecânica e biomateriais da UPF se tem desenvolvido pesquisas envolvendo este biomaterial na forma de pós com aglutinantes ao longo dos últimos anos. Assim, equipamentos para a obtenção do pó de osso são também foco de pesquisas. Projetos aplicados para a produção de um picador, moedor e peneiramento que produzam o pó de osso com as características necessárias, tendo o mínimo possível de manuseio, são necessários. Para tanto foi projetada e produzida uma máquina multifuncional de baixo custo, com picador, moedor e o sistema de peneiramento acoplados, sendo que o produto passa de um processo ao outro com o mínimo de manuseio, utilizando-se a gravidade. Ao final do processo, o pó de osso já pode ser disposto em embalagens ou ir direto para a impressão 3D. Desta forma, obteve-se um pó de osso com propriedades adequadas e com granulometria necessária para o uso em impressão 3D (em torno de 50 micras). A máquina foi desenvolvida em aço inox 304 nas partes em que há o contato com os componentes do biomaterial (osso). A passagem de um processo ao outro foi organizada de maneira a se ter o mínimo de manuseio. No decorrer da pesquisa e do projeto, optou-se por uma máquina compacta com mecanismos simples. Assim, utilizando o mínimo de soldas e processos de fácil montagem, os custos foram reduzidos. Na fase de experimentação, com uma série de configurações principalmente na moagem, a máquina apresentou os resultados esperados quanto ao tempo de produção e a qualidade de produto, produzindo o pó de osso com 50 micras com pouco manuseio de um processo a outro.

Palavras-chave: Pó de Osso. Picador. Moedor. Enxertos Ósseos. Impressão 3D.

ABSTRACT

Due to the longest life span of the population and an increase in surgical indication that requires the use of bone grafts or prostheses, further search for bone materials for biological reconstruction is necessary. Several researchers have been working with the use of lyophilized bone as a bone substitute presenting promising results. In the UPF Bioengineering, Biomechanics and Biomaterials Laboratory, research has been developed involving these biomaterials in the form of powders with binders. Thus, equipment for obtaining bone powder is also the focus of researches. Projects aiming the production of chipper, grinder and sieve that would produce bone powder with the necessary characteristics, with the minimum possible handling are necessary. For this purpose, a low-cost multifunctional machine was designed and produced, featuring chipper, grinder and sifting systems, in which the product goes through one process to the next by minimal handling using gravity and bone powder and at last it can be disposed in suitable packaging. Finally, it was obtained the powder with the adequate properties, and the necessary granulometry for 3D printing, which must be 50 microns. The machine developed was made of 304 stainless steel. To avoid contamination of the product, the transition from one process to another was organized in order to have minimum handling. During research and design, we choose to develop a compact machine with simple mechanisms. Therefore, using minimal welds and easy assembly processes costs could be reduced. In the experimentation phase, the machine presented the expected results producing bone powder at 50 microns.

Keywords: Bone powder. Chipper. Grinder. Bone grafts. 3D printing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Influência do tamanho das partículas na etapa do processo de 3DP	19
Figura 2 – Formato das partículas do pó	19
Figura 3 – Representação esquemática usual de um moinho de bolas universal	21
Figura 4 – a) Segmento craniano impresso em 3D, (b) vista geral do crânio portador do implante	23
Figura 5 – Atividades de projeto no desenvolvimento de produto	29
Figura 6 – Evolução do processo de desenvolvimento de produto em quatro fases	30
Figura 7 – Etapas de trabalho principais no planejamento e na concepção	31
Figura 8 – Principais etapas de trabalho para elaboração da lista de requisitos	32
Figura 9 – Etapas de trabalho para a fase de concepção	33
Figura 10 – Fluxograma de Materiais e Métodos	37
Figura 11 – Linha mestra adaptada	38
Figura 12 – Lista de requisitos do produto	39
Figura 13 – Função Global do Produto e Subfunções	40
Figura 14 – Matriz morfológica	42
Figura 15 – Concepção da variante	43
Figura 16 – Processo de Desinfecção do Osso	45
Figura 17 – Osso desinfetado e liofilizado	45
Figura 18 – Protótipo virtual Picador	49
Figura 19 – Processo de acionamento dos eixos	50
Figura 20 – Processo de picar quadro a quadro	51
Figura 21 – Descarga do osso picado no moinho	51
Figura 22 – Esferas de Inox 304	52
Figura 23 – Protótipo virtual Moinho de Bolas	53
Figura 24 – Moinho de Bolas Construído	53
Figura 25 – Protótipo virtual Peneiramento	55
Figura 26 – Peneira de 50 μ m de Inox 304	55
Figura 27 – Detalhe peneira e coxim	56
Figura 28 – Pó de osso obtido no processo	57
Figura 29 – Protótipo virtual Estrutura e Comando	58
Figura 30 – Protótipo construído visão geral	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades mecânicas do osso bovino	25
Tabela 2 – Propriedades químicas do osso bovino	26
Tabela 3 – Avaliação das soluções	44
Tabela 4 - Testes com diferentes quantidades de esferas	54
Tabela 5 – Curva Granulométrica	57
Tabela 6 - Custos do equipamento	60
Tabela 6 - Custos do equipamento (continuação)	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Três dimensões
3DP	Impressão por deposição em 3 micra metro dimensões
CAD	Desenho assistido por computador
HA	Hidroxiapatita
MIT	Massachusetts Institute of Technology
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo geral	16
1.1.2 Objetivos específicos	16
1.2 METODOLOGIA DA PESQUISA	16
1.3 ESTRUTURA DO DOCUMENTO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 FORMULAÇÃO DE PÓ	18
2.2 BRITAGEM E MOAGEM: FINALIDADE E EQUIPAMENTOS	20
2.3 ENGENHARIA DE TECIDOS ÓSSEOS USANDO IMPRESSÃO 3D	22
2.4 OSSO BOVINO	24
2.4.1 Liofilização	26
2.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	27
2.5.1 Métodos para projeto e desenvolvimento de produtos	28
2.5.2 Metodologia de Baxter	28
2.5.3 Metodologia Pahl, Beitz, Feldhusen e Grote	29
2.6 PROJETO DETALHADO	34
2.7 MÉTODOS CONVENCIONAIS E FERRAMENTAS AUXILIARES	35
2.7.1 Métodos com ênfase intuitiva	35
2.7.2 Brainstorming	35
3 MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1 METODOLOGIA DE PROJETO	38
3.2 PLANEJAMENTO DO PRODUTO	38
3.2.1 LISTA DE REQUISITOS	39
3.4 CONCEPÇÃO	40
3.4.1 VARIANTES DE SOLUÇÃO	41
3.4.2 CONCEPÇÃO PRÉVIA DO PRODUTO	42
3.5 PROCESSAMENTO DE LIMPEZA E DESINFECÇÃO DO OSSO BOVINO	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 PROTOTIPAGEM VIRTUAL E CONSTRUÇÃO	47

	14
4.1.1 Protótipo	48
4.1.2 Picador	49
4.1.3 Moinho de bolas	52
4.1.4 Peneira Vibratória	54
4.1.5 Curva Granulométrica	57
4.1.6 Descrição da estrutura e quadro de comando	57
4.2 CUSTOS DO EQUIPAMENTO E PREÇO ESTIMADO PARA REVENDA	59
5 CONCLUSÕES	63
5.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	63
6 REFERÊNCIAS	65
7 APÊNDICE A	69

1 INTRODUÇÃO

Com a maior longevidade da população e com o aumento de procedimentos cirúrgicos que necessitam do uso de enxertos ósseos nas mais diversas situações, como nos casos de fraturas ou revisões de próteses, a busca por um material ósseo para reconstrução biológica se torna necessária (GALIA, 2008), inclusive para o uso em impressão 3DP (FAVERO, 2016). Neste sentido, o laboratório de bioengenharia, biomecânica e biomateriais da UPF tem desenvolvido pesquisas envolvendo este biomaterial ao longo dos anos, principalmente na forma de pós com aglutinantes (FAVERO, 2016; LERNER, 2018; TAGLIARI, 2019). Desta forma, equipamentos que permitam a obtenção do pó de osso são também o foco de pesquisas. Surge a necessidade de projetos aplicados para a produção de um picador, moedor e peneiramento que venham a produzir o pó de osso com as características desejadas, tendo o mínimo possível de manuseio.

Devido à escassez de equipamentos para a manufatura do pó de osso, dá-se a importância do estudo de projetar e construir uma máquina multifuncional de baixo custo, utilizando ferramentas de desenvolvimento de produtos, com o objetivo do desenvolvimento de um equipamento para picar e moer ossos bovinos, utilizando-se parte da metodologia de projetos proposta por Pahl et al (2005). A escolha por essa metodologia se deve por ela ser focada no desenvolvimento do produto, não se atendo nas fases de vendas e pós-venda, que não são o objetivo desta pesquisa.

Observou-se uma escassez de publicações referentes ao assunto abordado, justificando a proposta de experimentação e pesquisa. A máquina poderá promover uma inovação tecnológica na área de biomateriais, podendo ser utilizada em inúmeras pesquisas.

Trata-se de uma máquina multifuncional, que contenha o picador o moedor e o sistema de peneiramento acoplados, sendo que o pó de osso passe de um processo ao outro sem o manuseio apenas por gravidade e ao chegar no ultimo processo o pó de osso já saia pronto para a impressão. Por estes motivos, houve uma solicitação de patente de Modelo de Utilidade, desta máquina multifuncional para picar, moer e peneirar osso bovino de forma integrada.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral e os objetivos específicos desta dissertação estão apresentados a seguir.

1.1.1 Objetivo geral

Projetar e construir uma máquina para produção de matéria prima para manufatura aditiva para obtenção de pó de osso, que será utilizado em reconstruções ósseas.

1.1.2 Objetivos específicos

Este objetivo central desdobra-se nos seguintes objetivos específicos:

a) aplicar uma metodologia de projeto adequada para obter a melhor concepção construtiva da máquina;

b) Projetar e desenvolver um picador para o processo de obtenção de pó de osso.

c) Projetar e desenvolver um moinho de bolas para o processo de obtenção de pó de osso.

d) Projetar e desenvolver uma peneira vibratória para se obter um pó de osso com diâmetro máximo de 50 μ m.

e) Verificar se o pó de osso está dentro dos parâmetros necessários para a impressão 3D de corpos de prova.

1.2 METODOLOGIA DA PESQUISA

A presente pesquisa buscou os tipos de picadores e moinhos existentes no mercado e, após esta avaliação, foram verificados os custos e os processos envolvidos. Foram observados os modelos que produziam com uma melhor eficácia o pó de osso. Então, foi feito o desenvolvimento do equipamento com sua especificidade ao projeto proposto.

Para o desenvolvimento do conceito de uma máquina multifuncional que compreendesse um picador e um moinho de bolas de baixo custo, utilizou-se as duas primeiras fases da metodologia proposta por Pahl et al. (2005). Buscou-se com a

utilização dessas fases a determinação do planejamento da tarefa a ser desenvolvida, a criação de uma lista de requisitos, as funções requeridas para o equipamento, o atendimento dessas funções e a criação de um conceito de produto que atendesse ao que era proposto. Após a etapa de construção da máquina estar concluída, a produção do pó de osso, com a análise deste, referentes às suas propriedades, também foram avaliadas.

Com este trabalho esperava-se obter um processo de produção do pó de osso com a possibilidade de produção em larga escala, proporcionando assim uma matéria-prima para a impressão de componentes ósseos e viabilizar diversas pesquisas que já estão em desenvolvimento pelo grupo de pesquisa de biomateriais neste PPGPPF/UPF.

1.3 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos:

a) o primeiro capítulo compreende a introdução da pesquisa, a qual inclui contextualização, motivação e justificativa acerca da escolha do tema, bem como a metodologia utilizada e os objetivos;

b) o segundo capítulo é dedicado à revisão bibliografia, em que são discutidos assuntos pertinentes e as atuais pesquisas correlacionadas ao trabalho desenvolvido;

c) no terceiro capítulo, apresenta-se a metodologia a ser utilizada nesta dissertação, a qual está subdividida de acordo com a metodologia de projeto adotada, ou seja, em quatro fases: especificação do projeto, projeto conceitual, anteprojeto, projeto detalhado; finalmente, serão discutidas as formas de construção do equipamento.

d) o quarto capítulo corresponde aos resultados e discussão obtidos no desenvolvimento do trabalho;

e) o quinto capítulo é reservado às considerações finais, bem como às sugestões de futuros trabalhos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão abordados os principais assuntos que nortearão o desenvolvimento deste trabalho. Será apresentada uma descrição referente às propriedades do osso bovino, como material substituto ao osso humano através de manufatura aditiva e sua utilização como enxerto ósseo e a concepção de projeto e execução da máquina para a fabricação desta matéria-prima.

2.1 FORMULAÇÃO DE PÓ

Segundo Ipar (2011) a formulação de pó envolve a seleção de materiais, o dimensionamento do tamanho dos grãos, a seleção de usar ou não aditivos com o pó e o método de deposição, além de testes para o aperfeiçoamento da peça. Referente ao processo de impressão 3DP, o autor descreve que o corpo do modelo impresso utilizado em seu trabalho possui seu volume composto por: de 30-75% de pó, 10% de aglutinante e o restante de espaços vazios.

Para Utela et al. (2008 e 2010) a depositabilidade é a propriedade mais importante do pó e é influenciada diretamente pelo tamanho e formato das partículas. Para os autores a depositabilidade pode ser efetuada com o pó molhado ou seco, dependendo do tamanho das partículas. Ipar (2011) afirma que grãos com tamanho de 20 μm ou maiores, deve-se utilizar o pó no estado seco e para partículas menores que 5 μm , estas podem ser depositadas secas ou molhadas. Os pós que possuem dimensões menores que 1 μm podem se ligar por forças de Van der Waals, e a deposição mecânica não é adequada (Utela et al., 2010).

Ipar (2011) esclarece que a forma da partícula é menos importante que o seu tamanho, mas formatos esféricos têm uma aderência melhor na forma seca, possuindo baixo atrito interno. Algumas características que afetam o processo de impressão, em relação ao tamanho dos pós, são apresentadas na Figura 1. As características que são influenciadas no processo de impressão 3DP, devido ao formato das partículas do pó, são apresentadas na Figura 2.

Figura 1 - Influência do tamanho das partículas na etapa do processo de 3DP

Tamanho	Vantagens	Desvantagens
Partículas Grandes	-Podem ser depositados no estado seco. -Menor área superficial por volume. -Grandes poros facilitam a penetração do aglutinante.	-Partículas grandes estabelecem mínimas espessuras de camada.
Partículas Pequenas	-Aumenta o grau de sinterabilidade. -Baixa rugosidade superficial. -Camadas mais finas. -Melhor acabamento de pequenos detalhes.	-Difíceis de espalhar. -Se aglomeram por forças de <i>Van Der Waals</i> . -Podem se deformar durante a deposição de aglutinante.

Fonte: Adaptado de Utela et al., 2010

Figura 2 - Formato das partículas do pó

Forma	Vantagens	Desvantagens
Esférica	-Tende a fluir bem. -Baixa fricção interna.	-Não informado.
Facetada / Anisotrópica	-Potencializa a taxa de empacotamento.	-Alto grau de fricção interna. -Dificulta o espalhamento.

Fonte: Adaptado de Utela et al., 2010

Combinações de pós de diferentes tamanhos podem ser utilizadas para aumentar a densidade do corpo do modelo impresso, pois as partículas menores se colocam nos interstícios das maiores. Aditivos podem ser adicionados ao material a granel para melhorar a depositabilidade, comportamento de impressão e pós-processamento e propriedades finais da peça (Ipar, 2011). Para o autor o tamanho e geometria das partículas do pó podem comprometer a resistência, qualidade e aparência de modelos impressos em sistemas 3DP.

De acordo com os argumentos apresentados no estudo de Utela et al. (2010) e Ipar (2011) verifica-se que a redução do tamanho das partículas de materiais sólidos através de processo de moagem inadequado pode comprometer as propriedades granulométricas desejáveis para o pó que se propõem o uso em impressoras 3DP.

Baseado no propósito deste estudo que é de utilizar técnicas de cominuição para transformar blocos retangulares de osso bovino liofilizado em pó fino com características granulométricas aceitáveis para uso em impressoras com tecnologia 3DP, a seguir será

transcrito em nível maior de detalhamento, as características e processos do método de cominuição de materiais sólidos.

2.2 BRITAGEM E MOAGEM: FINALIDADE E EQUIPAMENTOS

A cominuição é o ato ou efeito de cominuir, fragmentar, despedaçar (Ferreira, 2010). Carvalho (2012) afirma que existem duas grandes áreas de cominuição, a saber, a britagem e a moagem. Varela (2011) descreve que a etapa de britagem e de moagem são responsáveis pela redução granulométrica e adequação do tamanho de partícula aos processos de classificação e concentração subsequentes. Entre os inúmeros fatores que influenciam a escolha e conseqüentemente, o desempenho dos equipamentos utilizados na britagem e moagem, encontram-se as características físicas das MP minerais, como a dureza, a abrasividade e a coesividade.

Segundo Figueira et al. (2004), a britagem é considerada o primeiro processo de fragmentação, e também o mais importante na cominuição de minérios. Este processo pode ser repetido diversas vezes por diferentes tipos de equipamentos, até se obter um material adequado à alimentação da moagem. Há um grande número de variedades de britadores, sendo que os mais comuns são os seguintes: mandíbulas, giratório, cônicos, rolo simples, rotativo, rolo duplo, impacto e martelos.

Caso a granulometria desejada não seja atingida no primeiro processo (britador primário), o material resultante desta primeira britagem é encaminhado ao britador secundário, onde geralmente a granulometria desejada é alcançada. Após isso, o material é direcionado à moagem (FIGUEIRA et al., 2004).

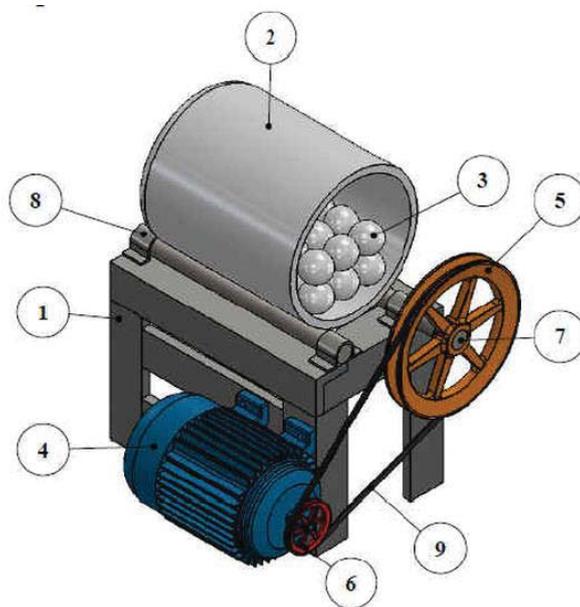
Considerada como a seqüência natural do processo de britagem, a moagem é a chamada fragmentação fina, que representa o último estágio da redução granulométrica na cominuição de MP, como por exemplo, minérios. Neste processo as partículas são reduzidas pela combinação de impacto, compressão, abrasão e atrito, a um tamanho adequado à liberação do mineral, geralmente a ser concentrado nos processos subsequentes. Ela é realizada por meio da utilização de moinhos de cilíndricos (bolas, barras ou seixos) ou moinhos de martelo, sendo os cilíndricos os mais utilizados. Moinhos cilíndricos de bolas utilizam bolas como meio moedor e são utilizados para moagens mais finas. Moinhos cilíndricos de barras são utilizados para moagem mais grossa e utilizam barras como meio moedor. Também suportam uma alimentação grossa de até 50 mm e

alguns autores também os consideram como máquinas de britagem fina. Por ser responsável pela fragmentação mais fina do minério, a moagem também é o processo mais oneroso dentro da cominuição, gerando custos altos, de acordo com o tamanho das partículas de minério resultantes do processo (FIGUEIRA et al., 2004).

Segundo Paula et al. (2014) a construção de um moinho de bolas pode envolver um custo baixo devido ao aspecto de simplicidade construtiva, além de permitir duas formas de moagem: processo seco e processo úmido. Baseado nisso, indústrias, laboratórios e universidades confeccionam suas próprias versões de moinhos de bolas, as quais nem sempre apresentam adequadas características de trabalho, baixas eficiências e materiais que provocam a alta contaminação dos produtos finais.

Paula et al. (2014) descreve que o moinho de bolas tem uma concepção de projeto simplificada devido ao princípio construtivo Figura 3. Estes descrevem que os sólidos de maior densidade favorecem a eficiência do processo de moagem em função da esfera densa causar maior impacto sobre o material durante a queda, ou seja, maior energia de colisão.

Figura 3 - Representação esquemática usual de um moinho de bolas universal.



01) Estrutura; 02) Jarro de moagem; 03) Meio de moagem (esferas); 04) Motor; 05) Polia movida; 06) Polia motora; 07) Rolos de apoio e tração; 08) Mancais; 09) Correia.

Fonte: Adaptado de Paula et al., 2014.

Estudos realizados sobre moinhos recomendam que para obtenção de melhores resultados de moagem, o volume de amostra, juntamente com as esferas inseridas, deve estar próximo a 50% do volume do jarro de moagem. Neste caso, o estudo de Paula et al. (2014) recomenda que a quantidade de esferas adequada para uma moagem sob maior eficiência deve estar próxima a 20% do volume total do jarro de moagem. Por essa razão, um jarro normalmente suporta adequadamente cerca de 30% em volume de amostra.

Referente à construção de moinhos, foram encontrados diversos estudos que descrevem metodologias para projeto e construção de moinho de bolas para uso em laboratórios, tendo destaque os trabalhos dos autores Paula et al. (2014) e Nos (2011).

Nesse item de capítulo que se encerra, apresentou-se o referencial teórico através de alguns procedimentos metodológicos para confecção de modelos de britagem e moagem de produtos. Sob o olhar da biomedicina e da engenharia foi possível avaliar a necessidade de se construir uma máquina que atenda aos requisitos de picar, moer e peneirar o osso até formar pó para o uso futuro em impressão 3D.

2.3 ENGENHARIA DE TECIDOS ÓSSEOS USANDO IMPRESSÃO 3D

A utilização de biomateriais para uso como enxerto é a forma mais comum de terapia reconstrutiva. O material pode ser retirado do próprio paciente, obtido em bancos de ossos, derivado de material não-ósseo ou ainda ter origem bovina. A prevenção de respostas biológicas negativas como a instabilidade durante a cicatrização e o desestímulo da osseointegração estão relacionadas com características mecânicas. Aspectos mecânicos como geometria, integridade e rugosidade das superfícies usinadas são post-chave para o sucesso da neoformação óssea (MORA, 2000).

Estudos recentes buscam diferenciais para o desenvolvimento de enxertos que prezem por um menor tempo de recuperação do paciente, menores contraindicações, maior agilidade na operação e características fieis ao esqueleto. O embasamento de muitas pesquisas está no uso da Hidroxiapatita (HA) para obtenção de enxertos, já que este componente é o principal constituinte sólido do osso natural. A HA granular já é utilizada para realizar preenchimentos ósseos, demonstrando bons resultados de osteocondução e compatibilidade, em contrapartida não gera sustentação e tem partículas dispersas para outras regiões (RYABENKOVA et al., 2017). Diante disso, a utilização de enxertos

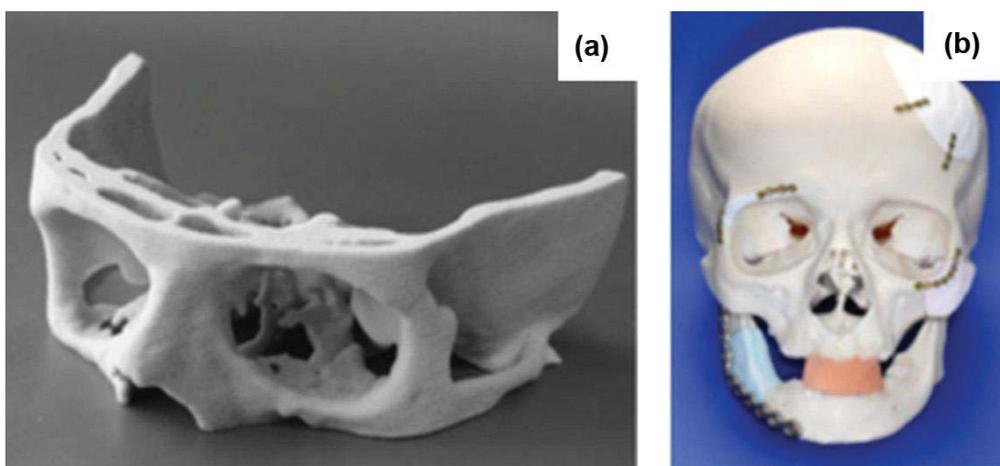
heterólogos, provindos principalmente de bovinos, vem demonstrando ser uma boa opção, já que apresentam resistência, compatibilidade e abundância (GALIA et al., 2009).

O tecido ósseo, é constituído por duas estruturas diferentes; osso esponjoso e cortical. O osso esponjoso, ou a parte interna do osso, é esponjoso por natureza, com 50 a 90% em volume de porosidade. Entretanto, o osso cortical é a camada externa densa de osso com menos de 10% em volume de porosidade. Ambos os tipos de osso sofrem remodelação dinâmica, maturação, diferenciação e reabsorção que são controladas por meio de interações entre células de osteócitos, osteoblastos e osteoclastos segundo Bandyopadhyay (2006 e 2013) e Bose (2011).

Os implantes fabricados a partir de osso cortical bovino liofilizado apresentam uma perfeita compatibilidade, devido a sua estrutura natural ser comparável física e quimicamente à matriz óssea mineralizada humana, resultando na reabsorção do mesmo pelo organismo. O contato do implante, ou enxerto ao osso, sob condições estéreis, quando realizado por meio de técnica cirúrgica, proporcionará a integração deste implante aos tecidos receptores, ou ainda, influenciará na resposta cicatricial, podendo comportar-se como osteogênico, osteoindutor ou osteocondutor (SALLES, 2002).

As estruturas são parte integrante da engenharia de tecidos ósseos. Estruturas são armações biocompatíveis tridimensionais que podem imitar as propriedades da matriz extracelular, como suporte mecânico, atividade celular e produção de proteínas por bioquímica e interações mecânicas e forneça um modelo para células fixação e estimular a formação de tecido ósseo in vivo (Salgado, 2004. Seitz et al., 2005. Rezwan et al., 2006).

Figura 4 – a) Segmento craniano impresso em 3D, (b) vista geral do crânio portador do implante.



Fonte: Fussell, 1997

Tais estruturas podem ser projetadas e fabricadas usando manufatura aditiva de impressão 3D e fabricação de forma livre sólida, são abordagens que permitem formas complexas para a fabricação de arcabouços ósseos diretamente de um arquivo de desenho auxiliado por computador (Tarafder, 2010; Gibson, 2015). O conceito de manufatura aditiva foi introduzido pela primeira vez por Chuck Hull em 1986, através de um processo conhecido como "estereolitografia" (Hull, 1986; Bose, 1999; Fussell, 1997).

As figuras 4a e b mostram 3D específico do implante de um paciente impressos. Esses resultados apontam para a aplicação do 3DP em uma grande variedade de materiais e estruturas para tecido ósseo de engenharia, os implantes são fixados com osteossíntese de miniplaca, respectivamente, osteossíntese bicortical (defeito mandibular). Os furos para inserção dos parafusos foram feitos após o posicionamento dos implantes usando uma broca óssea comum.

Para engenharia de tecidos ósseos, o 3DP é útil para a fabricação direta de arcabouços ósseos com porosidade personalizada a partir de um arquivo CAD. Antes de imprimir, parâmetros essenciais como densidade de embalagem de pó, fluidez do pó, espessura da camada, volume de gota do ligante, saturação do ligante e molhabilidade do pó precisam ser otimizados para melhorar a qualidade da parte resultante. Um conjunto de rolos espalha uma camada de pó a uma quantidade predeterminada de espessura para criar um leito de pó. A fluidez é determinada principalmente pelo tamanho das partículas, distribuição do tamanho, superfície rugosidade e forma. A espessura da camada desejada é em parte determinada pela geometria e características do pó. Camadas mais finas podem causar penetração do ligante e excesso de propagação para outros locais resultando em baixa resolução e tolerância. No entanto, camadas grossas precisam de alta saturação para que os pós se liguem (FUSSELL, 1997)

2.4 OSSO BOVINO

O osso bovino é uma opção de substituto aos ossos humanos, sendo que o osso humano tem sua doação como órgão com pouca oferta e doenças biológicas podem ser evitadas. Pesquisadores avaliaram compressão de osso bovino seco, um composto comercial baseado em partículas de osso bovino (200-750 μm), misturadas com adesivo à base de ciano acrilato. Comparando a resistência a compressão entre os dois materiais, o composto comercial apresentou resistência a carregamento dinâmico 5 vezes menor que

o osso natural. O que acarretou tal diferença nos valores encontrados é o fato de que o osso seco bovino tem uma microestrutura que favorece o esforço no sentido longitudinal, enquanto que no substituto não se consegue essa orientação (PAGANO; HOGAN; LAMBERSON, 2016).

Segundo Lerner (2018), demais testes de resistência mecânica de osso bovino já foram estudados por diversos autores, e parte destes experimentos está sintetizada e foi adaptada por este, na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades mecânicas do osso bovino

Estado do osso	Tração (Mpa)	Alongamento (%)	E (Gpa)	Compressão (MPa)	Flexão (Mpa)	Referência
Congelado	231,35	1,95	22,35	-	-	STEFAN et al. (2010)
Congelado	-	-	-	-	207,1	VIVACQUA (2011)
Fresco	459	-	-	-	-	ADHARAPURAPU et al. (2006)
Seco	556	-	-	-	-	
Fresco	-	-	6,8	281	-	FERREIRA et al. (2006)
Fresco	134	-	10,4	-	200,7	DINGEE (2005)
Fresco	-	-	-	559	-	PAGANO et al. (2016)

Fonte: Lerner (2018).

São diversas as opções comerciais de osso bovino liofilizado encontrados no mercado, tendo aplicações previstas para reconstruções odontológicas e algumas foram avaliadas físico e quimicamente por Galia et al. (2009) em comparação ao osso humano in natura e apresentaram grande semelhança.

Lerner (2018), discutindo a literatura, afirma que enxertos homólogos congelados demonstram ser uma excelente alternativa em reconstituição de lesões, uma vez que este evita a morbidade relacionada ao sítio doador. Porém a disponibilidade desses ainda é bem limitada, há possibilidades de transmissão de doenças infectocontagiosas e tumorais relacionadas ao uso destes enxertos, estes são casos raros.

Galia et al. (2011) apontam como diferentes métodos de processamento e armazenagem de tecido ósseo. Dentre os mais utilizados e testados é o processo de liofilização de enxerto ósseo de origem bovina devido a sua similaridade física, química e estrutural com o osso humano. Dessa forma, os autores afirmam obter uma matéria-prima de excelente qualidade para aplicação em reparos ósseos (GALIA et al., 2011).

Tendo como um substituto promissor o osso bovino ao osso humano, Galia et al. (2009) investigaram as características físico-químicas entre os dois compostos. Análises

orgânicas e minerais foram realizadas com ambos após processo de liofilização e grande semelhança foi encontrada, conforme pode ser verificar na Tabela 2, a qual elenca a modelagem de componentes exclusivos a cada paciente, sendo estes minerais de maior expressão.

Tabela 2 - Propriedades químicas do osso bovino

Elemento (%)	Bovino	Humano
Ca	23,7	24,1
P	11,9	11,9
Ni	4,3	4,3
Cinzas	64,3	64,8
Cloretos	1,3	1,3

Fonte: Galia (2018).

2.4.1 Liofilização

Liofilização é um método de secagem que atua na remoção de líquido através da sublimação. Quando o conteúdo líquido do material está na forma de gelo, este submetido a condições de pressões muito baixas, ocorre a sublimação da água passando do estado sólido ao gasoso a temperaturas muito baixas, sem a presença de oxigênio. O passo prévio a liofilização é o congelamento, a fim de transformar as soluções aquosas dos alimentos em uma mistura de duas fases sendo uma constituída por cristais de gelo e a outra pela solução concentrada dos solutos. (RODRIGUES, 2008).

O processo de liofilização, avaliado por Dingee (2005) demonstrou como principais vantagens a possibilidade de armazenagem por longo período, maior redução da antigenicidade, menor risco de transmissão de doenças e mínima alteração bioquímica. Como desvantagem aponta a redução da osteo integração e da revascularização. Quanto às características mecânicas, aponta divergências, sendo que em alguns casos houve aumento do módulo de elasticidade e a resistência a tração, já em outros diminuíram.

Porém Galia et al. (2009), em um estudo visando comprovar a semelhança entre osso humano e bovino, realizou experimentos para avaliar físico e quimicamente as propriedades de osso humano e bovino liofilizadas. A pesquisa e as avaliações levaram a resultados que asseguram uma grande semelhança entre ossos humanos e bovinos, havendo boa compatibilidade.

Para avaliar a biocompatibilidade de osso bovino liofilizado, análise *in vitro* e *in vivo* foram realizadas, para a preparação das amostras seguiu-se o protocolo adaptado ao desenvolvido pela Universidade de Osaka. As amostras foram cortadas em diferentes formas, liofilizadas, embaladas e esterilizadas por radiação gama. Os testes *in vivo* foram realizados em 20 ratos, os resultados obtidos demonstraram ausência de citotoxicidade em 100% das amostras, sem alteração macroscópica e nem morte dos animais, assim foi possível comprovar a biocompatibilidade das amostras (GALIA et al., 2008).

ITURRIA et al. (2010) desenvolveram um protocolo para liofilizar três diferentes tipos de osso, levando em conta parâmetros de temperatura, pressão e tempo de processamento, através dos princípios da termodinâmica foram calculados transferência de calor, emissividade e radiação do material, buscando direcionar aos parâmetros ótimos de liofilização. O desenvolvimento de um protocolo de liofilização para ossos humanos e bovinos foi com intuito de avaliar o comportamento de osteo integração dos enxertos em cirurgias do quadril. Análise físico-química foi realizada nas amostras de osso e comprovou-se uma enorme semelhança entre a composição de cada um deles. Após a realização das operações em 66 quadris, avaliou-se clínica e radiologicamente a capacidade de osteointegração dos enxertos humanos e bovinos. Concluindo que os ossos submetidos ao protocolo de liofilização não acarretam prejuízo aos pacientes, mostrando-se uma boa alternativa na reconstituição óssea (GALIA et al., 2008).

2.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Existem várias metodologias projetuais nas mais diversas áreas, como Engenharia Mecânica e de Produção, Design de Produto, entre outras. Na maioria delas há unanimidade no uso de métodos projetuais que otimizam tempo, esforço, pensamento e ordenam atividades, auxiliando nas tomadas de decisões, que variam de acordo com as técnicas utilizadas e as áreas, mas são presentes nos projetos bem-sucedidos. Com o intuito de explorar uma metodologia de projeto que contemple tanto as questões de ordem no processo quanto a análise de matéria-prima para o produto, alguns métodos diferentes foram elencados, incorporando as características mais apropriadas. (Coelho, 2008). Ele sugere ainda a denominação de “procedimentos metodológicos” para referir-se ao conjunto deles, defendendo a ideia de que o processo projetual é independente.

2.5.1 Métodos para projeto e desenvolvimento de produtos

Bonfim (1995) aponta que a metodologia para o desenvolvimento de projetos é a disciplina que se ocupa da aplicação de métodos a problemas específicos e concretos. Assim como para (Coelho, 2008), que entende por metodologia o conjunto de métodos utilizados em determinado trabalho. A partir desses conceitos, esta etapa consiste na exploração e examinação de algumas metodologias de projeto de produtos existentes a fim de melhor elucidar a metodologia apropriada para o desenvolvimento deste estudo.

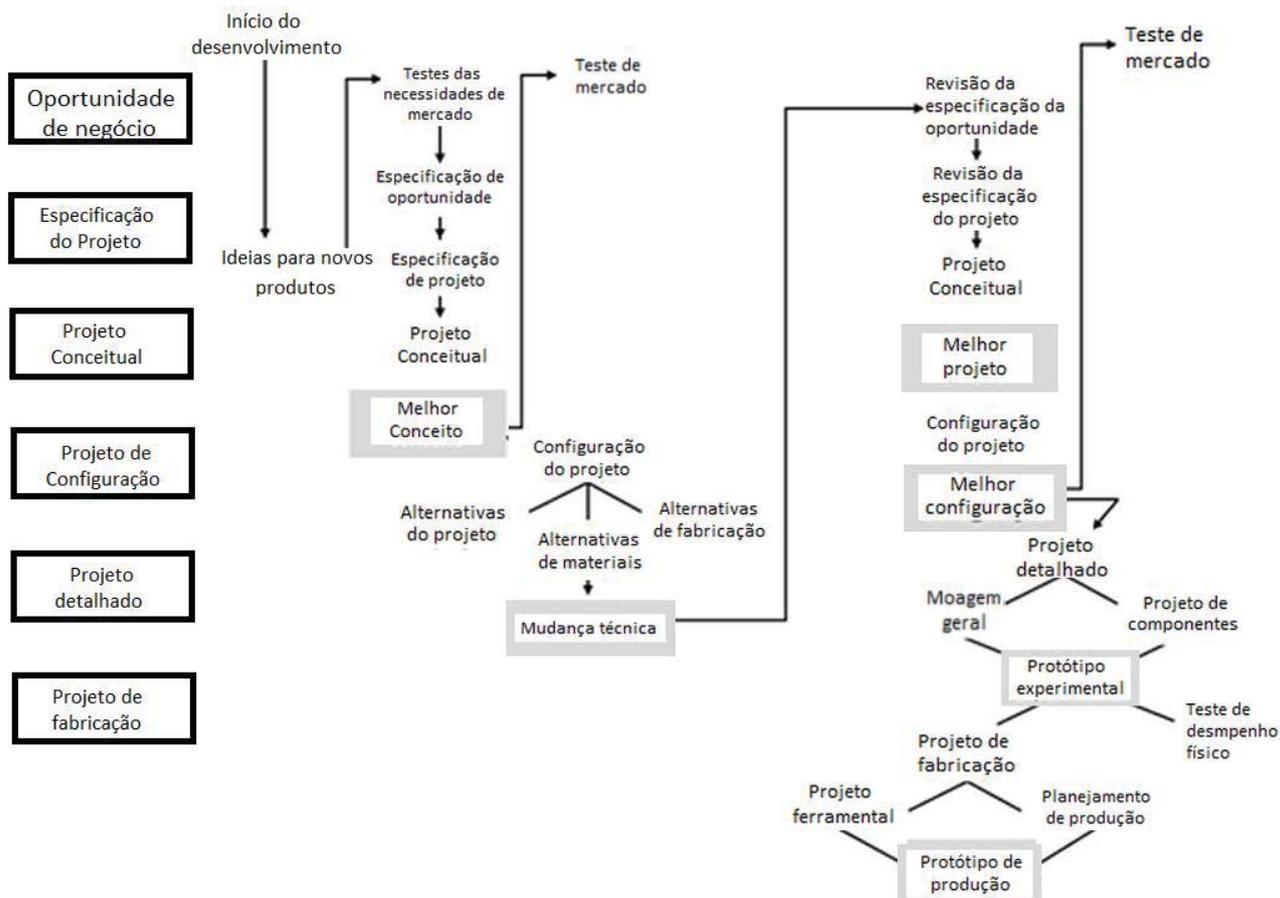
2.5.2 Metodologia de Baxter

Para Baxter (2011), o processo de projeto de novos produtos inicia após a identificação de uma oportunidade de negócio e é composto por quatro etapas: a primeira etapa consiste em ideias preliminares, em que um simples desenho do produto será submetido à avaliação de um pequeno grupo de consumidores em potencial; a segunda etapa é a de especificações, na qual se define o melhor conceito de projeto; a terceira é a de configurações, quando o conceito selecionado será submetido a um teste de mercado e, se aprovado, passará por todo o processo de atividades de configurações técnicas do produto (materiais e processos de fabricação); e a quarta etapa é a de produção, na qual os desenhos deverão ser detalhados para fabricação e construção de protótipo.

O autor ainda acredita que a empresa deve definir seus objetivos e planos estratégicos de inovação, o que deverá ocorrer com o auxílio de um grupo multidisciplinar capaz de abordar diversas áreas, promovendo uma troca contínua de informações.

A Figura 5 apresenta o método de Baxter (2011), que ocorre através de um sistema cíclico, já que as atividades não seguem uma linha reta e são dadas por avanços e retornos, denominadas reciclagem, momento em que se revisam as etapas anteriores e revisitam as etapas anteriores.

Figura 5 – Atividades de projeto no desenvolvimento de produto



Fonte: Baxter (2011, adaptada).

2.5.3 Metodologia Pahl, Beitz, Feldhusen e Grote

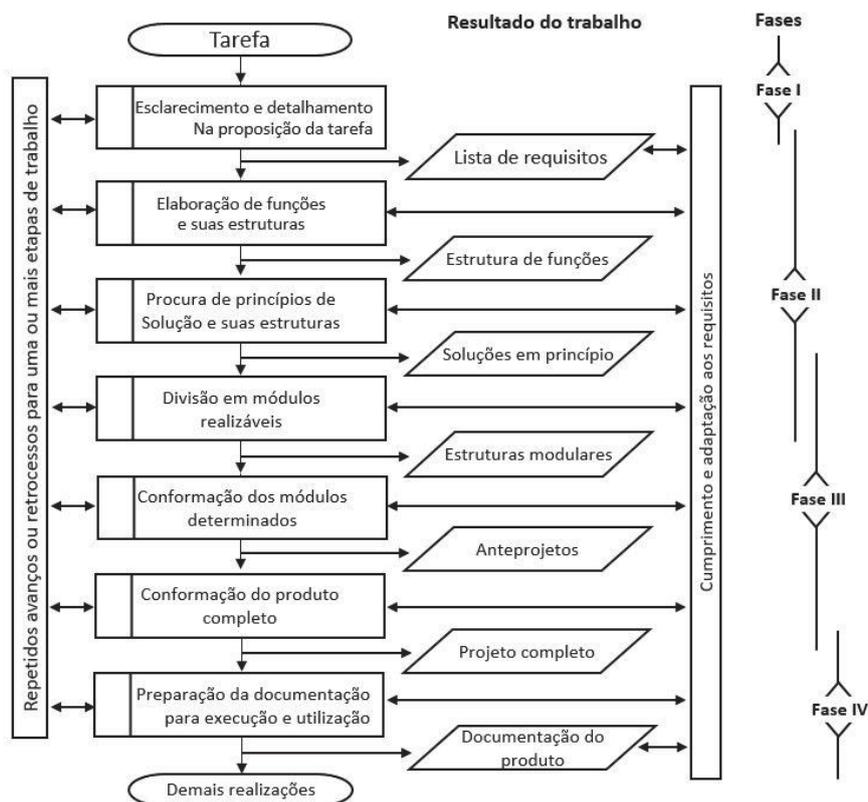
O processo de Pahl et al. (2005) é sistemático, lógico, cíclico e com retornos predeterminados, o que possibilita fazer melhorias no projeto até definir uma solução. Suas principais características são oriundas de diretrizes elaboradas por um grupo de trabalho representado por cientistas de projeto e projetistas chefes da indústria da Antiga República Federal da Alemanha denominado VDI (Verein Deutscher Ingenieure).

A diretriz VDI 2221 (1994) propõe um procedimento geral para o desenvolvimento e o projeto de produtos da engenharia mecânica prevendo sete etapas de trabalho. Já a VDI 2222 (1996) define um plano de procedimento e métodos individuais para a concepção de produtos organizada em quatro fases. Em ambos os planos de procedimentos se enfatiza um caráter de flexibilidade, isto é, a execução das etapas de trabalho não ocorre de forma rígida e sim cíclica, com retornos sempre que necessário. Tanto na Metodologia de Projeto de Pahl et al. (2005) quanto nas diretrizes

VDI 2221 e 2222, o desdobramento ocorre em etapas de forma sistemática e a possibilidade de retornos são características recorrentes.

Pahl et al. (2005) organizam o processo de projeto em quatro fases, ordenadas da seguinte forma: a primeira é o esclarecimento do projeto, a definição da tarefa através da lista dos requisitos; como segunda etapa, vem o projeto conceitual, que é a ideia inicial do produto, em que se verificam os problemas, princípios de solução, as concepções modificáveis, a concretização e, por fim, a avaliação de soluções segundo critérios técnicos e econômicos; a terceira etapa diz respeito à busca por soluções funcionais do produto (forma, materiais, acabamentos, dimensões e processos de fabricação) e, por conseguinte, por soluções técnicas. E finalmente, na quarta e última fase, faz-se a documentação do produto para viabilizar a sua execução e utilização.

Figura 6 – Evolução do processo de desenvolvimento de produto em quatro fases



Fonte: Pahl et al. (2005).

Esse planejamento se faz necessário, pois quando o problema de projeto está devidamente esclarecido, a geração de soluções se torna muito mais eficiente. Essa metodologia cria procedimentos orientados por problemas, que podem ser aplicados em todas as atividades de projeto independentemente da especialidade, além de incentivar o

processo de inovação e de concepção. É uma metodologia didática conforme se observa na Figura 6, que pode ser utilizada por gerentes de projeto e equipes de desenvolvimento.

Figura 7 – Etapas de trabalho principais no planejamento e na concepção

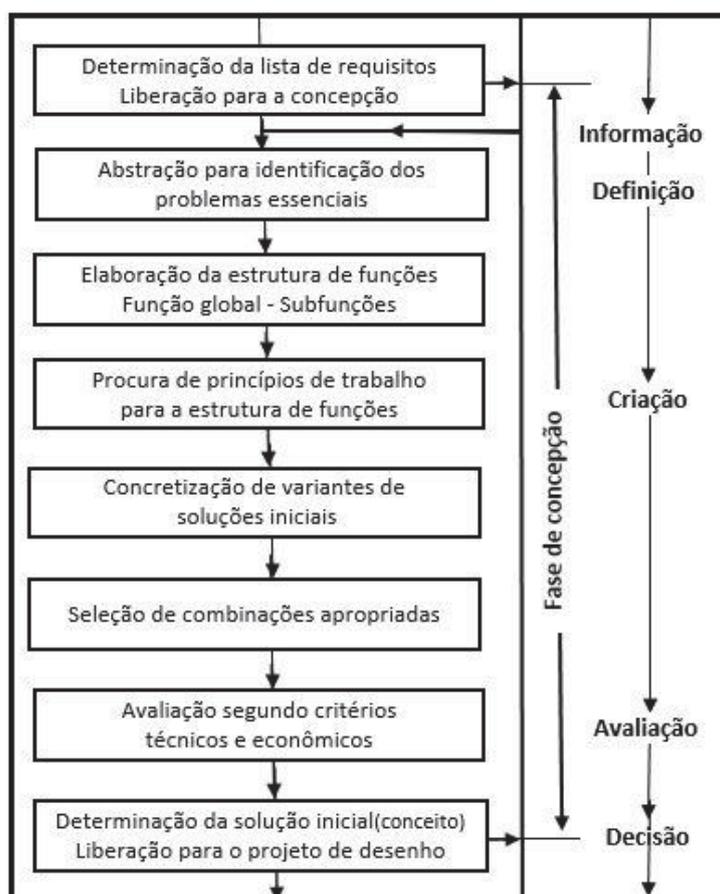


Fonte: Pahl et al. (2005).

A Figura 7 apresenta as principais etapas de trabalho a serem seguidas no planejamento e concepção de um produto. É na primeira fase de especificação do projeto, apresentada na Figura 8, que se faz todo o planejamento do desenvolvimento do produto através da classificação das necessidades, do esclarecimento de condicionantes e da lista de requisitos. Essa fase é considerada uma base para a segunda, pois é nesse momento que se reúne o número máximo de informações que resultarão na elaboração detalhada das especificações de projeto através da lista de requisitos.

Para complementar e ampliar os requisitos estabelecidos, dois métodos consolidam o trabalho segundo uma linha mestra que contém uma lista das principais características e a técnica do cenário. De acordo com Pahl et al. (2005), essas características derivam com ampla validade de algumas influências de categorias de propriedades operacionais, ergonômicas, de aparência, de distribuição, de fornecimento, de planejamento, de fabricação, de custos e de produção, ou seja, quantitativas e qualitativas.

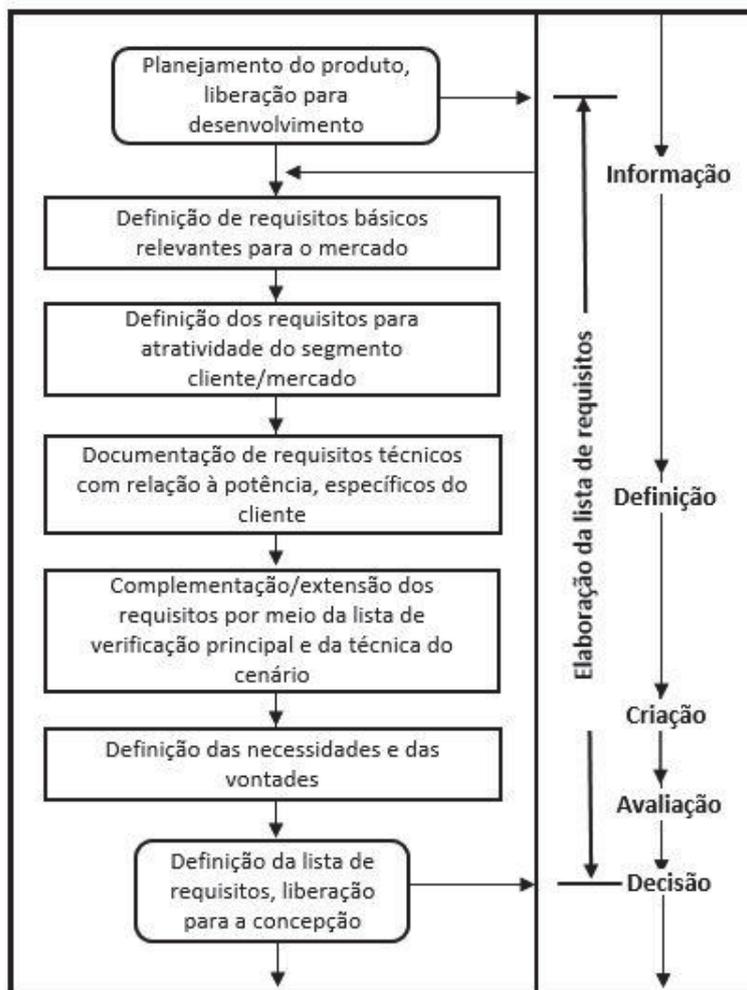
Figura 8 – Principais etapas de trabalho para elaboração da lista de requisitos



Fonte: Pahl et al. (2005).

Quando essa tarefa estiver esclarecida de forma satisfatória, atendendo às exigências técnicas e econômicas, o projeto estará liberado para a concepção, através das etapas de trabalho descritas na Figura 9.

Figura 9 – Etapas de trabalho para a fase de concepção



Fonte: Pahl et al. (2005).

O principal objetivo da segunda fase é a busca de soluções para os problemas de projeto e a elaboração da estrutura da função do dispositivo, ou seja, conceber é a definição preliminar de uma solução.

Algumas vezes, entretanto, a estrutura de funcionamento só pode ser avaliada quando está mais concretizada. Essa forma mais concreta inclui uma ideia dos materiais a serem empregados através de um dimensionamento aproximado e seus possíveis recursos tecnológicos, o que resulta num princípio de solução passível de avaliação.

De forma similar a Pahl et al. (2005), Ashby (2012) afirmam que a natureza dos dados necessários no estágio do conceito não requer precisão de detalhes, apenas valores

aproximados das propriedades com uma faixa de materiais mais ampla possível. Quanto mais ampla esta faixa maior a possibilidade de encontrar-se materiais de fácil mercado e com isso, pode-se comprar o material com a melhor característica e menor custo.

2.6 PROJETO DETALHADO

Segundo Pahl & Beitz (1996), essa é a etapa na qual, partindo da concepção de um produto, o projeto é desenvolvido, de acordo com critérios técnicos e econômicos e à luz de informações adicionais, até o ponto em que o projeto detalhado resultante possa ser encaminhado à produção. Nessa etapa do projeto o modelo do produto evolui da concepção ao leiaute definitivo do produto, sendo expresso pela documentação completa necessária à produção do produto projetado.

O leiaute definitivo deve ser desenvolvido até o ponto onde uma verificação clara da função, durabilidade, produção, montagem, operação e custos, possa ser feita. O nível de detalhamento a ser alcançado nessa etapa deve incluir, segundo Pahl & Beitz (1996):

- a) estabelecimento do leiaute definitivo (arranjo geral e compatibilidade espacial);
- b) projeto preliminar das formas (formato de componentes e materiais);
- c) procedimentos de produção;
- d) estabelecimento de soluções para qualquer função auxiliar.

A disposição, a forma, as dimensões e as tolerâncias de todos os componentes devem ser finalmente fixadas. Da mesma maneira a especificação dos materiais e a viabilidade técnica e econômica devem ser reavaliadas. Normas e procedimentos padronizados devem ser empregados dentro das necessidades de fabricação. Esta etapa envolve decisões sobre como o produto será manufaturado, quais os passos necessários para manufaturar o produto, processos de manufatura, máquinas e ferramentas que serão requeridas, e como as partes serão montadas. As atividades do planejamento do processo envolvem a análise da produtibilidade, o desenvolvimento de fornecedores e o projeto do ferramental.

Além disso, esses autores propõem o emprego de checklists, estabelecem os princípios a serem observados (princípios de transmissão de força, divisão de tarefas, etc) e critérios para atender necessidades específicas. Porém, acima de tudo, afirmam que se deve observar as regras básicas de clareza, simplicidade e segurança.

As ferramentas empregadas nessa fase do projeto são aquelas comuns na área de engenharia como: CAD, programas de simulação, construção de modelos, programas de auxílio ao cálculo e dimensionamento.

Neste capítulo, foram abordados os principais assuntos do desenvolvimento deste trabalho. Apresentado uma descrição referente às propriedades do osso bovino, como material substituto ao osso humano, a manufatura aditiva como principal maneira de reconstrução de osso humano e sua utilização como enxerto ósseo, a concepção de projeto e execução da máquina para a fabricação desta matéria-prima.

2.7 MÉTODOS CONVENCIONAIS E FERRAMENTAS AUXILIARES

Segundo Pahl et al. (2005), os métodos apresentados a seguir derivam da área da técnica da criatividade se comparados com os métodos gerais recorrentes ou se baseiam em considerações analógicas. Eles conduzem a uma otimização da solução sob consideração de algumas limitações para o desenvolvimento do projeto.

Aumentar o campo de atuação da equipe de projeto e, assim, possibilitar o planejamento transdisciplinar que abarque desde ciências de base até áreas específicas relacionadas ao projeto, fazendo com que o resultado final do processo de projeto seja muito mais produtivo.

2.7.1 Métodos com ênfase intuitiva

De acordo com Pahl et al. (2005), o projetista frequentemente busca – e muitas vezes encontra – soluções para problemas de projeto através da intuição, que, por sua vez, normalmente é impossível de ser rastreada. Essa inspiração precisa ser desenvolvida e modificada até viabilizar a solução do problema. Um método de projeto não pode impedir esse processo, mas respaldá-lo, já que ele pode ser bastante estimulante.

2.7.2 Brainstorming

O método Brainstorming segundo Baxter (2011), aproveita dados estimulados por associação, os quais têm sua origem em manifestações descontraídas dos projetistas. Ele

pode ser aplicado em qualquer área a fim de gerar ideias novas não convencionais, inclusive na área de projeto técnico. Este pode ser rotulado como uma tempestade de pensamentos ou ideias, que ocorre através de um encontro com especialistas de áreas distintas objetivando a produção de novas ideias imparciais, oriundas de associações, recordações e combinações de pensamento. É recomendada a aplicação desse procedimento quando não houver um princípio de solução razoável, quando o processo físico de uma possível solução ainda não puder ser identificado, quando se tem a suspeita de não conseguir avançar com as sugestões conhecidas e se pretende um afastamento radical do convencional.

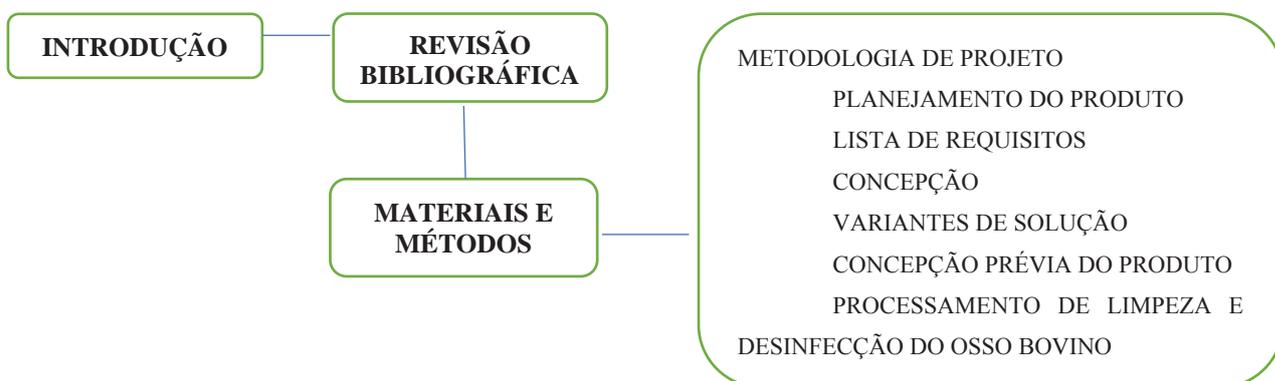
Por desencadear novos impulsos, ele desperta o interesse em novos desenvolvimentos. Outro efeito positivo gerado por esse processo intuitivo é o levantamento de novos estímulos sobre possíveis processos, aplicações, materiais, combinações, etc. Sua execução se dá através de uma organização em grupo com caráter multidisciplinar, numa sessão de curta duração através do levantamento de ideias que serão anotadas, de forma teórica e esquematizadas, de forma visual. A partir desse levantamento de ideias, os resultados são analisados com relação a propriedades geradoras de soluções e viabilidade com relação a uma possibilidade técnica. As propostas, por fim, são avaliadas com o intuito de obter critérios ordenadores para uma busca de soluções BAXTER (2011).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta o procedimento metodológico utilizado para o desenvolvimento do projeto e construção de equipamento para obtenção de pó de osso. Por ter como característica o desdobramento de etapas, racionalismo e retornos predeterminados, a metodologia proposta por Pahl et al. (2005) foi eleita para este fim. Dividida em quatro macrofases, das quais serão aplicadas as duas primeiras - Especificação do projeto e Projeto Conceitual e após são aplicadas as duas fases subsequentes Projeto e Construção – para o desenvolvimento do conceito. Serão utilizados também métodos complementares que facilitam as tomadas de decisões durante a fase projetual, como a aplicação da Metodologia de Seleção de Materiais proposta por Ashby (2012), além do emprego de um método com ênfase intuitiva, o “Braistorming”.

Dessa forma, a primeira parte deste estudo parte é dedicada à especificação do projeto através da coleta de informações que esclarecem a tarefa, iniciando com a linha mestra e resultando com a elaboração da lista de requisitos. Após o projeto conceitual; nele, a partir de requisitos de funcionamento, é definida a melhor concepção a ser adotada. Esta etapa inicia com a abstração para detectar a função global e as subfunções do dispositivo. A partir das subfunções primárias e secundárias determinadas, buscam-se princípios de funcionamento para cada subfunção, apresentada através da combinação desses princípios de funcionamento que, por sua vez, produzirão uma lista de soluções distintas de projeto, ou seja, variantes de concepção, encerrando esta fase com a avaliação quantitativa das soluções mais promissoras entre as variantes.

Figura 10 – Fluxograma de Materiais e Métodos



Fonte: Pahl et al. (2005).

Na Figura 10, apresenta-se também o método utilizado para o processamento do osso bovino, utilizando uma limpeza manual com fervura em água, desinfecção por imersão em peróxido de hidrogênio e posterior liofilização.

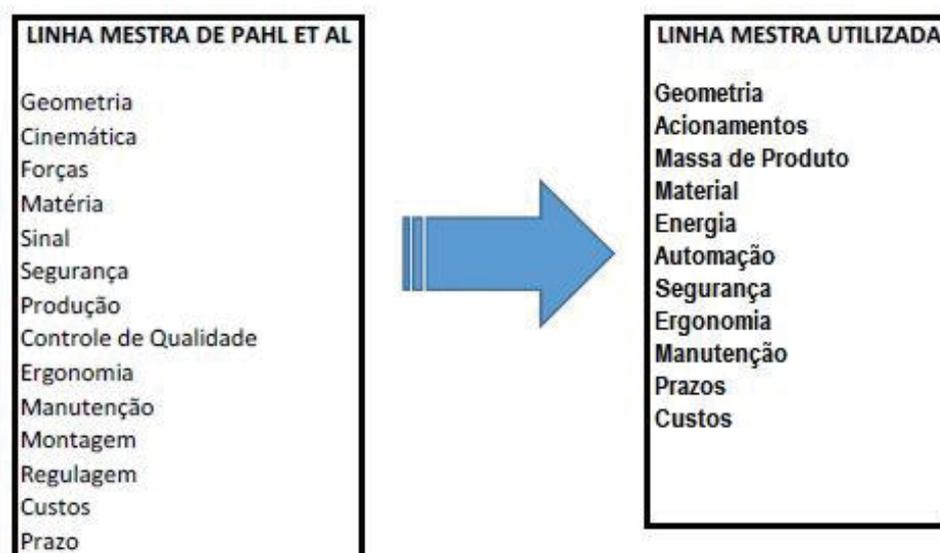
3.1 METODOLOGIA DE PROJETO

Para o desenvolvimento do conceito de uma máquina multifuncional que compreende um picador, moinho bolas e peneiramento de baixo custo, foram utilizadas as duas primeiras fases propostas por Pahl et al. (2005). Buscou-se com a utilização dessas fases a determinação do planejamento da tarefa a ser desenvolvida, a criação de uma lista de requisitos, as funções requeridas para o equipamento, o atendimento dessas funções e a criação de um conceito de produto que atende ao proposto.

3.2 PLANEJAMENTO DO PRODUTO

Como o equipamento para a obtenção do pó de osso será utilizado em laboratórios e ou pequenas instalações, suas dimensões devem ser pequenas. Para a determinação dessas medidas, da altura, largura e comprimento do equipamento, utilizou-se como base as máquinas utilizadas nos laboratórios da UPF. Além dessas características buscou-se acrescentar à lista de requisitos outras, que não são tão óbvias no começo do desenvolvimento de um novo produto, mas que podem ajudar o projetista a desenvolver um produto mais seguro, durável e de qualidade. Para isso utilizou-se uma adaptação da linha mestra retirando itens e colocando outros que são mais abrangentes, proposta por Pahl e Beitz (2005), Figura 11.

Figura 11 – Linha mestra adaptada



Fonte: O autor: Adaptado de Pahl et al. (2005).

3.2.1 LISTA DE REQUISITOS

Utilizando-se a linha mestra estabeleceu-se a lista de requisitos do produto, que está exposta no Figura 12. Os requisitos foram classificados em: E – Exigência, ou seja, o que deve ser cumprido; DA – Desejo alto, ou seja, não é uma obrigação, mas existe uma vontade muito grande que o requisito seja cumprido; e DB – Desejo baixo, ou seja não é uma obrigação, mas existe uma pequena vontade que seja cumprido.

Figura 12 - Lista de requisitos do produto

LINHA MESTRA	DB/DA/E	REQUISITOS
Geometria	E	Possuir medidas laterais máximas de 500 mm e altura máxima de 1200 mm
	DA	Possuir altura de até 500 mm
	DB	Medidas laterais de até 350 mm
Acionamentos	E	Automática a cada processo e o sistema não pode contaminar o produto
	DA	Acionamentos devem ser automatizada
	DA	Rotação em torno de 50 rpm
Massa de produto	E	Carga deve ser de no mínimo 2.000gr e a massa mínima deve ser de 500gr
	DA	A massa pode ser de até 4.000gr
	DA	A massa deve sair embalada a vácuo
Material	E	O material da estrutura deve possuir rigidez para suportar as cargas
	DA	O material da estrutura não requer manutenção
	DB	Utilizar esferas de 8mm e 15mm
	DA	O material da estrutura deve ser de baixo custo
Energia	E	O equipamento deve ser monofásico
	E	O equipamento deve ser bivolt 110/220V
Automação	DA	Retorno automático caso não atinja o requisito de medida mínima.
	DB	Desligamento automático após o processamento
Segurança	E	O equipamento deve atender requisitos da NR12
Ergonomia	DA	Os acionamentos devem estar em posições com boa ergonomia
Manutenção	DA	O intervalo de manutenção preventiva deve ser maior que 6 meses
Prazos	E	O projeto detalhado deve estar pronto até julho de 2020
Custos	DA	O custo máximo do equipamento deve ser de R\$ 5.000,00

Fonte: O autor: Adaptado de Pahl et al. (2005).

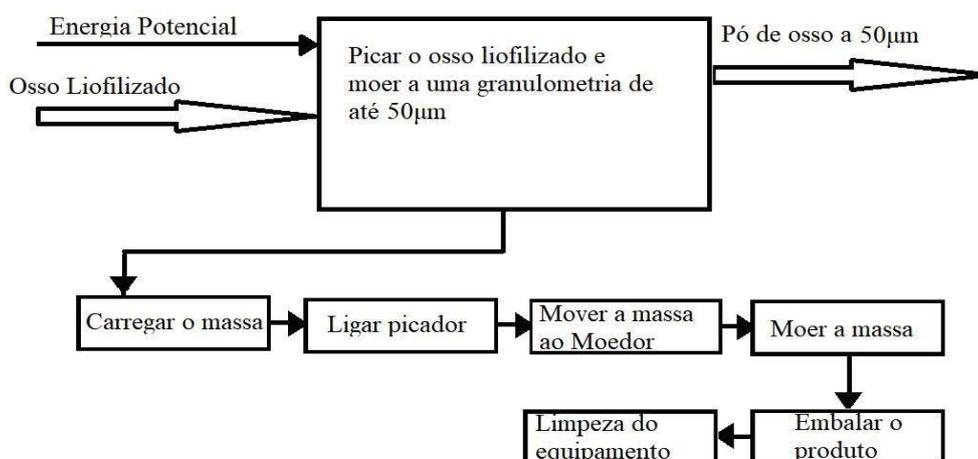
No quesito geometria procurou-se fazer o mais compacta possível a máquina para serem utilizadas em laboratórios, a massa de produto levou-se em conta a quantidade necessária para se produzir pó de no mínimo 500 gramas, o retorno de produto que não atingiu os objetivos de picar e moer, deve retornar ao processo anterior.

Dentro da análise da lista de requisitos, se faz necessário uma busca por custos do equipamento, mas ficam boas alternativas que podem ser utilizadas em concepção de produtos futuros e ou então uma nova geração do próprio equipamento. Baseado nisto o quesito acionamentos e automação podem não ser atendidos, mas com a evolução das tecnologias, futuramente espera-se que sejam adicionados com custos pequenos.

3.4 CONCEPÇÃO

Após a lista de requisitos estar definida passou-se para a segunda fase da metodologia de Pahl et al. (2005), estabelecendo a concepção do produto. Utilizando-se da lista de requisitos e a ferramenta de abstração do projeto, esta consiste em olhar para a o projeto se abstendo de uma provável preconcepção de produto, sendo que esta é uma ferramenta proposta pelos autores, se definiu a função global que já é clara e objetiva no que o produto deve cumprir, o fluxograma da Figura 13. Apresenta as entradas, saídas e a função global encontrada, assim como as subfunções necessárias para o atendimento da função principal.

Figura 13 – Função Global do Produto e Subfunções



Fonte: O autor: Adaptado de Pahl et al. (2005).

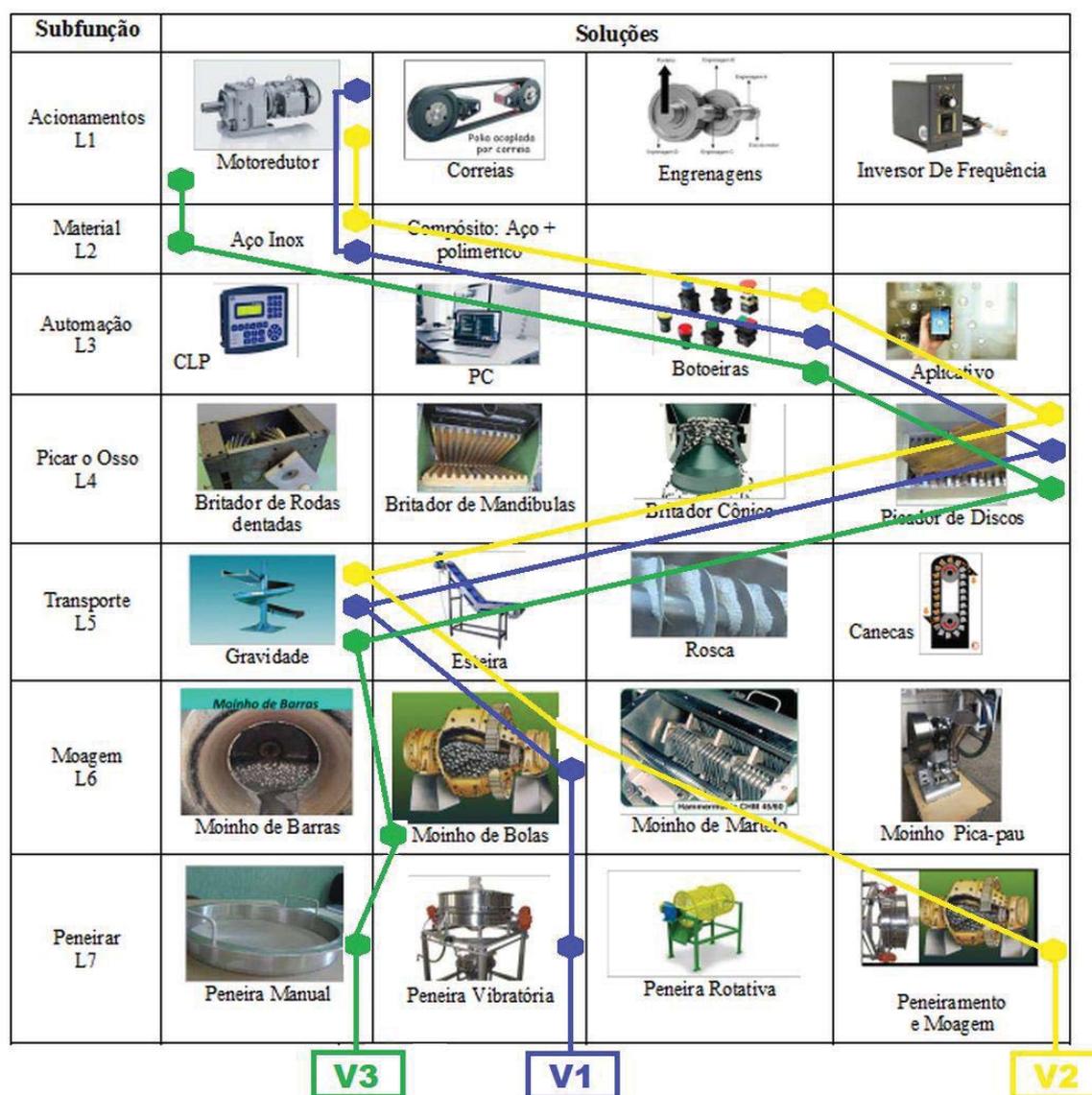
A estrutura de funções foi elaborada através da função principal do produto final que é gerar o pó de osso e das dificuldades encontradas pelos pesquisadores que compõem o Laboratório de Bioengenharia, Biomecânica e Biomateriais da UPF, salienta-se a dificuldade de passar de um processo a outro, neste sentido propõe-se a passagem de um processo a outro sem manuseio, tendo como matéria prima de entrada na máquina multifuncional de picar e moer o osso liofilizado e obter um pó com granulometria de 50µm.

3.4.1 VARIANTES DE SOLUÇÃO

Através das subfunções determinadas, se criou a matriz morfológica de solução, onde foram encontradas soluções para cada subfunção requerida para o atendimento da função global proposta anteriormente. Se desenvolve a matriz morfológica com objetivo de determinar possibilidades de solução para cada subfunção definida na estrutura funcional do equipamento, nesta se procura tipos de materiais ou equipamentos disponíveis no mercado, não levando em conta na matriz a dificuldade e ou preço destes produtos, sendo que em outro momento pode-se ter estes materiais com valores inferiores ao momento atual, após as soluções serem analisadas se faz a variante de solução. A matriz morfológica pode ser vista na Figura 14.

Com base na análise nas soluções de cada subfunção, considerando o atendimento a lista de requisitos, a agilidade na produção, custo, facilidade de operação, passou-se a avaliação das soluções encontradas com atenção a conformidade, segurança referente a lista de requisitos, e levando em consideração requisitos ambientais, sua manufatura simples e com baixo custo, sendo que o baixo custo foi a principal análise para análise de solução, somente houve variantes referente a moer e peneira no mesmo processo que ficou mais caro de produzir, e descartou-se o peneiramento manual devido a possibilidade de gerar contaminação.

Figura 14 – Matriz morfológica



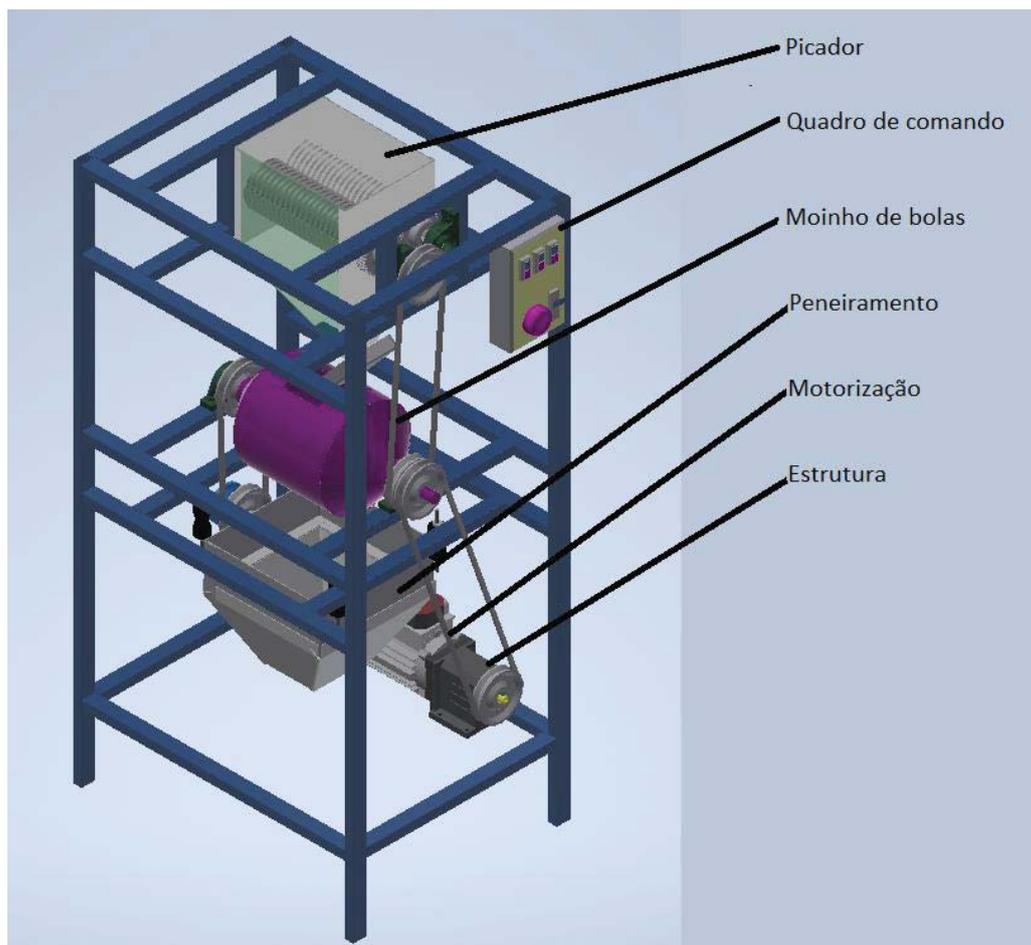
Fonte: O autor.

3.4.2 CONCEPÇÃO PRÉVIA DO PRODUTO

Com a Avaliação das soluções, chegou-se à concepção prévia do produto sendo possível prover o protótipo virtual em 3D, com auxílio de desenho assistido por computador, Figura 15. Como auxílio deste trabalho utilizou-se a metodologia de Desenvolvimento de produto para buscar um conceito de equipamento adequado às necessidades do Laboratório de Bioengenharia, Biomecânica e Biomateriais de nossa universidade. Através da metodologia e ferramentas adotadas pode-se fazer uma proposta

conceitual do equipamento que seria utilizado no projeto detalhado, sendo uma estrutura com dimensões que atenderam a lista de requisitos, quadro de comando de fácil acesso, picador como primeiro estágio de produção, com afunilamento do produto para descarga via gravidade no moinho de bolas, moinho de bolas também por gravidade faz-se a descarga do produto no peneiramento, quanto a motorização ficou abaixo de todos os itens pois produz o movimento a toda a máquina.

Figura 15 – Concepção da variante



Fonte: O autor.

O conceito de produto apresentado se mostrou adequado às necessidades de requisitos para a produção do pó de osso, uma vez que o equipamento possui pequeno porte e pode ser transportado com relativa facilidade.

Após a análise das Variantes no Tabela 3, as variantes V1, V2 e V3, foram descartadas as variantes V2 devido ao custo de produzir moinho e peneiramento no mesmo processo e V3 devido ao peneiramento manual que pode ser possível a

contaminação do produto, ficando assim, como melhor opção para o projeto e desenvolvimento do produto a variante V1.

Tabela 3 - Avaliação das soluções

Lista de Seleção das Variantes de Solução						
(+) Prosseguir com a solução						
(-) Descartar solução						
(?) Buscar informações						
Há conformidade com a lista de requisitos?	Atende a requisitos de segurança?					Decisão
	Pode haver contaminação do Produto?			Pode ser projetado e fabricado de forma simples?		
	Pode ser fabricado com baixo custo?					
	1	2	3	4	5	
V1	+	+	+	+	+	+
V2	+	+	+	-	-	-
V3	+	+	-	+	+	-

Fonte: O autor

A variante V2, foi descartada por não atender ao requisito de fabricação de forma simplificada e também devido ao custo de executar peneiramento e moagem juntos, pois, as peneiras poderiam ser danificadas pelo impacto das esferas do moinho e tornar-se-ia um produto com manutenção elevada.

A variante V3, por utilizar o peneiramento manual, apesar de ser de baixo custo não atende o requisito de pouco manuseio do produto, pois o produto na fase de peneiramento manual haveria de dois a três manuseios, o primeiro a colocação do pó na peneira, por segundo peneirar sobre um recipiente e por último a embalagem. Como melhor opção para o projeto e desenvolvimento do produto resultou a variante V1, esta atende a lista de requisitos com forma simplificada de produção, baixo custo e só haverá manuseio do produto no início, transposição e na embalagem do mesmo, assim, reduz-se ao máximo a possibilidade de contaminação do pó de osso gerado.

Esta máquina multifuncional vista na Figura 15 pode ser utilizada para outras finalidades além de produzir pó de osso, pois, pode moer e picar outros compostos orgânicos para finalidade de produção de farelo de trigo, soja, milho ou outro cereal para ser vendido, por exemplo, em Casas de produtos orgânicos.

3.5 PROCESSAMENTO DE LIMPEZA E DESINFECÇÃO DO OSSO BOVINO

Para a preparação do osso bovino, utilizou-se o fêmur do animal, obtido em um frigorífico da região. O material foi previamente limpo em relação aos tecidos moles.

Então, era cortado em pedaços na forma de tiras, conforme Figura 16. Após, era fervido em água a 100 °C por 10 minutos. O processo foi repetido por cinco vezes. Para os testes, foi utilizado aproximadamente 3kg de material para a posterior validação do processo na máquina multifuncional.

Figura 16 – Processo de Desinfecção do Osso



Fonte: Autor, 2021.

Figura 17 – Osso Desinfectado e Liofilizado



Fonte: Autor, 2021.

Após este processo, seguindo o protocolo de GALIA (2008), usou-se o processo de desinfecção do osso bovino com uma solução de peróxido de hidrogênio em solução de 30%. O processo ocorreu por 24 horas em imersão do osso já cortado e limpo. A Figura 10 apresenta o início do processo e o produto no final das 24 horas.

O processo Liofilização foi realizado no IFRS Campus Ibirubá em uma Liofilizador do tipo De Mesa 0.7 1.2L C/BOMBA Y ACS, 220V da marca Scientz. Após quatro dias deste processo, o mesmo foi embalado em sacos com aproximadamente 500g cada, conforme a Figura 17.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos após a realização da metodologia de projeto, concepção de produto, projeto virtual e fabricação. O desenvolvimento da concepção de equipamentos seguindo as fases de uma metodologia teve como objetivo principal criar uma concepção que sirva como uma base sólida para o restante do desenvolvimento do produto pelo engenheiro do projeto.

O Projeto com auxílio da aplicação de uma metodologia como ferramenta contribui de maneira objetiva no desenvolvimento mais seguro e concreto do projeto, existe um melhor controle de todas as fases do projeto, sabendo-se o que deve ser entregue ao cliente, quais os requisitos exigidos e quais os desejos que devem ser atingidos. O histórico das informações geradas na utilização de métodos é outro ponto que apresenta grande vantagem para projetos posteriores.

Com a revisão referente ao processo de utilização do osso e como deve ser sua granulometria, pode-se fundamentar melhor as concepções de geometria da máquina, bem como propor a melhor e mais barata construção de dispositivos para a transposição de material após cada processo.

4.1 PROTOTIPAGEM VIRTUAL E CONSTRUÇÃO

Trata-se de uma máquina multifuncional, que contenha o picador o moedor e o sistema de peneiramento acoplados, sendo que o pó de osso passe de um processo ao outro sem o manuseio.

O desenvolvimento da concepção de equipamentos seguindo as fases de uma metodologia, nesse caso as duas primeiras fases propostas pela metodologia de desenvolvimento de produto de Pahl et al. (2005), teve como objetivo principal criar uma concepção que sirva como uma base sólida para o restante do desenvolvimento do produto pelo Engenheiro do projeto.

Além desse desenvolvimento mais seguro e concreto, com a aplicação de uma metodologia, existe um melhor controle de todas as fases do projeto, sabendo-se o que deve ser entregue, quais os requisitos exigidos e quais os desejos do projeto e produto. O histórico das informações geradas na utilização deste método e processo, é um ponto que apresentou grande vantagem para projeto e construção do protótipo.

A fabricação deu-se de maneira segura e objetiva, com poucas adequações no decorrer da confecção de peças e na montagem da máquina, apenas foram necessários ajustes finos e uma pequena readequação de projeto visando a montagem e desmontagem do produto para melhorar a manutenção e trabalhos futuros.

4.1.1 Protótipo

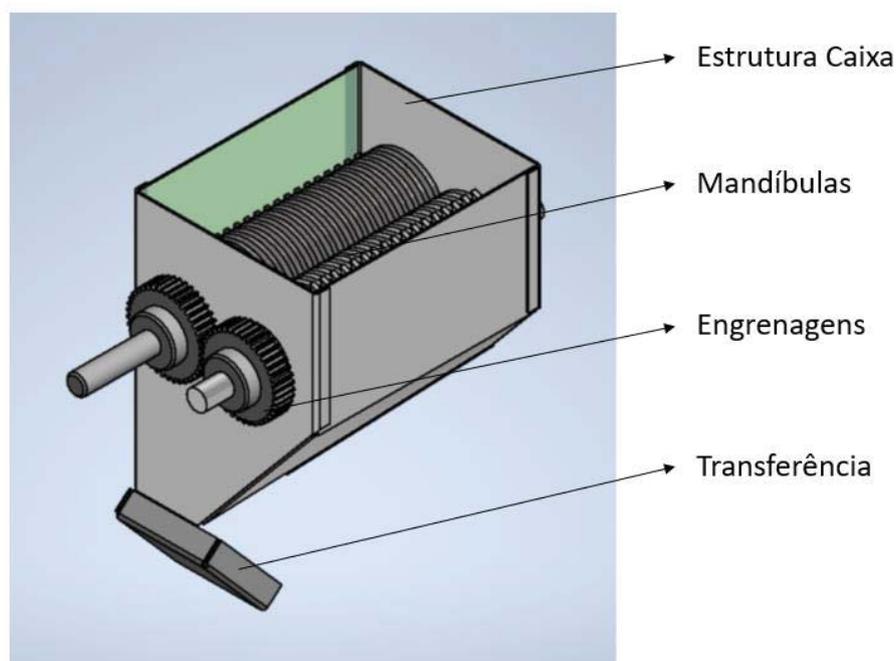
No mercado já existem picadores e moedores que tem finalidade de produzir grãos ou picar resíduos diversos, porém não tem a máquina que faça este processo de picar moer e peneirar com um processo adequado sem manuseio ou deposição de material. A granulometria necessária para o uso em impressão 3D do pó deve ser de 50 μm . Para tanto propõem-se uma Máquina multifuncional como Modelo de Utilidade. A máquina é de aço inox nas partes onde contenha contato com o produto, para que não haja contaminação e com o mínimo possível de deposição de material, torna-se necessária a limpeza da máquina após um tempo sem manuseio.

O modelo proposto é compacto pois será para o uso em laboratórios de Universidades ou hospitais, tem como característica principal o pouco manuseio do produto, pois, ao sair do picador por gravidade se insere o produto no moedor do tipo bolas, em seguida passa-se o produto por gravidade para a peneira vibratória e ao finalizar o peneiramento obtém-se o produto com a granulometria de 50 μm . Existem moedores e picadores que podem satisfazer esta granulometria, porém, ao usar o picador deve-se limpar e descontaminar o picador, pois ao passar o produto do picador para o moinho este se deve fazer de uma maneira adequada. Nem sempre se consegue não manusear o produto. Nos moinhos existentes no mercado também se observa a dificuldade de limpeza e descontaminação do moinho para posteriormente fazer a moagem deste produto, bem como a retirada do produto do moinho para a fase de peneiramento tem-se muito manuseio do produto.

4.1.2 Picador

O picador foi projetado como sendo do tipo mandíbula, pois pode ser fabricado via corte em laser, já que este processo hoje tornou-se um dos mais baratos para confecção de peças especiais. O material definido para as mandíbulas foi o aço Inox do tipo Martensítico AISI 304, pois este tem grande suporte ao desgaste e tem resistência superior a 400 MPa para suportar a carga de quebra do osso. A chapa de aço escolhida para este corte foi a de 4mm de espessura, sendo que se pode utilizar duas mandíbulas lado a lado e ter um corte de 8mm, para que os fragmentos tenham no máximo 8 x 8 mm, assim facilitando o processo de moagem propiciando a este processo maior rapidez. (Figura 18)

Figura 18 – Protótipo virtual Picador



Fonte: O autor.

O picador será acionado via dois eixos de aço SAE 1045 sextavados. A estes foram acopladas engrenagens de dentes retos com 40 dentes de módulo 2. Estas transmitiram rotação opostas para cada eixo, forçando assim a fragmentação do osso. Um dos eixos está ligado a uma polia que recebe o acionamento do moto redutor. Após o material ser fragmentado pelas mandíbulas, os fragmentos por gravidade se depositam no moinho.

O picador de osso do tipo mandíbulas foi fabricado em aço inox 304 (caixa estrutural, mordentes e espaçadores). Os mancais, eixos e engrenagens e polias não possuem contato com o produto a ser picado. O funcionamento do dispositivo se mostrou confiável e produziu o osso picado com boas características para posteriormente passar ao processo de moagem.

Para o picador utilizou-se 2 mandíbulas de 4mm lado a lado e 5 espaçadores de 2mm para separar o próximo conjunto de mandíbulas até o preenchimento do eixo sextavado, acionado por engrenagens de dentes retos também em aço SAE1045. O eixo condutor é acionado via coreia do tipo V com polia de diâmetro de 120mm, conforme representado na Figura 19.

Figura 19 – Processo de Acionamento dos eixos



Fonte: Autor, 2021.

Apresenta-se na Figura 20 uma imagem quadro a quadro do processo de picar. No processo de picar, o método que melhor apresentou resultado foi o de colocar na horizontal cada pedaço de osso cortado. Com um número maior de filetes de osso, ao

quebrar um filete este acaba por mover os outros pedaços e o processo se torna mais demorado devido ao turbilhonamento desses.

Figura 20 – Processo de Picar Quadro a Quadro



Fonte: Autor, 2021.

Além disso, também ocorre de pedaços maiores virem a passar por entre as mandíbulas e não serem picados, tendo que ser repassado parte do material na máquina, o que não é interessante devido ao manuseio do material o que se pretende evitar ao máximo.

Figura 21 – Descarga do osso picado no moinho



Fonte: Autor, 2021.

Na Figura 21 apresenta-se a descarga do osso já picado, sendo despejado no moinho de bolas por gravidade.

4.1.3 Moinho de bolas

No moinho, a porta de entrada fecha-se após receber o material ósseo. Dentro desse, com o auxílio de esferas de aço inox com no mínimo dois diâmetros diferentes, 12mm e 20mm. Este processo pode também ser chamado de batelada, pois a moagem se dá por meio de rotação controlada as esferas se chocam com os fragmentos de ossos e também se atritam, proporcionando a diminuição seu tamanho até chegar a granulometria desejada de 50 μm . Este processo ocorre em torno de 90 minutos. Todas as esferas são fabricadas em aço de Aço Inox 304 para garantir a não contaminação durante o processo, Figura 22.

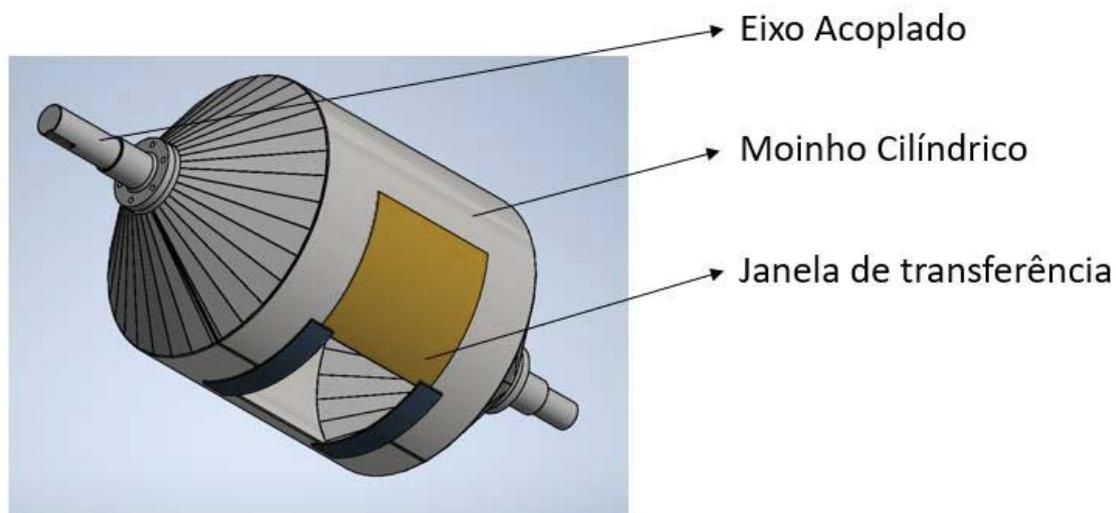
Figura 22 – Esferas de Inox 304



Fonte: Autor, 2021.

O moinho é acionado via um eixo acoplado que fica no centro do moinho, que por sua vez é acionado por meio de uma polia que está ligada ao moto redutor. O moinho tem sua característica construtiva do tipo cilíndrica com as extremidades cônicas para diminuir a deposição de pó de osso no seu interior, torna-se necessário a limpeza após um período sem uso por haver pequena deposição de material. Figura 23.

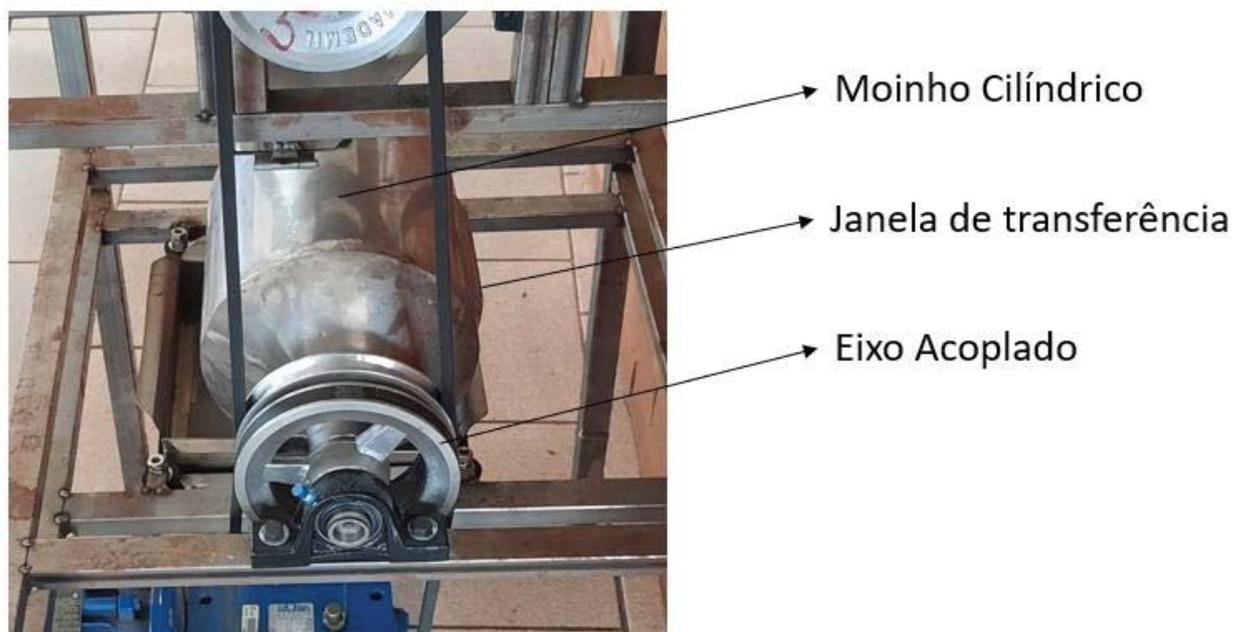
Figura 23 – Protótipo virtual Moinho de Bolas



Fonte: Autor, 2021.

Este moinho também é fabricado em aço inox devido a este ser um material que é biocompatível ao pó de osso, Figura 24. Após o processo de moagem, coloca-se o moinho na posição em que a porta fique na descendência para que o pó possa ir para a peneira por gravidade.

Figura 24 – Moinho de Bolas Construído



Fonte: Autor, 2021.

Nos testes e procedimentos adotados para encontrar a melhor maneira de produzir o pó de osso, com o menor tempo possível, observa-se a Tabela 4. Salientamos que o processo que apresentou o resultado mais satisfatório foi o de 50 esferas de diâmetro de 8mm, 100 de 9mm, 100 de 11mm e 100 de 20mm, sendo utilizado a quantidade de 500g de osso.

Tabela 4 – Testes com diferentes quantidades de esferas

Quantidade de Esferas				Osso Picado	Tempo para moer
Ø8mm	Ø9mm	Ø11mm	Ø20mm	Kg	min
50		50	50	0,5	180
50		50	100	0,5	132
0	50	100	100	0,5	120
0	100	100	150	0,5	90
50	100	100	100	0,5	72

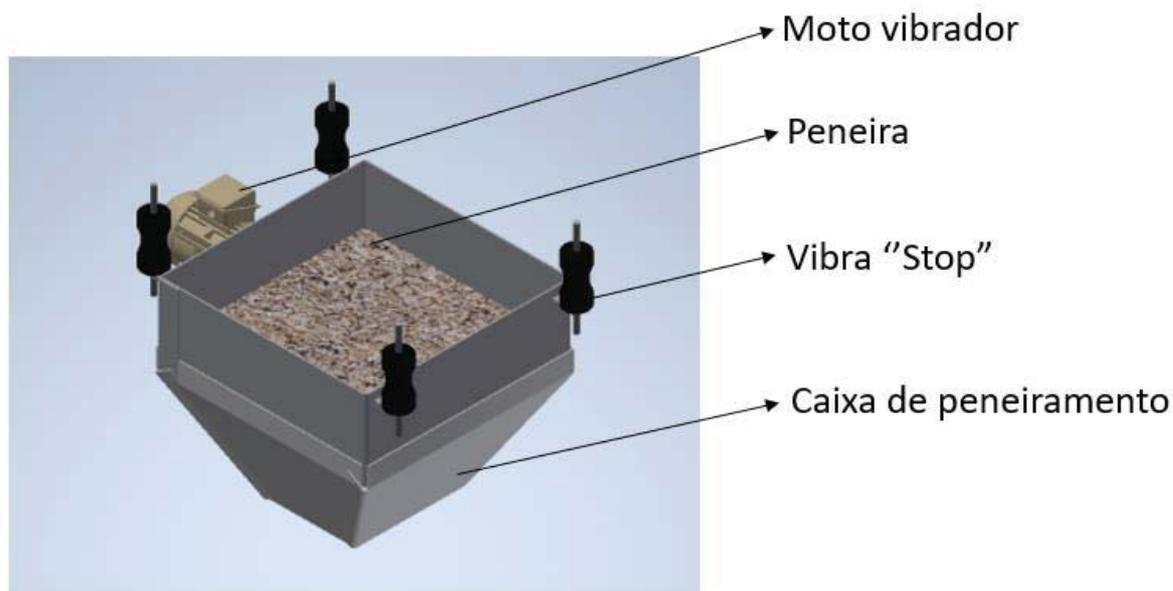
Fonte: Autor, 2021.

4.1.4 Peneira Vibratória

No sistema de peneiramento, com formato de quadrado e afunilado na saída para que haja o mínimo de deposição de material, existem peneiras com malhas de 300 a 350 furos por polegada quadrada para que o pó que passe por esta seja de no máximo 50 µm, Figura 19, assim garantido a granulometria desejada para o processo. O sistema de peneiramento se dá por acionamento de polia também ligada ao moto redutor, sendo que a esta polia existirá outra acoplada ao eixo com sistema de peso desbalanceado para fazer o movimento da peneira. Este conjunto estará ligado a estrutura da máquina por quatro amortecedores do tipo Coxim Vibra Stop, produzido com borrachas que são de uso comum para atenuar vibrações em automóveis. Todo o conjunto de peneira e mais a carcaça deve ser também de aço inox devido a este ser biocompatível e após o peneiramento completo, pode-se utilizar o mesmo para a impressão 3D, Figura 25.

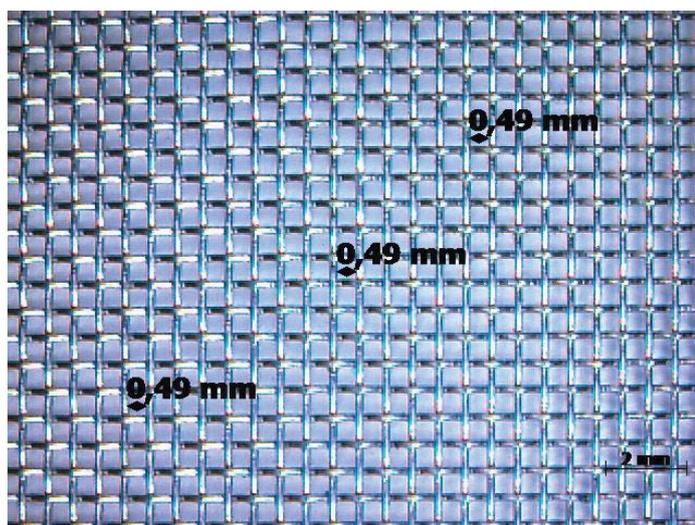
Após a descarga do produto sobre as peneiras, este, com o auxílio de uma caixa de peneira extra de aço inox 304, com malha de 6x6mm, observou-se a separação das esferas do pó. Ao se colocar as esferas direto na peneira de 50 µm haveria o risco de danificá-la devido ao peso das esferas, mesmo está sendo de Aço Inox 304.

Figura 25 – Protótipo virtual Peneiramento



Fonte: O autor.

Para a validação da granulometria desejada que é de no mínimo $50\mu\text{m}$, foi realizada a macroscopia no estereomicroscópio com ampliação de 50X. Assim, foi medido o distanciamento da malha da peneira comprovando que a mesma tem $0,49\text{mm}$ de distanciamento entre os arames, conforme Figura 26.

Figura 26 – Peneira de $50\mu\text{m}$ de Inox 304

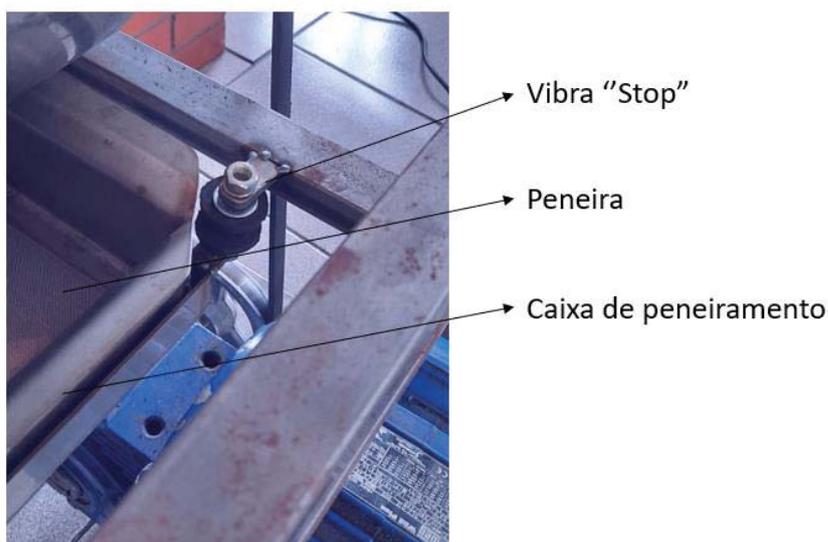
Fonte: Autor, 2021.

O sistema de peneiramento foi projetado e construído com um sistema de fixação por coxins do tipo vibra “stop” que tem a finalidade de permitir movimento de vibração para a caixa de peneira e absorver a vibração para o restante da máquina. O processo de

peneiramento levou cerca de 10min para finalizar, sendo este movimento feito por meio de polia desbalanceada.

No decorrer da construção optou-se por modificar o projeto preliminar da peneira, assim conforme observado na Figura 27, a peneira que era presa no conjunto foi retirada e foi fabricado uma caixa de peneira que acopla na estrutura de peneiramento, facilitando assim a limpeza da peneira e também a realocação das esferas e do osso que não atingiu a granulometria desejada de volta ao compartimento do moinho.

Figura 27 – Detalhe peneira e coxim



Fonte: Autor, 2021.

Ao finalizar o processo após picar, moer e peneirar o osso, observou-se que o projeto e construção da máquina multifuncional atendeu os objetivos deste trabalho no que se refere a obtenção de pó de osso. Houve uma parte residual de osso que não foi coletada por que ficou retida no peneiramento, e pequenas partículas de pó que ficaram nas paredes do moedor e nas esferas, sendo este residual desconsiderado neste trabalho. A Figura 28 apresenta-se o pó de osso já peneirado pronto para ser embalado. Obteve-se, portanto, o pó de osso, que é o objetivo principal da pesquisa. Entretanto, como foram produzidas várias amostras de pó em períodos diferentes, observamos que a coloração do pó foi escurecendo com o passar do tempo. A máquina não era limpa entre os diferentes processos de preparação do pó de osso. Devido ao constante processamento de pó e configurações da máquina, o material provavelmente ficou contaminado por partículas de

metal, pois há o contato desse com o osso na forma de paredes, peneira, moedor, bolas, etc. Salienta-se, entretanto, que tanto o osso como o aço inox são biomateriais.

Figura 28 – Pó de osso obtido no processo



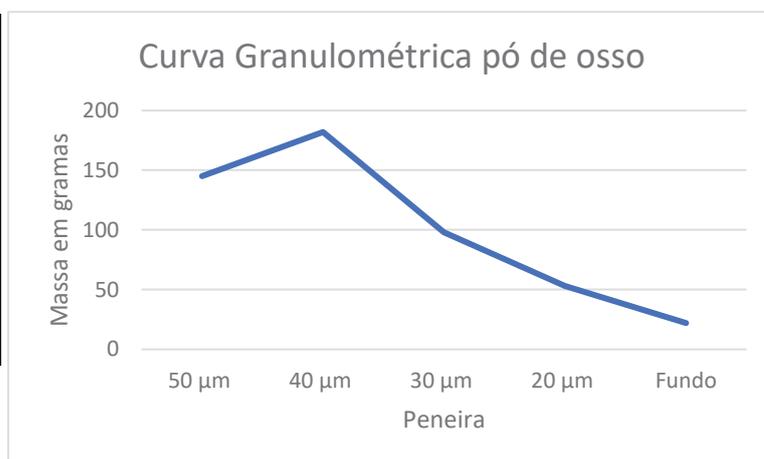
Fonte: Autor, 2021.

4.1.5 Curva Granulométrica

Com o pó gerado pela máquina foi analisado sua granulometria com auxílio de peneiras de 50, 40, 30 e 20 μ m e com este processo foi gerado a curva granulométrica do produto gerado mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Custos do Equipamento

Curva granulométrica	
Peneira	Massa em gramas
50 μ m	145
40 μ m	182
30 μ m	98
20 μ m	53
Fundo	22
	500



Fonte: Autor, 2021.

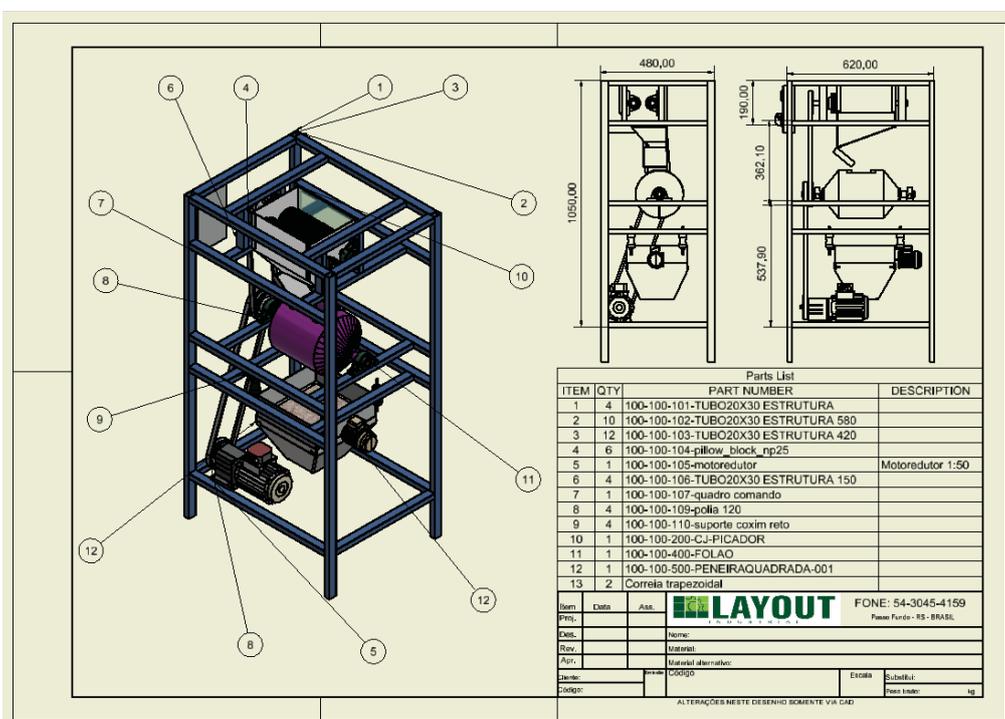
4.1.6 Descrição da estrutura e quadro de comando

O desenvolvimento da concepção de equipamentos gerou uma concepção sólida para o desenvolvimento do produto, esse desenvolvimento mais seguro e concreto,

permitiu um melhor controle de todas as fases do projeto, entregando um produto com os requisitos exigidos e os desejos do projeto e produto satisfatoriamente alcançados. O histórico das informações geradas na utilização deste método e processo, é um ponto que apresentou grande vantagem para projeto e construção do protótipo. A fabricação deu-se com poucas adequações, foram necessários ajustes finos na montagem e uma pequena readequação de projeto visando a montagem e desmontagem das mandíbulas e eixos para melhorar a manutenção e trabalhos futuros.

Toda a estrutura dos suportes para o sistema é em aço tubular e para não haver contato do operador com as partes móveis, existe uma proteção com acrílico ou material do tipo alumínio composto, além de portas de acesso para o arranjo de cada processo.

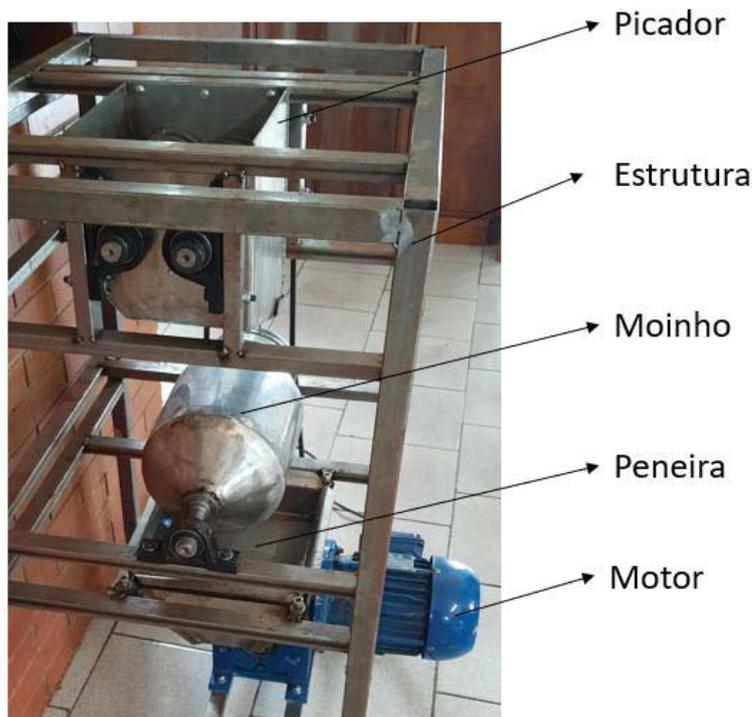
Figura 29 – Protótipo virtual Estrutura e Comando



Fonte: Autor, 2020.

Todo o sistema será acionado por um quadro de comando, sendo que para cada compartimento de abertura para o casulo da máquina terá um sensor de abertura e fechamento que ao ser aberto ou estar aberto automaticamente a máquina se desligará por falta de energia. Assim, haverá uma maior segurança, evitando danos aos operadores tanto no funcionamento como na manutenção ou limpeza da máquina, Figura 29 e Figura 30. No quadro de comando haverá um sistema de sobrecarga de tenção e botoeira de emergência.

Figura 30 – Protótipo Construído visão Geral



Fonte: Autor, 2020.

4.2 CUSTOS DO EQUIPAMENTO E PREÇO ESTIMADO PARA REVENDA

Como descrito desde o início, propôs-se projetar e produzir a máquina como o menor custo possível para a obtenção de pó de osso, sendo que na Tabela 6, detalha-se o custo para a produção da máquina. Nesta tabela estão todos os custos para a produção do protótipo, desde itens comprados no mercado e seus respectivos fretes, até itens fabricados pelo próprio autor nos Laboratórios do IFRS Campus Ibirubá. Na tabela consta o custo de engenharia e testes para a validação da máquina, salientados em vermelho. Porém, este valor pode ser diluído para a construção de máquinas em larga escala.

Ainda referente ao custo de produção da Máquina multifuncional, observa-se que para a produção em larga escala, diluindo o custo do Projeto de Engenharia, a máquina multifuncional atingiu o objetivo de ter produzido osso. Entretanto, o custo não é tão baixo. Deve-se propor trabalhos futuros para reduzir custos e melhorar seu desempenho.

No final da tabela calculou-se o custo estimado para produção de 20 máquinas, diluindo o valor de projeto entre elas, onde se apurou o valor de aproximadamente \$12.500,00 dólares ou em torno de R\$60.000,00 na atual situação econômica em fevereiro de 2021.

Tabela 6 – Custos do Equipamento

Item Comprados e ou fabricados	quantidade	Valor	frete	total
100-100-501-Amortecedor VibraStop Coxim I - 1/4 x 70kg [617201 - D10]	4	R\$14,80	R\$10,00	R\$69,20
100-100-104-pillow_block_np25 mancal 25mm	6	R\$30,00	R\$10,00	R\$190,00
100-100-1XX-Ucp204 Nobre Kit 6 Mancais + Rolamentos Para Eixo 20mm	6	R\$30,00		R\$180,00
100-100-105-motoredutor	1	R\$2.320,00	R\$100,00	R\$2.420,00
100-100-107-quadro comando	1	R\$1.160,00	R\$20,00	R\$1.180,00
100-100-108-polia 200mm	3	R\$60,00		R\$180,00
100-100-109-polia 120mm	4	R\$34,00		R\$136,00
100-100-1XX-Correia Industrial Em V Perfil A	3	R\$45,00		R\$135,00
100-100-209-Engrenagem M2 Z40 reto	2	R\$57,00	R\$25,00	R\$139,00
100-XXX-XXXTela ABNT/ASTM malha de 50 µm (500 Mesh).	1	R\$210,00	R\$45,00	R\$255,00
100-XXX-XXXTela ABNT/ASTM malha de 6mm	1	R\$100,00		R\$100,00
Correia a43	1	R\$32,00	R\$20,00	R\$52,00
Correia a34	1	R\$27,00		R\$27,00
Correia a51	1	R\$44,00		R\$44,00
Acrilico 1,2mm	2	R\$105,00	R\$25,00	R\$235,00
Acrilico 1,2mm	1	R\$105,00		R\$105,00
Acrilico 1,2mm	1	R\$66,00		R\$66,00
Acrilico 1,2mm	1	R\$190,00		R\$190,00
Acrilico 1,2mm	1	R\$73,00		R\$73,00
Acrilico 1,2mm	1	R\$68,00		R\$68,00
Vidro temperado	1	R\$150,00		R\$150,00
Esferas Ø12mm	100	R\$1,50	R\$20,00	R\$170,00
Esferas Ø20mm	100	R\$2,50		R\$250,00
100-100-101-TUBO20X30 ESTRUTURA 4x 1200mm	1	R\$45,00	R\$50,00	R\$95,00
100-100-102-TUBO20X30 ESTRUTURA 580 x 10	1	R\$45,00		R\$45,00
100-100-103-TUBO20X30 ESTRUTURA 420 x 12	1	R\$45,00		R\$45,00
100-100-106-TUBO20X30 ESTRUTURA 150 x 4	0,1	R\$45,00		R\$4,50
100-100-203-CHAPA inox 304 1,2mm ESQ 223x300 = 0,07	1	R\$ 66,90	R\$25,00	R\$91,90
100-100-207-CHAPA4 inox 304 1,2mm 259*146 = 0,04	1	R\$ 37,81		R\$37,81
100-100-206-CHAPA3 inox 304 1,2mm 292*213 = 0,07	1	R\$ 62,20		R\$62,20
100-100-205-CHAPA1 inox 304 1,2mm 288*302 = 0,09	1	R\$ 86,98		R\$86,98
100-100-208-TRANSIÇÃO TESTE inox 304 1,2mm 152*137 = 0,03	1	R\$ 28,27		R\$28,27
100-100-202-CHAPA2 inox 304 1,2mm 288*137 = 0,04	1	R\$ 39,46		R\$39,46
100-100-201-CHAPADIR inox 304 1,2mm 223*197 = 0,05	1	R\$ 43,93		R\$43,93
100-100-401-chapacalfolao inox 304 1,2mm 190*630 = 0,12	1	R\$ 215,46		R\$215,46
100-100-402-conefolao inox 304 1,2mm	2	R\$ 118,89		R\$237,78
100-100-404-chapafechafol inox 304 1,2mm	1	R\$ 18,90		R\$18,90

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 6 – Custos do Equipamento (continuação)

Item Comprados e ou fabricados	quantidade	Valor	frete	total
100-100-402-conefolao inox 304 1,2mm	2	R\$ 118,89		R\$237,78
100-100-404-chapafechafol inox 304 1,2mm	1	R\$ 18,90		R\$18,90
100-100-303-espaçador fino inox 304 2mmm	72	5,4375		R\$391,50
100-100-301-espaçador inox 304 6mm	36	11,5		R\$414,00
100-100-504-conepeneira inox 304 1,2mm 327*327 = 0,11	2	128,3148		R\$256,63
100-100-505-chapapeneira inox 304 1,2mm 882*70 = 0,06	1	74,088		R\$74,09
100-100-506-tubodescpeneira inox 304 1,2mm 252*80 = 0,02	1	24,192		R\$24,19
100-100-507-conepeneiraentrada inox 304 1,2mm 300*150 = 0,05	1	54		R\$54,00
100-100-110-suporte coxim reto inox 304 6mm 30*15 = 0,0009	2	R\$ 0,90		R\$1,80
100-100-502-suporte coxim curvo inox 304 6mm 30*15 = 0,0009	2	R\$ 0,90		R\$1,80
100-100-403-basefolao inox 304 6mm 30*15 = 0,0009	2	R\$ 5,00		R\$10,00
100-100-110-suporte coxim reto inox 304 6mm 30*15 = 0,0009	4	R\$ 0,90		R\$3,60
100-100-502-suporte coxim curvo inox 304 6mm 30*15 = 0,0009	4	R\$ 0,90		R\$3,60
100-100-210-Mordente inox 304 8mm 93*93 = 0,009	36	R\$ 26,07		R\$938,40
100-100-405-eixofolao	1	R\$ 174,67	R\$35,00	R\$209,67
100-100-406-eixofolaocond	1	R\$ 209,60		R\$209,60
100-100-508-eixopeneira	1	R\$ 251,52		R\$251,52
100-100-204-EIXO1	1	R\$ 264,00	R\$ 30,00	R\$294,00
100-100-302-eixo2	1	R\$ 316,80		R\$316,80
Mão de Obra Usinagens em horas	20	R\$ 150,00		R\$3.000,00
Mão de Obra soldagem e Acabamento Inox	12	R\$ 150,00		R\$1.800,00
Mão de Obra soldagem e Acabamento Estrutura	8	R\$ 70,00		R\$560,00
Pintura a Pó estrutura	1	R\$ 150,00		R\$150,00
Montagem final mais acabamentos e Forrações	10	R\$ 70,00		R\$700,00
Agitador magnético de peneiras	1	R\$ 1.150,00		R\$1.150,00
Mão de Obra Engenharia	300	R\$ 100,00		R\$30.000,00
Custos Fixos				R\$48.281,58
Custo aproximado para revenda em dolar ==> \$12.500,00		Custo Revenda		100,00%
Custos impostos				17,00%
Preço sugerido em máquinas do				R\$
tipo protótipo				TOTAL 104.771,02

Os requisitos estabelecidos com a utilização deste método de projeto, como o modelo de projeto proposto, influenciaram no desenvolvimento da concepção, projeto e construção da máquina de picar, moer e peneirar osso bovino para impressão 3D. Com base na análise nas soluções de cada subfunção, considerando a lista de requisitos, a agilidade na produção, custo, facilidade de operação a avaliação das soluções encontradas, sua manufatura simples e com baixo custo de produção.

5 CONCLUSÕES

O projeto e construção de uma máquina multifuncional, cujos objetivos são picar, moer e peneirar osso bovino liofilizado, foi atendido, tendo-se obtido pó de osso na granulometria desejada em projeto.

A utilização de metodologias de planejamento e desenvolvimento de produtos apresentam diversas vantagens e auxiliou neste caso na criação de informações para o desenvolvimento do projeto preliminar, detalhamento do equipamento multifuncional na ênfase de projeto e pôr fim a fabricação da máquina, sendo este fundamental para a produção da máquina de picar, moer e peneirar pó de osso.

Referente ao propósito deste estudo, afirma-se que foi possível picar os filetes retangulares de osso e estes foram transformados em partículas de 8 a 10mm de formato com aspecto retangular. Os ossos picados foram diminuídos através do processo de moagem por rotação, no moinho de bolas, sendo reduzidos a pó.

A máquina atendeu ao requisito mínimo de resolução previsto para impressão no equipamento, que era uma granulometria de no mínimo 50 μm .

O custo do equipamento ficou atrativo, uma vez que os materiais utilizados são de certa forma comuns no mercado e o projeto buscou o alinhamento entre o custo e desempenho. É importante destacar que este produto é um conceito, ou seja, trata-se de um projeto em constante melhoria. Portanto, testes ainda são necessários para incrementar este protótipo preliminar construído, podendo-se ainda também reduzir suas dimensões e por consequência seus custos, adaptando-se a diferentes situações.

Com a concepção, projeto, fabricação e a validação da máquina de picar, moer e peneirar osso bovino para manufatura aditiva, foi possível fazer o registro de Patente de produto como modelo de utilidade, que está anexo no Apêndice A, este registro de patente deve ser atendido pois em pesquisas internacionais não há máquinas semelhantes a esta, sendo possível inclusive o registro internacional.

5.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

a) No processo de picar o osso deve-se prever a instalação de um vidro temperado com abertura de 20x150mm para a colocação do osso no picador. Isto porque há o risco deste saltar para fora no processo, bem como uma chapa em Inox para direcionar melhor

o filete de osso ao mordente. Também se julga necessário uma peneira de 15x15mm de malha, para o material que não foi devidamente picado seja despejado no picador novamente. No sistema de espaçamento entre as mandíbulas, pode-se substituir as arruelas de 2mm por peças usinadas com a geometria espelhada a dos mordentes do tipo macho e fêmea, deixando apenas o espaço para o osso picado passar, podendo ser inclusive desnecessário o uso da peneira 15x15mm.

b) No Moinho se pode utilizar um sistema de fechamento com guias em Nylon com ajuste fino de 0,2mm aproximadamente para conter melhor o pó de osso dentro dele. O sistema pode utilizar porta em Inox e guias de mesmo material, pois apesar de uma pequena folga entre elas e com encaixe de 5mm sobreposto, o pó tende a sair do compartimento.

c) Sistema de transmissão de força com engrenagens e correias torna-se necessário, pois, quando há muito material nas mandíbulas ou por este ser mais espesso devido ao seu corte, em torno de 20x20x100mm, pode ocorrer o travamento do sistema de movimentação e as correias acabam por patinar no acoplamento com a polia.

d) Referente ao peneiramento propõem-se a utilização de moto vibrador para tal, pois o sistema de polia desbalanceada gasta um tempo alto para o processo, durante o teste de peneiramento foi adaptado a máquina um moto vibrador da marca Linus de 1500 watts utilizado no ramo da construção civil e com auxílio deste o processo de peneiramento terminou em somente 1 minuto.

e) Automação do tipo CLP (Controlador Lógico Programável) para testes com rotações diferentes principalmente no que tange o moinho de bolas, aumentando e diminuindo a rotação e analisar o que ocorre com o tempo de moagem.

f) Trata-se de um protótipo em constante melhoria e com redução de suas dimensões no picador, onde tem-se o maior custo devido os cortes em laser e usinagens maiores, pode-se reduzir ainda significativamente seus custos.

g) No decorrer do trabalho observou-se que em todos os artigos estudados há a tendência em se cortar o osso no sentido longitudinal. Este corte é mais complicado pela geometria do osso e sua resistência para a picagem é maior devido ao seu arranjo de fibras neste sentido. Pode-se fazer testes com ossos cortados no sentido transversal e isto pode diminuir significativamente, inclusive, a potência de motorização da máquina.

6 REFERÊNCIAS

ASHBY, M.F. *Seleção de Materiais no Projeto Mecânico*. 4. ed. São Paulo: Elsevier, 2012.

BANDYOPADHYAY, A., BERNARD, S., XUE, W., & BOSE, S.; Calcium Phosphate-Based Resorbable Ceramics: Influence of MgO, ZnO, and SiO₂ Dopants. (2006). **Journal of the American Ceramic Society**, 89(9), 2675–2688. <https://doi.org/10.1111/j.1551-2916.2006.01207.x>

BANDYOPADHYAY, A.; BOSE, S.; *Characterization of Biomaterials*. Elsevier Inc. 2013.

BANERJEE, S.S., TARAFDER, S., DAVIES, N. M., BANDYOPADHYAY, A., & Bose, S. (2010). Understanding the influence of MgO and SrO binary doping on the mechanical and biological properties of β -TCP ceramics. **Acta Biomaterialia**, 6(10), 4167–4174. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.actbio.2010.05.012>.

BAXTER, M. **Projeto de Produto. Guia Prático para o design de novos produtos**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

BOSE, S., SUGUIRA, S., & BANDYOPADHYAY, A. (1999). Processing of controlled porosity ceramic structures via fused deposition. **Scripta Materialia**, 41(9), 1009–1014. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1359-6462\(99\)00250-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1359-6462(99)00250-X)

BOSE, S., TARAFDER, S., BANERJEE, S. S., DAVIES, N. M., & BANDYOPADHYAY, A. (2011). Understanding in vivo response and mechanical property variation in MgO, SrO and SiO₂ doped β -TCP. **Bone**, 48(6), 1282–1290. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bone.2011.03.685>.

HULL, C.W., Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography, **US Patent # 4,575,330**.

CARVALHO, M. X. S. de. **Equipamentos de Fragmentação: Uma Revisão Avaliando Circuitos Alternativos para a Moagem de Finos**. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

COELHO, L.A.L. **Conceitos Chave em Design**. Rio de Janeiro: PUC-Rio Novas Ideias, 2008.

DAS, K., BOSE, S., & BANDYOPADHYAY, A. (2007). Surface modifications and cell–materials interactions with anodized Ti. **Acta Biomaterialia**, 3(4), 573–585. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.actbio.2006.12.003>.

DINGEE, F. **Análise da influência dos tratamentos de liofilização, esterilização e reidratação nas propriedades mecânicas do osso cortical bovino**. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis 2005.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário da língua portuguesa**. 5. ed. Curitiba: Positivo, 2010. 2222 p. / 86 p. 1v. il. ISBN 978-85-240-4074-0. 11.513.

FIGUEIRA, H. V. O.; ALMEIDA, S. L. M.; LUZ, A. B. **Cominuição**. In: LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. **Tratamento de minérios**. 4ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM-CNPq-MCT, 2004. Capítulo 4, páginas 113-194.

FUSSELL, P. S. (1997). **Materials - Overview, Plastics, and Resins**. In JTEC/WTEC Panel Report on Rapid Prototyping in Europe and Japan.

GALIA, C. R. et al. **Osteointegração de enxertos liofilizados impactados**. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 17, n. 2, p.24-28, 2009. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1413-78522009000200004&lng=pt&nrm=iso>.

GALIA, Carlos Roberto et al. In vitro and in vivo evaluation of lyophilized bovine bone biocompatibility. **Clinics**, v. 63, n. 6, p.801-806, 2008. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180759322008000600016&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: mai. 2017.

GALIA, Carlos Roberto et al. Caracterização físico-química do enxerto de osso bovino liofilizado. **Revista Brasileira de Ortopedia**, São Paulo, v. 46, n. 4, p.444-451, 2011. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-36162011000400017&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: mar. 2019.

GIBSON, I.; ROSEN, D.; STUKER, B.; (2015); **Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing** - Springer.

IPAR, C. E. de A. L. **Desenvolvimento de matéria-prima para impressão Tridimensional a partir de rejeitos gemológicos de ágata**. Dissertação. Porto Alegre, 2011. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ITURRIA, M. et al. Basic design of lyophilization protocols for human bone tissues. **Latin American Applied Research**, v. 40, n. 2, p.147-151, 2010. Disponível em: <www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0327-07932010000200008>. Acesso em: mai. 2017.

LERNER, A. M. **Resistência Mecânica de Biocomponentes à Base de Hidroxiapatita para Uso como Enxertia Óssea**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Projeto e Processos Mecânicos) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo 2018.

MITSAK, A. G., KEMPPAINEN, J. M., HARRIS, M. T., & HOLLISTER, S. J. Effect of Polycaprolactone Scaffold Permeability on Bone Regeneration In Vivo. (2011). **Tissue Engineering Part A**, 17(13–14), 1831–1839. <https://doi.org/10.1089/ten.tea.2010.0560>

MORA, F.A.R. **Fabricação de implantes ortopédicos a partir de usinagem de osso humano**, 2000. 221f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

MOURIÑO, V.; BOCCACCINI, A.R.; Bone tissue engineering therapeutics: Controlled drug delivery in three-dimensional scaffolds. **Journal off the Royal Society Interface**. 2010. 7(43), 209–227. <https://doi.org/10.1098/rsif.2009.0379>.

MÜLLER, B.; et al. Bio-mimetic hollow scaffolds for long bone replacement. Spiedigitallibrary SPIE (2009). **Biomimetics and Bioinspiration**. Disponível em: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/7401/74010D/Bio-mimetic-hollow-scaffolds-for-long-bone-replacement/10.1117/12.825487.short?SSO=1>.

NOS, Gustavo. **Projeto de Produtos: Moinho de Bolas de Baixo Custo**. Monografia. Lajeado (RS). Univates; 2011.

PAGANO, S. J.; HOGAN, J. D.; LAMBERSON, L. Bone and Bone Surrogate Fragmentation Under Dynamic Compression. **Journal Of Dynamic Behavior Of Materials**, v. 2, p.234- 245, 2016. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s40870-016-0061-7#aboutcontent>>. Acesso em: jun. 2017.

PAHL, G., BEITZ, W., FELDHUSEM, J. e GROTE, K. H. **Projeto na Engenharia**. 6ª ed. Editora Blucher, São Paulo, 2005.

PAULA, Lucas F. de et al. Diretrizes para a construção de um moinho de bolas para a moagem de sólidos em laboratórios. **Quim. Nova**, v. 37, n. 4, p. 736-739, 2014.

REZWAN, K.; CHEN Q.Z.; BLAKER, J.J.; BOCCACCINI A.R.; et al; Biodegradable and bioactive porous polymer/inorganic composite scaffolds for bone tissue engineering. **Biomaterials** (2006). **Biomaterials**. 27(18), 3413–3431. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2006.01.039>.

RYABENKOVA, Y. et al. The relationship between particle morphology and rheological properties in injectable nano-hydroxyapatite bone graft substitutes. **Materials Science And Engineering: C**, v. 75, p.1083-1090, 2017. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928493116318458?via=ihub>.

RODRIGUES, I. Engenharia Alimentar Processamento Geral de Alimentos, **Liofilização**. 2008. Disponível em: <www.esac.pt/noronha/pga/0708/AulaLiofilizacao.pdf>. Acesso em: jun. 2018.

SALLES, B.W.; **Usinagem de parafuso de osso cortical bovino liofilizado**. 2002. 59f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SALGADO, A. J., COUTINHO, O. P., & REIS, R. L. Bone tissue engineering: State of the art and future trends. (2004). **Macromolecular Bioscience**, 4(8), 743–765. <https://doi.org/10.1002/mabi.200400026>.

SEITZ, H.; RIEDER, W.; IRSEN, S.; LEUKERS, B.; TILLEET, C.; Three-dimensional printing of porous ceramic scaffolds for bone tissue engineering. **Jornal Biomedical Mater. Res. B** 74B (2005) 782–788.

TARAFDER, S., BANERJEE, S., BANDYOPADHYAY, A., & BOSE, S. (2010). Electrically Polarized Biphasic Calcium Phosphates: Adsorption and Release of Bovine Serum Albumin. **Langmuir**, 26(22), 16625–16629. <https://doi.org/10.1021/la101851f>.

UTELA, B. et al. A review of process development steps for new material systems in three dimensional printing (3DP). **Journal of Manufacturing Processes**, v. 10, n. 2, p. 96-104, 2008.

UTELA, B. R. et al. Development process for custom three-dimensional printing (3DP) material systems. **Journal of Manufacturing Science and Engineering**, v. 132, n. 1, p. 011008, 2010.

VARELA, J.J. Critérios de seleção de britadores aplicados ao processamento mineral, **Anais XXIV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e metalurgia Extrativa**, Salvador - BA-Brasil, 8 p., 2011.

VDI – RICHTILINIE2225. **Technisch-wirtschaftliches Konstruieren**. Dusseldorf: VDI, 1977, Folha 3: 1990, Folha 4: 1994.

7 APENDICE A – Desenhos e Registro de Patente

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	4	100-100-101-TUBO20X30 ESTRUTURA	
2	10	100-100-102-TUBO20X30 ESTRUTURA 580	
3	12	100-100-103-TUBO20X30 ESTRUTURA 420	
4	6	100-100-104-pillow_block_np25	
5	1	100-100-105-motoreductor	Motoreductor 1:50
6	4	100-100-106-TUBO20X30 ESTRUTURA 150	
7	1	100-100-107-quadro comando	
8	4	100-100-109-polia 120	
9	4	100-100-110-suporte coxim reto	
10	1	100-100-200-CJ-PICADOR	
11	1	100-100-400-FOLAO	
12	1	100-100-500-PENEIRAQUADRADA-001	
13	2	Correia trapezoidal	

Item	Data	Ass.	FONE: 54-3045-4159 Passo Fundo - RS - BRASIL	
Proj.				
Des.		Nome:		
Rev.		Material:		
Apr.		Material alternativo:		
Cliente:		Código:	Escola:	Substitui:
Código:			Peso total:	kg

ALTERAÇÕES NESTE DESENHO SOMENTE VIA CAD

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	4	100-100-101-TUBO20X30 ESTRUTURA	
2	10	100-100-102-TUBO20X30 ESTRUTURA 580	
3	12	100-100-103-TUBO20X30 ESTRUTURA 420	
4	6	100-100-104-pillow_block_np25	
5	1	100-100-105-motoreductor	Motoreductor 1:50
6	4	100-100-106-TUBO20X30 ESTRUTURA 150	
7	1	100-100-107-quadro comando	
8	4	100-100-109-polia 120	
9	4	100-100-110-suporte coxim reto	
10	1	100-100-200-CJ-PICADOR	
11	1	100-100-400-FOLAO	
12	1	100-100-500-PENEIRAQUADRADA-001	
13	2	Correia trapezoidal	

Item	Data	Ass.	FONE: 54-3045-4159 Passo Fundo - RS - BRASIL	
Proj.				
Des.		Nome:		
Rev.		Material:		
Apr.		Material alternativo:		
Cliente:		Código:	Escola:	Substitui:
Código:			Peso total:	kg

ALTERAÇÕES NESTE DESENHO SOMENTE VIA CAD

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	100-100-201-CHAPA DIR	
2	1	100-100-203-CHAPA ESQ	
3	1	100-100-300-eixomont	
4	1	100-100-205-CHAPA1	
5	1	100-100-202-CHAPA2	
6	1	100-100-206-CHAPA3	
7	1	100-100-207-CHAPA4	
9	1	100-100-310-eixomont2	
10	2	100-100-209-Engrenagem M2 Z40 reto	
11	1	100-100-208-TRANSIÇÃO nova	

Item:	Data:	Ass.:	LAYOUT	FONE: 54-3045-4159
Proj:	31/03/2020		Passo Fundo - RS - BRASIL	
Des:	31/03/2020	Nome:	CJ PICADOR	
Rev:	31/03/2020	Material:	Material: AÇO INOX	
Apr:	31/03/2020	Material alternativo:	Material alternativo	
Desenho:	LAYOUT	Projeto:	100-100-200	Escala: 1:4
Código:	100	Sheet:		Sheet to: 10

ALTERAÇÕES NESTE DESENHO SOMENTE VIA CAD

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
2	1	100-100-204-EIXO1	
5	63	100-100-301-espaçador	
6	21	100-100-210-mordente	

Item:	Data:	Ass.:	LAYOUT	FONE: 54-3045-4159
Proj:	07/02/2020		Passo Fundo - RS - BRASIL	
Des:	07/02/2020	Nome:	Eixo Picador	
Rev:	07/02/2020	Material:	Aço Inox Martensítico	
Apr:	07/02/2020	Material alternativo:	SAE 1045	
Desenho:	LAYOUT	Projeto:	100-100-300	Escala: 1:2
Código:	1002020	Sheet:		Sheet to: 10

ALTERAÇÕES NESTE DESENHO SOMENTE VIA CAD

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	100-100-401-chapacafoliao	
2	2	100-100-402-conefoliao	
3	2	100-100-403-basefoliao	
4	1	100-100-404-chapafechafol	
5	1	100-100-405-eixofoliao	
6	1	100-100-406-eixofoliaocond	
7	2	100-100-407-chapafechafol	

Item:	Data:	Ass:	LAYOUT	FONE: 54-3045-4159
Proj:	31/03/2020			Paço Fundo - RS - BRASIL
Des:	31/03/2020		Nome:	FOLÃO
Rev:	31/03/2020		Material:	AOO INOX
Apr:	31/03/2020		Material alternativo:	
Cliente:	LAYOUT		Código:	100-100-400
Código:	100		Escala:	1:4
			Substitui:	
			Peso líquido:	kg

ALTERAÇÕES NESTE DESENHO SOMENTE VIA CAD

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	100-100-503-caixapeneira quadrada	
2	2	100-100-509-descargapeneira	
3	2	100-100-510-descargapeneiraSEMDOBRA	
4	4	100-100-110-suporte coxim reto	
5	4	100-100-501-coxim	
6	1	100-100-508-eixopeneira	
7	4	100-100-511-SUPpeneira	
8	4	100-100-512-SUPpeneira	

Item:	Data:	Ass:	LAYOUT	FONE: 54-3045-4159
Proj:	14/06/2020			Paço Fundo - RS - BRASIL
Des:	14/06/2020		Nome:	Peneira Quadrada
Rev:	14/06/2020		Material:	aço Inox
Apr:	14/06/2020		Material alternativo:	
Cliente:	LAYOUT		Código:	100-100-500
Código:	100		Escala:	1:4
			Substitui:	
			Peso líquido:	kg

ALTERAÇÕES NESTE DESENHO SOMENTE VIA CAD



04/03/2021

870210020937

16:36



29409181931607400

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 20 2021 004149 3

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: GIANCARLO STEFANI SCHLEDER

Tipo de Pessoa: Pessoa Física

CPF/CNPJ: 91988810000

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: Rua Duque de Caxias 615

Cidade: Passo Fundo

Estado: RS

CEP: 99070210

País: Brasil

Telefone: 54 3045 4159

Fax:

Email: giancarlo.schleder@gmail.com

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 04/03/2021 às 16:36, Petição 870210020937

Dados do Pedido

Natureza Patente: 20 - Modelo de Utilidade (MU)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): EQUIPAMENTO PARA OBTENÇÃO DE PÓ DE OSSO

Resumo: Pesquisas realizadas na área de Biomateriais do Laboratório de Bioengenharia, Biomecânica e Biomateriais da UPF, onde destaca-se o estudo do osso humano como enxerto substituto, enfatizando osso bovino e processos de fabricação desta matéria prima, tornou-se necessário a industrialização deste produto. Com a elaboração dos projetos aplicados ao trabalho, para a produção de um picador, moedor e peneiramento que venha a produzir o pó de osso com as características necessárias ao trabalho, sem contaminação, tendo o mínimo possível de manuseio. Devido à falta de equipamentos para o desenvolvimento do pó de osso dá-se a importância de projetar e construir uma máquina multifuncional de baixo custo. Nos Artigos e Livros pesquisados ao longo deste trabalho observou-se a pouca ou quase nula publicação referente ao assunto abordado, tomando-se uma área com justificada proposta de experimentação e pesquisa, obter um processo adequado de fabricação deste produto para que posteriormente possa ser dirigido novas pesquisas na área e até promover uma inovação tecnológica na área de biomateriais, torna-se necessário. Também se julga necessária a avaliação do produto final referente a propriedades do pó de osso gerado pelo processo, sendo que este não deve sofrer qualquer contaminação durante o processo. A granulometria necessária para a utilização em impressoras 3D, verificando se o produto tem 50 micras e análise do material para ver sua composição química confirmando se houve algum tipo de contaminação no pó. Para tanto propõem-se uma Máquina Multifuncional como Modelo de Utilidade, que contenha o picador o moedor e o sistema de peneiramento acoplados, sendo que o produto passe de um processo ao outro com o mínimo manuseio utilizando a gravidade e ao chegar no ultimo processo o pó de osso já saia em embalagem adequada para posteriormente ser impresso, a máquina será de aço inox SAE 304 nas partes onde tem contato com o produto, para que não haja contaminação e com o mínimo possível de deposição de material, sendo necessário a esterilização da máquina após um tempo sem manuseio.

Figura a publicar: EPPO

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 3

Nome: LEANDRO DE FREITAS SPINELLI

CPF: 73689963087

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: Rua Ramiro Barcelos, 1323/ 701

Cidade: Porto Alegre

Estado: RS

CEP: 90035-006

País: BRASIL

Telefone: (51) 999 663985

Fax:

Email: leandro.spinelli@upf.br

Inventor 2 de 3

Nome: CHARLES LEONARDO ISRAEL

CPF: 73959189915

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: CAMPOS SALES, 303

Cidade: Passo Fundo

Estado: RS

CEP: 99070-120

País: BRASIL

Telefone: (54) 991 078585

Fax:

Email: israel@upf.br

Inventor 3 de 3

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 04/03/2021 às 16:36, Petição 870210020937

Nome: GIANCARLO STEFANI SCHLEDER

CPF: 91988810000

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: Rua Duque de Caxias 615

Cidade: Passo Fundo

Estado: RS

CEP: 99070-210

País: BRASIL

Telefone: (54) 991 816722

Fax:

Email: giancarlo.schleder@gmail.com

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nome
Comprovante de pagamento de GRU 200	boleto 03032021.pdf
Desenho	Modelo do pedido de patente - MU - Desenhos.pdf
Relatório Descritivo	Modelo do pedido de patente - MU - Relatório descritivo v7.pdf
Resumo	Modelo do pedido de patente - MU - Resumo v4.pdf
Reivindicação	Modelo do pedido de patente - MU - Quadro reivindicatório v3.pdf

Acesso ao Patrimônio Genético

- Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

Declaração de veracidade

- Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Peticionamento Eletrônico em 04/03/2021 às 16:36, Petição 870210020937

RESUMO

PROJETO DE EQUIPAMENTO PARA OBTENÇÃO DE PÓ DE OSSO

Pesquisas realizadas na área de Biomateriais do Laboratório de Bioengenharia, Biomecânica e Biomateriais da UPF, onde destaca-se o estudo do osso humano como enxerto substituto, enfatizando osso bovino e processos de fabricação desta matéria prima, tornou-se necessário a industrialização deste produto. Com a elaboração dos projetos aplicados ao trabalho, para a produção de um picador, moedor e peneiramento que venha a produzir o pó de osso com as características necessárias ao trabalho, sem contaminação, tendo o mínimo possível de manuseio. Devido à falta de equipamentos para o desenvolvimento do pó de osso dá-se a importância de projetar e construir uma máquina multifuncional de baixo custo. Nos Artigos e Livros pesquisados ao longo deste trabalho observou-se a pouca ou quase nula publicação referente ao assunto abordado, tornando-se uma área com justificada proposta de experimentação e pesquisa, obter um processo adequado de fabricação deste produto para que posteriormente possa ser dirigido novas pesquisas na área e até promover uma inovação tecnológica na área de biomateriais, torna-se necessário. Também se julga necessária a avaliação do produto final referente a propriedades do pó de osso gerado pelo processo, sendo que este não deve sofrer qualquer contaminação durante o processo. A granulometria necessária para a utilização em impressoras 3D, verificando se o produto tem 50 micras e análise do material para ver sua composição química confirmando se houve algum tipo de contaminação no pó. Para tanto propõem-se uma máquina multifuncional como Modelo de Utilidade, que contenha o picador o moedor e o sistema de peneiramento acoplados, sendo que o produto passe de um processo ao outro com o mínimo manuseio utilizando a gravidade e ao chegar no ultimo processo o pó de osso já saia em embalagem adequada para posteriormente ser impresso, a máquina será de aço inox SAE 304 nas partes onde tem contato com o produto, para que não haja contaminação e com o mínimo possível de deposição de material, sendo necessário a esterilização da máquina após um tempo sem manuseio.

REIVINDICAÇÕES

1. Trata-se de um dispositivo multifuncional único no mercado tendo a característica principal de produzir pó de osso para impressões 3D, este possibilita a fabricação de pó de osso sem contaminação, sendo imprescindível ao processo de impressão de enxertos ósseos, para futuramente serem implantados em seres humanos.
2. No processo de picar o osso a máquina apresenta características especiais para o processo com o mínimo de manuseio e restrições a contaminação sendo toda a caixa e as mandíbulas de corte em Aço inox SAE 304, a caixa tem uma geometria específica para a não deposição de material após o processo de picagem do osso.
3. Ao chegar no moinho de bolas o compartimento cilíndrico deste é fechado, o osso picado passa por processo de moagem com auxílio de esferas de diâmetro de 12mm e 16mm todas em inox, a carcaça do moinho também é fabricada em aço inox para evitar a contaminação do pó gerado, esta carcaça também possui geometria favorável a não deposição de pó, após o processo se completar por alguns minutos o moinho é posicionado com a comporta para baixo para que após esta aberta seja depositado por gravidade o pó e as esferas no conjunto de peneiras.
4. No conjunto de peneiras também fabricado em aço inox e com geometria favorável a não deposição de material, o pó é peneirado para que somente as partículas com 50 μm sejam depositadas no compartimento de produto final, após este procedimento o pó pode ser depositado em vasilhame especial para ser levado para a impressão em 3D.
5. Por ser compacta e específica para laboratórios de biomateriais ou hospitais e gerar pó de osso sem contaminação pede-se a Patente de modelo de Utilidade para tal.
6. Ressaltando que não existem no mercado máquinas que atendam a produção de pó de osso sem que haja manuseio do produto agravando a contaminação.

PROJETO DE EQUIPAMENTO PARA OBTENÇÃO DE PÓ DE OSSO

Campo da invenção

[001] Trata-se de uma máquina multifuncional, Classe 24 EQUIPAMENTOS, APARELHOS E UTENSÍLIO: MÉDICOS, ODONTOLÓGICOS E DE LABORATÓRIO. 24.99 DIVERSOS. Que contenha o picador, moedor e o sistema de peneiramento acoplados, sendo que o pó de osso passe de um processo ao outro com o mínimo de manuseio utilizando a gravidade e ao chegar no ultimo processo o pó de osso já saia em embalagem adequada sem contaminação, para posteriormente ser impresso em 3D.

Fundamentos da invenção

[002] No mercado já existem picadores e moedores que tem finalidade de produzir grãos ou picar resíduos diversos, porém não tem a máquina que faça este processo de picar moer e peneirar com um processo adequado, se julga necessária a avaliação do produto final referente a propriedades do pó de osso gerado pelo processo, sendo que este não deve sofrer qualquer contaminação. A granulometria necessária para a utilização em impressoras 3D, deve ser de 50 µm e não deve ter contaminação no pó. Para tanto propõem-se uma máquina multifuncional como Modelo de Utilidade, que contenha o picador o moedor e o sistema de peneiramento acoplados, sendo que o produto passe de um processo ao outro sem manuseio apenas por gravidade e ao chegar no ultimo processo o pó de osso já saia em embalagem adequada para posteriormente ser impresso, a máquina será de aço inox SAE 304 onde tem contato com o produto, para que não haja contaminação e com o mínimo possível de deposição de material, sendo necessário a esterilização da máquina após um tempo sem manuseio.

[003] O modelo proposto além de ser compacto, pois, será para o uso em laboratórios de impressão 3D ou hospitais que futuramente venham a usar o produto para gerar sua própria matéria prima de impressão, tem como característica principal o não manuseio do produto, assim, ao sair do picador por gravidade se insere o produto no moedor do tipo bolas, em seguida passa-se o produto por gravidade para a peneira vibratória e ao finalizar o peneiramento

obtém-se o produto com a granulometria desejada que é de 50 µm. Existem moedores e picadores que podem satisfazer esta granulometria, porém, ao usar o picador deve-se limpar e descontaminar o picador, ao passar o produto do picador para o moinho deve-se fazer uma embalagem correta, onde neste procedimento ocorra possível contaminação do produto, nos moinhos existentes no mercado também observa-se a dificuldade de limpeza e descontaminação do moinho para posteriormente fazer a moagem deste produto, bem como a retirada do produto do moinho para a fase de peneiramento tem-se muito manuseio do produto causando também possibilidades de contaminação.

Breve descrição dos desenhos

[004] O picador é o do tipo mandíbula com corte de 8mm por 8mm em aço inox SAE 304 do tipo Martensítico, acionado via dois eixos acoplados com engrenagens um deles ligado a uma Engrenagem e corrente.

[005] O moinho com esferas de Aço inox com rotação controlada é acionado por eixo acoplado ao centro do moinho por Engrenagem e corrente.

[006] No peneiramento com dois tipos de peneira uma com 5x5mm e a outra com 50 µm, acionado por moto vibrador para fazer o movimento da peneira.

[007] Tendo somente um motor e Redutor para os dois primeiros processos acionados por quadro de comando.

Descrição da invenção

[008] O picador é o do tipo mandíbula com corte de 8mm por 8mm para que o processo de moagem seja mais rápido, são fabricados em aço inox SAE 304 do tipo Martensítico para suportar a carga de quebra do osso pois o mesmo deve estar em estado de liofilização, neste processo se retira todo o resíduo líquido do osso tendo assim, uma característica de petrificado. O picador será acionado via dois eixos acoplados com engrenagens sendo que estes vão girar em sentidos opostos para quebrar o osso, um deles estará ligado a uma engrenagem e corrente. Após o material ser picado o mesmo fica depositado no

compartimento abaixo do picador do tipo funil e por meio de abertura de uma porta se deposita o material no moinho.

[009] No moinho após receber o material fecha-se a porta de entrada e neste com auxílio das esferas de Aço inox com no mínimo dois diâmetros diferentes, cito 12mm e 16mm, por meio de rotação controlada o osso picado será moído. O processo pode também ser chamado de batelada, por rotação as esferas se chocam com os fragmentos de ossos e acabam por diminuir seu tamanho até chegar a granulometria desejada de 50 μ m, este processo leva em torno de 5 minutos, o processo de moagem é acionado via um eixo acoplado ao centro do moinho ligado por engrenagem e corrente. O moinho tem sua característica construtiva do tipo cilíndrica com as extremidades cônicas para dificultar a deposição de pó de osso no moinho, tornando-se necessário a limpeza após alguns dias sem uso para não haver contaminação. Este moinho também será de aço inox SAE 304 devido a este ser um material que não causa contaminação ao pó de osso. Após o processo de moagem se coloca o moinho na posição em que a porta fique na descendência para que o pó possa ir para a peneira por gravidade.

[0010] No sistema de peneiramento tem dois tipos de peneira uma com intuito de reter as esferas e partículas maiores e a outra com 50 μ m para que seja garantido a granulometria desejada. O sistema de peneiramento se dá por acionamento de motor vibrador para fazer o movimento da peneira. Após o peneiramento completo o pó de osso passa para um recipiente adequado de armazenagem também por gravidade para não haver manuseio, todo o conjunto de peneiras mais carcaça é de aço inox SAE 304 para não haver contaminação.

[0011] Todo o sistema será acionado por motor e redutor com 50rpm no picador e moedor, com suporte de um quadro de comando para acionamento desses processos, como também o acionamento do sistema de peneiramento, no quadro de comando haverá sistema de sobrecarga e botoeira de emergência.

[0012] O quadro de suportes para o sistema todo será em estrutura tubular e para não haver contato das partes móveis haverá uma proteção com acrílico e portas de acesso para o arranjo de cada processo, nestas portas terá um sistema

de desligamento automático caso esteja aberta ou for aberta durante um dos processos.

Exemplos de concretizações da invenção

[0013] Nas máquinas existentes no mercado sempre tem deposição de material e manuseio deste de um processo para outro, ocasionando a contaminação do produto. Nas amostras feitas em testes para chegar a esta granulometria com todos os cuidados tomados sempre houve problemas de contaminação.

[0014] No processo de picar não existe um picador com a característica de ser em aço inox para não prover contaminação, pois, os existentes no mercado que picam materiais sólidos geralmente são para a produção de rações de origem animal ou fabricação de óleos e essências, assim, torna-se necessário um picador específico para este fim.

[0015] Quanto ao moinho estes têm no mercado para a moagem, porém deve-se limpar e esterilizar bem antes do uso e existe a preocupação referente a contaminação por manuseio do osso picado e depois de gerado o pó.

[0016] Para o peneiramento também ocorre o manuseio do pó antes e depois do peneiramento, ocasionando a contaminação e neste caso também ocorre de o pó adquirir umidade, necessitando a embalagem deste de forma adequada logo em seguida do término do processo.



UPF

UNIVERSIDADE
DE PASSO FUNDO

UPF Campus I - BR 285, São José
Passo Fundo - RS - CEP: 99052-900
(54) 3316 7000 - www.upf.br