



Cristian Damião Bremm

PROJETO DE UMA CENTRÍFUGA DE MEL COM ACIONAMENTO ELÉTRICO

Horizontina - RS

2021

Cristian Damião Bremm

PROJETO DE UMA CENTRÍFUGA DE MEL COM ACIONAMENTO ELÉTRICO

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Dr. Rafael Luciano Dalcin.

Horizontina - RS

2021

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

“Projeto de uma Centrífuga de Mel com Acionamento Elétrico”

**Elaborada por:
Cristian Damião Bremm**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 14/12/2021
Pela Comissão Examinadora

Prof. Dr. Rafael Luciano Dalcin
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Prof. Dr. Augusto Cesar Huppes da Silva
FAHOR – Faculdade Horizontina

Profa. Me. Francine Centenaro
FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina - RS
2021**

Dedico esta mensagem principalmente a minha família que me apoiou durante a minha formação, também a amigos, professores e colegas, que de uma forma ou outra contribuíram para minha formação.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos os professores que me orientaram nessa jornada, até a conclusão deste curso.

“A vitória está reservada à aqueles que estão dispostos a pagar o preço”.

(Sun Tzu)

RESUMO

A atividade apícola vem crescendo no Brasil nos últimos anos, e como o mel é um produto alimentício importante desde tempos antigos, além da renda para agricultura familiar. De maneira geral constatou-se a falta de aperfeiçoamento tecnológico e adequação, para aumentar rentabilidade e qualidade da cadeia apícola. Neste contexto, os apicultores foram ouvidos em entrevistas, e partir das respostas, esta pesquisa teve 5 objetivos finais de projeto: a redução da fadiga física, que a máquina tivesse algum nível de automação, a diminuição dos custos de produção, que o projeto possuísse adaptação mecânica para o uso de quadro especial da melgueira na atividade apícola, e fosse compatível a legislação. Foi utilizada metodologia de projeto de produto (PDP) para se chegar a uma concepção de centrífuga extratora de mel com acionamento elétrico que atendesse os objetivos. O uso de quadros mais largos na atividade propicia enormes vantagens nas tarefas posteriores, durante e após o processo de extração, diminuindo principalmente tempo e movimentos necessários, mas a principal vantagem constatada que foi mensurada nesta pesquisa, se deu na redução do material que o apicultor necessita utilizar, sendo um deles que a redução do uso de 10 quadros por melgueira, para 8 quadros, onde considerando, para tal foram desenvolvidos encaixes na centrífuga, que possibilitassem a troca dos quadros de 25 mm por 35 mm, onde um apicultor com 130 caixas padrão Langstroth, que equivalem a 2600 quadros para centrifugar por safra, teria, com o uso de quadros largos, o “melgueirão”, apenas 2080 quadros para centrifugar, ou seja, 520 quadros a menos para centrifugar a cada colheita, além de economizar, para este mesmo caso, no mínimo R\$ 2450,00 reais em cera alveolada a cada troca, sem contar inúmeras outras vantagens.

Palavras-chave: Centrífuga extratora; Projeto de produto; Mel; Ergonomia; Custos; Melgueirão.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Máquina centrífuga com acionamento manual.....	14
Figura 2 – Caixa de abelha padrão Langstroth	19
Figura 3 – Dimensões da colméia americana ou Langstroth	21
Figura 4 – Quadro em situação ideal de colheita	23
Figura 5 – Passo a passo da desoperculação dos favos	24
Figura 6 – Esquema simplificado de uma centrífuga.....	25
Figura 7 – Esquema de uma unidade de centrifugação	26
Figura 8 – Representação esquemática de três tipos de centrífugas filtrantes	28
Figura 9 – Fases do Desenvolvimento do Produto.....	29
Figura 10 – Definição dos requisitos do Projeto	31
Figura 11 – QFD – Hierarquização dos requisitos do projeto.....	49
Figura 12 – Fluxograma da Função Global do Produto.....	51
Figura 13 – Fluxograma da Estrutura Global Simplificada	58
Figura 14 – Matriz Morfológica dos princípios de solução para as funções do produto	59
Figura 15 – Alternativas de concepção para o produto	59
Figura 16 – Modelo 3D da concepção final do produto	61
Figura 17 – Quadro Melgueira (esquerda) e do ninho (direita).....	62
Figura 18 – Modelo de concepção escolhida do registro de corte rápido	65
Figura 19 – Estrutura de sustentação	67
Figura 20 – Tambor com vista dos detalhes internos.....	68
Figura 21 – Rotor	68
Figura 22 – Rotor carregado	70
Figura 23 – Tampas	71
Figura 24 – Centrífuga em uma aplicação de vista de corte	72
Figura 25 – Painel elétrico.....	73
Figura 26 – Motor motoredutor elétrico	73
Figura 27 – Centrífuga com aplicação de transparência, e com aplicação de vista em corte da montagem completa.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Identificação dos clientes ao longo do Ciclo de Vida do Projeto	43
Quadro 2 – Planilha de priorização das ideias de necessidades dos clientes	45
Quadro 3 – Identificação dos requisitos dos clientes do produto	47
Quadro 4 – Definição dos requisitos do Projeto	48
Quadro 5 – Classificação dos requisitos de projeto por grau de importância.....	50
Quadro 6 – Requisitos Primários das Especificações de Produto.....	54
Quadro 7 – Requisitos Secundários das Especificações de Produto.....	55
Quadro 9 – Requisitos Terciários das Especificações de Produto	56
Quadro 10 – Descrição das funções básicas da centrífuga	60
Quadro 11 – Matriz de decisão para escolha final da concepção do produto	64
Quadro 12 – Análise de atendimento dos requisitos da norma ABNT NBR 16572...	77
Quadro 13 – Análise de atendimento das especificações de produto.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

QFD – Quality Function Deployment

SSCs – Sistemas, Subconjuntos e Componentes

CAD – Computer-Aided Design

3D – Three Dimensions

LED – Light Emitting Diode

TIG – Tungsten Inert Gas

MIG – Metal Inert gas

MAG – Metal Active Gas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 TEMA	13
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	13
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.4 HIPÓTESES.....	15
1.5 JUSTIFICATIVA	16
1.6 OBJETIVOS	16
1.6.1 Objetivo geral	16
1.6.2 Objetivos específicos	16
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 APICULTURA.....	18
2.1.2 História geral	18
2.1.3 Uso de centrífugas para extração do mel	22
2.1.4 Fluxograma cadeia de produção de mel	23
2.2 CENTRÍFUGAS.....	25
2.3 SEPARAÇÕES CENTRÍFUGAS	26
2.3.1 Tipos de separação centrífugas	27
2.3.2 Tipos de centrifugação e funções	27
2.4 ERGONOMIA E ASPECTOS LEGAIS	30
2.4.1 Normas legais	30
3 METODOLOGIA	31
3.1 PROJETO INFORMACIONAL.....	32
3.1.1 Pesquisar informações sobre o tema do projeto (ciclo de vida e seus clientes)	32
3.1.2 Identificar necessidades dos clientes	33
3.1.3 Estabelecer os requisitos dos clientes	33
3.1.4 Definir os requisitos do projeto	34
3.1.5 Hierarquizar os requisitos do projeto	34
3.1.6 Estabelecer as Especificações do Projeto	35
3.1.7 Avaliar e aprovar fase	35
3.2 PROJETO CONCEITUAL	36
3.2.1 Verificar o escopo do problema	36
3.2.2 Estabelecer a estrutura funcional	37
3.2.3 Pesquisar por princípios de solução	37
3.2.4 Combinar princípios de solução	38
3.2.5 Selecionar combinações	38
3.2.6 Evoluir em variantes de concepção	39
3.2.7 Avaliar e aprovar fase	39
3.3 PROJETO DETALHADO.....	41
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	42
4.1 PROJETO INFORMACIONAL.....	42
4.1.1 Pesquisar informações sobre o tema do projeto (ciclo de vida e definir seus clientes)	42
4.1.2 Identificar necessidades dos clientes	44
4.1.3 Estabelecer os requisitos dos clientes	46
4.1.4 Definição os requisitos do projeto	47
4.1.5 Hierarquizar os requisitos do projeto	48
4.1.6 Estabelecer as especificações do projeto	53

4.1.7 Avaliar e aprovar fase	55
4.2 PROJETO CONCEITUAL	55
4.2.1 Verificar escopo do problema	56
4.2.2 Estabelecer estrutura funcional.....	57
4.2.3 Pesquisar por princípios de solução.....	59
4.2.4 Combinar princípios de solução.....	60
4.2.5 Selecionar combinações	62
4.2.6 Evoluir em variantes de concepção.....	65
4.2.7 Avaliar e aprovar fase	66
4.3 PROJETO DETALHADO.....	66
4.3.1 Quadros das melgueiras.....	66
4.3.2 Torneira registro de corte rápido	67
4.3.3 Estrutura de sustentação da centrífuga	68
4.3.4 Tambor de contenção e rotor	69
4.3.5 Rotor	70
4.3.6 Proteções físicas	72
4.3.7 Componentes elétricos externos	73
4.3.8 Painel elétrico	74
4.3.9 Motor Elétrico	74
4.3.10 Visão geral do projeto.....	75
5 DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS	77
5.1.1 Requisitos de projeto e requisitos legais.....	77
5.1.2 Motor elétrico com acionamento eletrônico e melhoria ergonômica	81
5.1.3 Uso de melgueira Langstroth padrão e “melgueirão” no mesmo equipamento e as reduções de custos	81
CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS.....	84

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa de engenharia parte de algumas necessidades que apicultores locais de Dr. Maurício Cardoso demonstraram, que são a melhoria ergonômica do processo de extração, redução de algum tipo de custo, uso de uma melgueira alternativa, e equipamento aduado para regulamentação da atividade. Considerando as necessidades levantadas como principais, juntamente com algumas de menor importância levantadas, buscou-se informações para tentar atendê-las e contribuir de alguma forma ao setor.

A necessidade ergonômica do uso de acionamento elétrico se deve ao fato de atualmente utilizarem máquinas com acionamento manual, atividade que faz dispendir muita energia por parte dos trabalhadores, além de contribuir com possíveis doenças físicas pelo trabalho repetitivo. A tentativa de redução de custo é uma prática natural neste ramo de atividade, e aqui buscou-se encontrar no equipamento ou no processo uma oportunidade de redução. O uso de melgueira alternativa com especificações fora do usual para a atividade apícola nível global, para o modelo Langstroth, tem influências positivas nos dois itens anteriores, ergonomia e custos. A necessidade de legalização da atividade para alguns apicultores, se deve aos que foram ouvidos ainda não estarem formalmente registrados de acordo com a legislação, um problema que afeta tanto os ganhos do agricultor, como a qualidade do produto ofertado ao cliente.

Tendo em mente as intenções acima citadas, buscou-se respectivamente atender aos problemas ergonômicos com o uso de motor elétrico e sistemas eletrônicos semiautomáticos. Descobriu-se que tanto o uso de tecnologia eletrônica, quanto o de melgueiras alternativas possuem vantagens empiricamente lógicas, em relação a redução de tempo de processo, como também a custos finais em geral, e tais vantagens, sendo importante algum trabalho acadêmico para estudar essas opções. O projeto possibilitou fornecer uma máquina que permita o encaixe das melgueiras alternativas, já que o principal problema das máquinas no mercado hoje, é que possuem como padrão o encaixe para o padrão Langstroth normal. Para finalizar, atendeu-se a norma ABNT NBR 16572 em todos os aspectos, que é de essencial valor para que a máquina extratora de mel estivesse nos parâmetros legais para aprovação governamental do apicultor, para vender formalmente o seu produto.

Atualmente desenvolver novos produtos é um processo que está se tornando cada vez mais crítico, de fato, as empresas precisam criar produtos mais competitivos em período cada vez mais curtos de tempo, e para isso o meio empresarial precisa de ferramentas como Projeto de Desenvolvimento de Produtos (PDP), para que possam atender a constante evolução mercadológica e tecnológica. Para tanto, o autor da metodologia empregada nesta pesquisa, aconselha sobre a importância estratégica do PDP, que identifica as necessidades de mercado, e propõe soluções, que satisfaçam as necessidades dos clientes em todas as fases de vida do produto (AMARAL *et al.*, 2006).

1.1 TEMA

O tema deste trabalho é desenvolver o projeto de uma centrífuga de mel com acionamento elétrico, através do uso de metodologias de projeto de produto, com a finalidade de atender às necessidades de inovação tecnológica do setor da apicultura local, no âmbito do processo de extração da matéria prima, objetivando o atendimento das demandas dos apicultores do município de Doutor Maurício Cardoso.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Em um primeiro momento foi desenvolvida uma coleta de dados sobre a atividade da apicultura de uma maneira geral, objetivando a compreensão da cadeia produtiva, e os processos de extração atualmente utilizados. Após entender que os clientes buscavam a substituição do sistema de acionamento manual, como uma das demandas, irá se buscar por soluções disponíveis no mercado e adaptá-las no projeto de máquina extratora existente para atender a necessidade de redução de esforço físico ao realizar o trabalho, também será analisada a possibilidade de se utilizar um encaixe diferenciado para quadros de melgueira de 35 mm de largura, ou invés de 25 mm, na centrífuga, para aumentar a produtividade e diminuir gasto em tempo. De maneira geral, ao buscar os dois objetivos acima, irá se buscar por redução de custos relacionadas a máquina extratora, e para que isso aconteça, será necessário respeitar os requisitos legais para que a máquina possa ser utilizada dentro da conformidade da lei e comercializada sem problemas.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Para Corrêa (2003) o setor apícola causa impactos positivos, no ambiente social e econômico, além de, favorecer a manutenção e preservação dos ecossistemas. Esta cadeia produtiva é a razão da geração de vários postos de trabalho, empregos e fluxo de renda, na maioria dos casos, relacionado a agricultura familiar.

Nos últimos anos o governo vem estimulando a setor da apicultura através de instituições de apoio técnico e financiamentos, tal como foi e continua sendo realizado em outros setores, como o da suinocultura. O setor apícola local está sendo incentivado pelos Sindicatos dos Trabalhadores Rurais, Emater e Prefeitura Municipal, a se adequar para fomentação de renda extra e de geração de riqueza regional, deixando se ser uma atividade que, na maioria dos casos ocorre de forma informal, para se tornar uma atividade certificada e formalizada. Entretanto, evidencia-se que dentre todas as áreas da cadeia de produção de mel, a parte técnica da produção recebeu aprimoramento informacional. Porém, os apicultores precisam também de melhorias tecnológicas nas máquinas do processo de extração do mel.

A grande maioria dos apicultores ainda utiliza centrífugas manuais e antigas. Algumas centrífugas, tem em sua composição, partes feitas em madeira, impróprias para o processamento de alimentos. Além disso, estas máquinas movidas a manivelas, geram problemas ergonômicos, como a fadiga excessiva ao serem usadas, continuamente, durante a colheita. Destaca-se ainda que, as máquinas manuais têm como provável o maior inconveniente, a baixa produtividade em relação ao tempo. Sendo que a grande maioria dos apicultores no local de estudo, tem outras atividades agrícolas paralelas que demandam atenção e tempo. A Figura 1 demonstra uma centrífuga com acionamento manual tipicamente usada

Figura 1. Máquina centrífuga com acionamento manual



Fonte: Catálogo do site Mercado Livre (2021).

Há também o uso alternativo, por parte de alguns agricultores, de quadros de favos mais largos no manejo da atividade, neste contexto, a opção de intercambialidade não vem adaptada nas máquinas originais de fábrica. Outro fator importante a destacar é que as centrífugas automáticas vendidas atualmente são muito caras, sendo importante identificar oportunidades de redução de custos alternativas. Levando em consideração o acima posto, como deveria ser projetada uma centrífuga de boa qualidade para atender as necessidades de modernização, e redução de custos dos apicultores locais de Doutor Maurício Cardoso, levando em conta as opiniões destes agricultores, e aspectos legais?

1.4 HIPÓTESES

Acredita-se que com a realização de uma pesquisa poderá se obter um modelo de máquina que além de ter de cumprir as funções básicas que o processo demanda, e respeitar os requisitos legais da legislação, diminua o desgaste físico nas atividades de extração prolongadas, proteja a integridade física do operador, e se chegue algum ganho em produtividade, redução de tempo dos processos, e que o projeto concretize, na forma que for possível, uma adaptação tecnológica que propicie redução de custos da atividade apícola local.

1.5 JUSTIFICATIVA

A automação, adequação e modernização de máquinas agroindustriais, se faz sempre necessária na agricultura familiar atual da região. Isso se deve ao fato dos agricultores, no momento, necessitarem, teoricamente, em uma análise bem superficial de melhorias no setor produtivo, para tanto, deve-se levar em consideração quatro problemas principais: Produção de mel em escalas cada vez maiores, redução de custos para o aumento da lucratividade, redução do desperdício de tempo e materiais ao executar a atividade, questões ergométricas, diretamente ligadas a saúde consonantes com o aumento de produção.

A produção de mel agrega valor, necessitando passar pelo processamento adequado, para assim garantir o abastecimento do mercado, a qualidade do produto para o consumidor final nacional, bem como para possíveis exportações. Para tanto, se processado em boas condições de qualidade pode acondicionar maior rentabilidade. Assim sendo e observando que agricultores apicultores de Doutor Maurício Cardoso usam equipamentos antigos e obsoletos, motivou-se a buscar por algo que possa contribuir com a atividade em questão.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo geral

Projetar uma centrífuga de mel buscando atender melhorias ergonômicas, de agilidade na produção, praticidade e redução de custos na atividade apícola local, utilizando com embasamento motivacional questões ligadas ao manejo, processamento e produtividade, condicionado a conhecimentos internalizados e perpassados durante contexto acadêmico do curso de Engenharia Mecânica, respeitando aspectos da legislação sobre equipamentos alimentícios.

1.6.2 Objetivos específicos

Dentre várias oportunidades de melhorias, de pesquisas relacionadas a este assunto, foram escolhidas as seguintes atividades, como parte central do estudo:

- Automatizar a máquina substituindo a manivela por um conjunto de motor e comando elétrico de no mínimo duas velocidades, para

aumentar a velocidade de produção, e em paralelo reduzir o desgaste físico do operador da máquina;

- Comportar, de forma intercambiável na mesma máquina, os quadros de espessuras diferentes (25 mm e 35 mm) de quadros de colmeias Langstroth, possibilidade não disponível no mercado atualmente, por ser uma prática nova, e fora do padrão usual;
- Buscar alguma alternativa de reduzir custos relacionados ao projeto do equipamento, ou a adaptação do projeto a melhorias no processo que satisfaçam esse quesito;
- Utilizar a metodologia de projeto de produto para obter melhores escolhas aproximadas em relação ao tipo e morfologia de componentes;
- Respeitar a legislação vigente no projeto do equipamento apícola, para estar de acordo com a intenção de formalização da atividade por parte de alguns agricultores.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Na revisão desta pesquisa foi abordado um pouco sobre o que é a atividade apícola para contextualizar o assunto, e um resumo da evolução dos tipos de colmeias usadas até chegar ao momento atual. Na sequência foram relatados trabalhos existentes na área de extração de mel, e o que já foi feito nesse sentido, além de uma explicação básica de quais as etapas no processo de extração de mel atualmente. Posteriormente, foram abordados conhecimentos gerais sobre centrifugas encontrados na literatura. Por fim, a última sessão da revisão foi realizado um breve resumo, sobre os pontos abordados pelas normas regem vários requisitos importantes do projeto.

2.1 APICULTURA

2.1.2 História geral

As abelhas são animais sociais, com ou sem ferrão, que formam colmeias onde guardam mel dentro de favos de cera, algo que a muito tempo é usado por todos os povos. A apicultura é uma atividade que foi se desenvolvendo junto com a história da humanidade. Podendo ser perceptível pela utilização de métodos e estudos científicos na história mais recente, como também, através das observações realizadas pelos seres humanos. As primeiras menções são do Período Antigo, no Egito, e datam de aproximadamente 4400 anos atrás, quando as abelhas eram criadas utilizando-se potes de barro (WOLFF; MAYER, 2012).

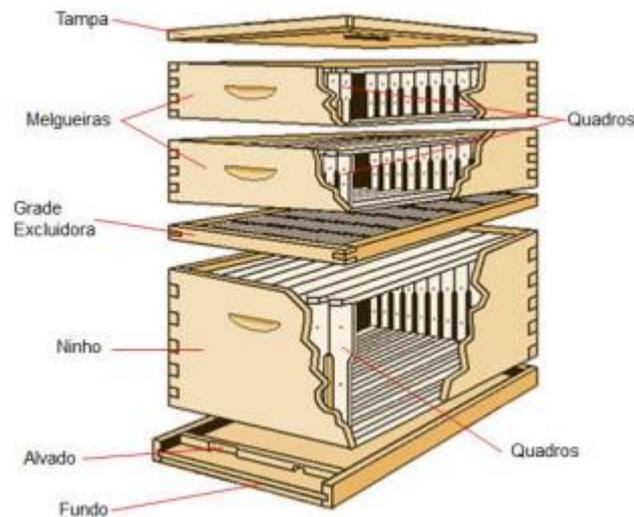
Dentre as inúmeras espécies e subespécies de abelhas existentes, cabe destacar as *Apis mellífera*, não nativas do continente americano. Originárias da Alemanha, e trazidas para o Brasil, no ano de 1839, mais especificamente para o Rio de Janeiro. Em 1937 uma subespécie do gênero *Apis africana* foi introduzida no Brasil. Resultante de cruzamentos naturais, a abelha africanizada, continua sendo criada em todo o território nacional (CRANE, 2000 *apud* SILVA, 2019).

A apicultura produz diversos produtos de valor comercial, dentre eles, cabe destacar: os denominados *in natura*, de reconhecido valor terapêutico, tais como o mel, a cera, o pólen, a própolis, a geleia real e a apitoxina (WOLFF; MAYER, 2012). Dentre estes, o mel pode ser determinado como produto alimentício produzido pelas próprias abelhas melíferas, em estado natural. Para tal produção, as abelhas extraem

e recolhem o néctar das flores ou secreções de partes vivas de plantas, alteram e combinam-nas com substâncias próprias específicas. O produto resultante é armazenado nos favos das colmeias, onde passa por um processo de maturação. (ALMEIDA; CARVALHO, 2009).

Segundo Wolff; Mayer (2012), foi em 1851, que o Reverendo Lorenzo Lorraine Langstroth, descobriu processo de observação, que as abelhas acumulavam própolis em um espaço menor que 4,7 mm, e os favos de mel eram construídos em espaços vazios maiores que 9,5 mm. Langstroth chamou a medida entre esses dois espaços de “espaço abelha”, que consiste no menor espaço livre existente no interior de uma colmeia, e permite que as abelhas possam trabalhar em ambos os lados do favo. A caixa, popularmente conhecida como Langstroth ou Americana, é usada até os dias de hoje. A Figura 2 ilustra uma colmeia do tipo Langstroth.

Figura 2. Caixa de abelha padrão Langstroth



Fonte: Adaptado de Ziegler (2006).

Para SOUZA (2007), as habitações das colmeias podem ser alojamentos naturais, colmeias rústicas, que são basicamente caixas de madeira sem nenhuma padronização, ou colmeias racionais ou mobilistas. Para ARAUJO (1983) apud ZIEGLER (2016), alguns modelos de colmeias caíram em desuso, e o padrão que foi adotado no mundo inteiro é o do tipo Americano. Dentre as colmeias racionais padronizadas, utilizadas mundialmente, se destacam as colmeias a seguir:

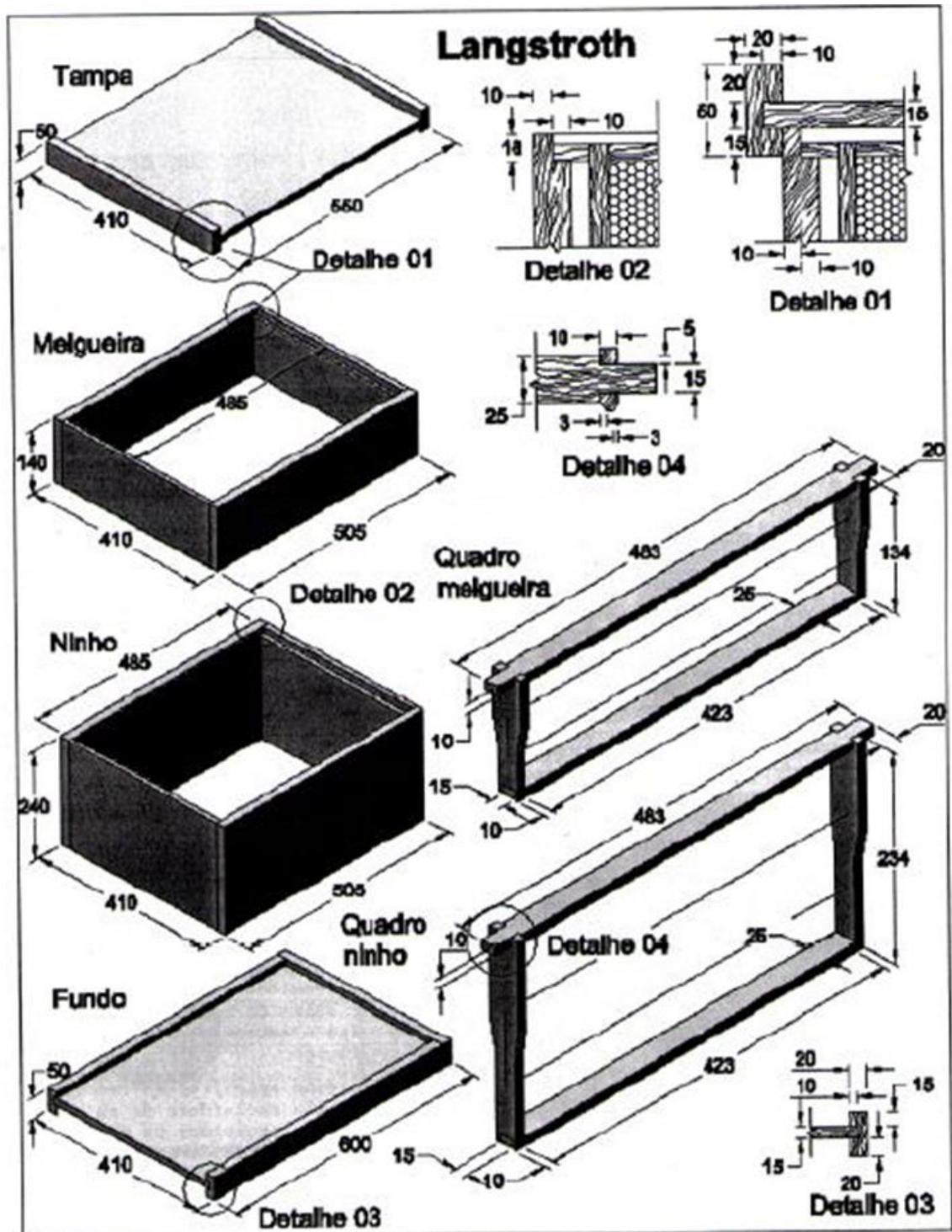
- Colmeia Langstroth, Americana, Standard, Padrão ou Universal;

- Colmeia Curtinaz;
- Colmeia Schirmer;
- Colmeia Schenck.

A colmeia do tipo Schenck é a segunda mais popular entre os apicultores brasileiros, e foi criada no Rio Grande do Sul. A colmeia Schenck é uma colmeia retangular, com a posição dos quadros transversais ao alvado, com 15 quadros transversais que auxiliam na termorregulação durante os meses frios do inverno. As colmeias do tipo Schenck, Schirmer e Curtinaz, são muito semelhantes, por terem sido criadas na região sul, porém por não possuírem quadros longitudinais, são consideradas colmeias frias (WIESE, 2020).

A Figura 3 apresenta a colmeia do tipo Langstroth com todos os principais componentes ilustrados, bem como suas dimensões construtivas, vistas detalhadas e especiais, para uma melhor compreensão física que servirá de base ao projeto.

Figura 3. Dimensões colmeia de abelha padrão Langstroth



Fonte: Souza (2007).

Há alguns anos, aqui no Brasil, começou a surgir a ideia de fazer pequenas e simples alteração nas medidas do padrão Langstroth, que se resumiam na alteração na espessura dos quadros de 25 mm (padrão) para 35 mm. De acordo com Silva

(2019), o uso de melgueiras com 8 ou 10 quadros não apresenta vantagens com relação a produção. Contudo, foi observada uma economia de material, especialmente de cera alveolada (material disponibilizado para as abelhas nos quadros das melgueiras, para as mesmas iniciarem a construção dos favos), visto que se economiza 2 lâminas por melgueira, para apiários entre 30 e 100 colmeias, onde geralmente são colocadas 2 melgueiras por colmeia. Havendo, assim, uma economia significativa para o pequeno produtor rural, com a utilização de quadros alternativos.

2.1.3 Uso de centrífugas para extração do mel

Atualmente são usadas centrífugas para extração do mel dos favos das abelhas. Segundo Couto; Couto (1996), nos primórdios, antes de existirem as centrífugas, eram utilizadas prensas para a separação do mel dos favos, tendo como grande inconveniente o fato de se inutilizarem os favos. Atualmente, a maioria dos apicultores utiliza a centrífuga radial, na qual os favos ficam dispostos no raio de círculo da rotação. Também existe a opção de usar uma centrífuga facial, na qual os favos se apresentam em posição tangencial ao plano cilíndrico.

É importante ressaltar que os favos devem ser mantidos inteiros, para que haja economia de cera no manejo, e de tempo para as abelhas. A CENTEC (2004) recomenda que a extração do mel armazenado nos alvéolos, deverá ser feita sem a destruição dos favos pela força centrífuga, para posterior reutilização.

Em uma centrífuga radial, durante o processo de centrifugação, o mel escoar ao longo do quadro até entrar em contato com a parede da centrífuga, onde escorre para o fundo do tambor. No caso da centrífuga facial, a posição do quadro que contém o favo de mel, faz com que exista um afastamento entre o quadro e a parede, dessa forma, quando iniciada a centrifugação, o mel é jogado diretamente contra a parede da centrífuga (COSTA, 2005).

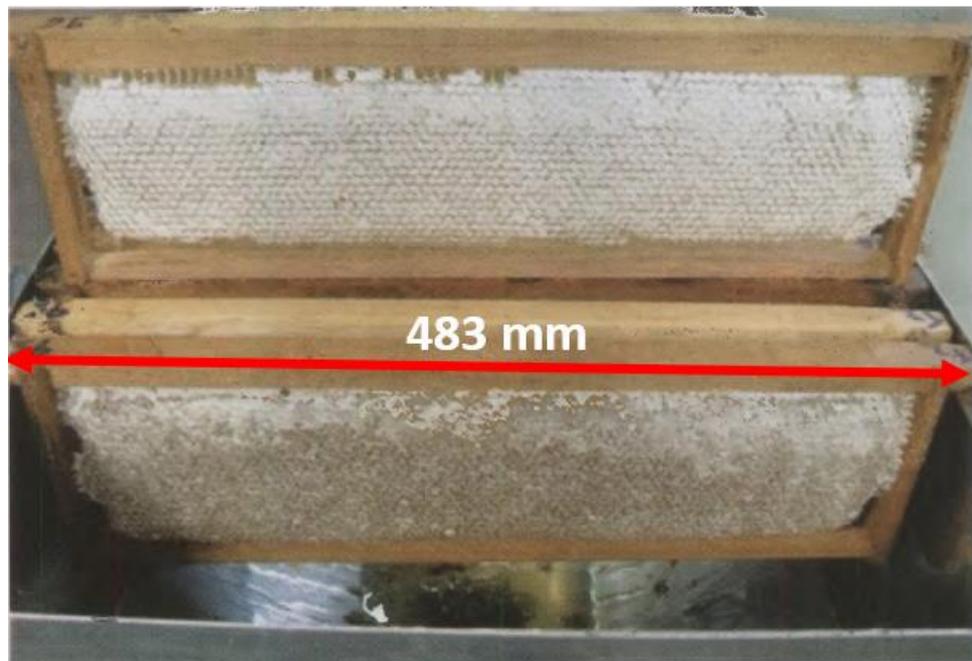
Ainda, conforme Costa (2005), pelo fato de existir diferença entre o processo de extração de mel em centrífugas do tipo axial e radial, o autor investigou as variações que poderiam ocorrer no mel obtido nas duas opções de centrífugas, analisando características reológicas, físico-químicas e sensoriais. Os resultados do estudo constataram que a viscosidade do mel obtido nas centrífugas radiais, foi pelo menos duas vezes maior ao do mel processado na centrífuga facial, não foram observadas variações na qualidade do mel obtido por ambas, e das 58 pessoas que atuaram como provadores, 69% preferiram o mel obtido pela centrífuga radial.

2.1.4 Fluxograma cadeia de produção de mel

Segundo a Embrapa (2003) o fluxograma básico recomendado do processamento do mel se baseia nas seguintes etapas:

- **Recebimento das melgueiras:** As melgueiras coletadas no campo devem ser colocadas na área de recepção em estrados limpos;
- **Seleção e limpeza prévia:** Os quadros devem ser preferencialmente selecionados no campo, mas sua limpeza deve ser feita na sala de recepção, a fim de remover abelhas aderidas aos quadros, pedaços irregulares de cera e própolis com posterior transferência para a mesa desoperculadora;
- **Desoperculação:** Consiste na retirada do opérculo, que é uma fina camada de cera que recobre os alvéolos, da superfície dos favos na mesa desoperculadora, usando ferramentas de raspagem. A Figura 4 apresenta quadros de favos prontos para serem colhidos, na sequência a Figura 5 apresenta a etapa de desoperculação dos favos, que precede o processo de centrifugação.

Figura 4. Quadro em situação ideal de colheita



Fonte: Foto Ricardo Costa R. de Camargo, Embrapa (2003).

Figura 5. Passo a passo da desoperculação dos favos



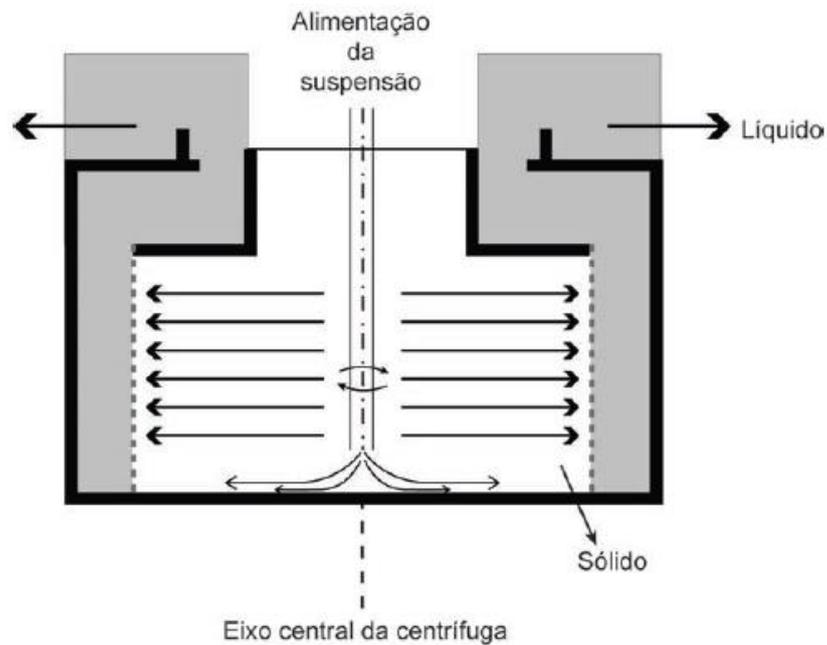
Fonte: Fonte Embrapa, (2003)

- **Centrifugação:** Consiste na retirada do mel dos favos pela força centrífuga. A velocidade da centrifugação deve ser aumentada gradativamente, conforme o mel vai saindo, evitando que os favos se quebrem. O mel é recolhido em baldes e depositado nos decantadores. Os quadros centrifugados serão recolhidos em melgueiras para posterior devolução às colmeias;
- **Filtração:** Realizada no momento que o mel é recolhido da centrifuga, e no momento de deposição do mel nos decantadores;
- **Decantação:** Consiste na retirada por decantação de sujidades do produto. Como o mel tem alta densidade, as sujidades que apresentam densidades menores, irão acumular-se na parte superior dos decantadores, o mel é retirado a partir de válvulas dos decantadores;
- **Envase:** O mel deve ser envasado em embalagens apropriadas destinadas a acondicionamento de produtos alimentícios;
- **Armazenamento:** o armazenamento do mel envazado deve ser feito em ambiente específico com temperatura não ultrapassando 26 °C.

2.2 CENTRÍFUGAS

É de primordial importância a compreensão dos conceitos gerais relacionados as centrífugas para melhor entendimento do que se pretende projetar. A definição de centrífuga dada por Pasotto *et al.* (2011), é que se trata de um recipiente cilíndrico que gira em alta velocidade criando um campo de força centrífuga, que por sua vez promove a sedimentação das partículas. A seguir, na Figura 6, está representado um esquema de uma centrífuga em que o material a ser processado é inserido pela parte superior, e através do giro realizado em torno de seu próprio eixo os sólidos são separados da fase líquida.

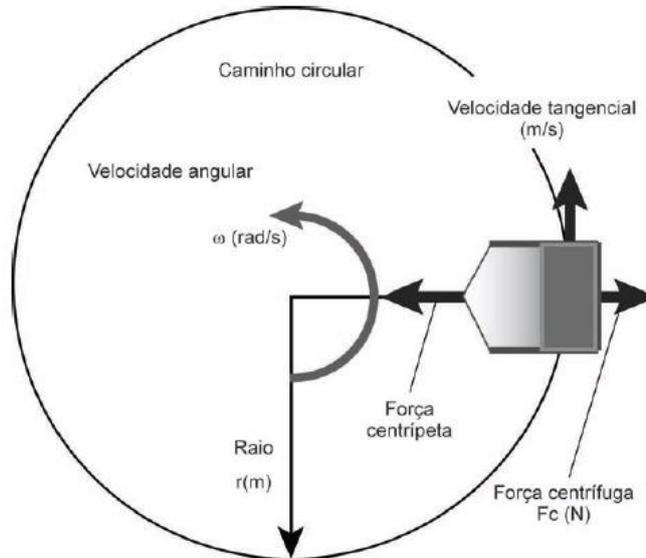
Figura 6. Esquema simplificado de uma centrífuga



Fonte: Adaptado de Pasotto *et al.* (2011)

A Figura 6 representa, de forma básica, a separação que ocorre entre um sólido e um líquido. As centrífugas mais simples são as tubulares, já foi mostrado na Figura 6, nas quais a rotação é feita pelo próprio cesto da centrífuga. Nos modelos mais comuns o processo de centrifugação acontece em virtude da movimentação do eixo central ao tambor que faz parte da centrífuga. A maneira como estes equipamentos são projetados e fabricados irá definir a aplicação de uso dos mesmos (PASOTTO *et al.*, 2011). A Figura 7 representa um esquema de centrifugação simplificado, para fins de entendimento visual do fenômeno.

Figura 7. Esquema de uma unidade de Centrifugação



Fonte: Adaptado de Pasotto *et al.* (2011)

A Figura 6 ilustra o movimento circular de um corpo preso a um eixo central, onde a força centrífuga é responsável pela centrifugação. Uma variável importante para o entendimento do fenômeno se trata de que os fluidos e sólidos exercem uma força alta contra a parede do recipiente, e esse fato é o que vai limitar o tamanho da centrífuga (PASOTTO *et al.*, 2011).

2.3 SEPARAÇÕES CENTRÍFUGAS

Tendo em mente que o meio proposto de separação do mel da cera dos favos se dará pelo uso da centrifugação, faz-se necessária uma revisão sobre bibliografia teórica envolvidas nessas separações. A centrifugação pode ser compreendida como uma operação de separação mecânica, que permite acelerar o fenômeno da decantação, através da imposição do movimento de uma suspensão líquido-partícula. Portanto a centrifugação consiste em separar materiais através da força mecânica, dessa forma isolando um material de outro em diferentes recipientes (CREMASCO, 2014).

A particularidade fundamental deste tipo de separações é a troca da força de gravidade natural que atua sobre as partículas, por uma força centrífuga mais intensa que a gravidade natural, e por sua vez possibilita ser aumentada de acordo com a conveniência através do aumento da rotação. Uma explicação para o fenômeno físico é de que o peso das partículas é multiplicado por um fator maior que um, de tal

maneira que a decantação das partículas no seio do líquido poderá ser tão rápida quanto quisermos (GOMIDE, 1980).

A separação centrífuga é principalmente utilizada pela indústria para realizar a decantação de sólidos, e também para a filtração; na separação de líquidos imiscíveis; para separar partículas sólidas ou gotículas suspensas em gases, e gases finamente dispersos em líquidos, bem como misturas de sólidos misturados a água. Processos de separações de natureza sólido-líquido, são usadas na indústria, por exemplo, para clarificação, espessamento e filtração (GOMIDE, 1980; FOUST *et al.*, 1982). Embora separações centrífugas tenham sido usadas a séculos, ainda não se dispõe, de um modelo analítico, matemático ou numérico que prescreva com exatidão o fenômeno da separação centrífuga, e determine as correlações entre as diversas variáveis do processo (EFEI, 2000 *apud* GRANDI, 2003).

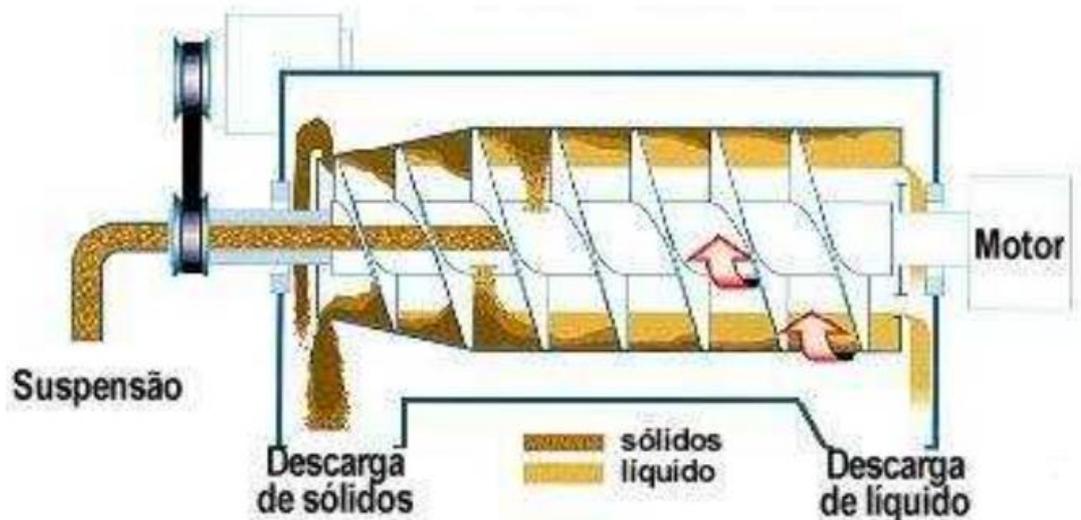
2.3.1 Tipos de separação centrífugas

As operações de centrifugação podem ser descontínuas, semi-contínuas ou contínuas. No caso das descontínuas, a carga e a descarga são feitas com a centrífuga parada. Quando forem operações semi-contínuas as operações ainda são feitas por batelada, no entanto, não se interrompe a operação para carregar e descarregar a máquina. Finalmente, as operações contínuas, possuem a alimentação e a descarga realizadas em regime permanente (GOMIDE, 1980; FOUST *et al.*, 1982).

2.3.2 Tipos de centrifugação e funções

Segundo Gomide (1980), os principais tipos de separação são realizados com dois tipos de máquinas centrífugas: as decantadoras e as filtrantes. As centrífugas decantadoras, conforme a Figura 8, são utilizadas para clarificar ou espessar suspenções. São constituídas por um tambor horizontal, vertical ou inclinado que normalmente gira em alta rotação em torno do seu eixo, onde, por consequência, faz as partículas serem lançadas para a periferia, as partículas deverão ter tempo o suficiente para chegar à parede do tambor, ou os bocais de saída da centrífuga, caso tiver (GOMIDE, 1980).

Figura 8. Centrífugas decantadoras – Centrífuga horizontal decantadora

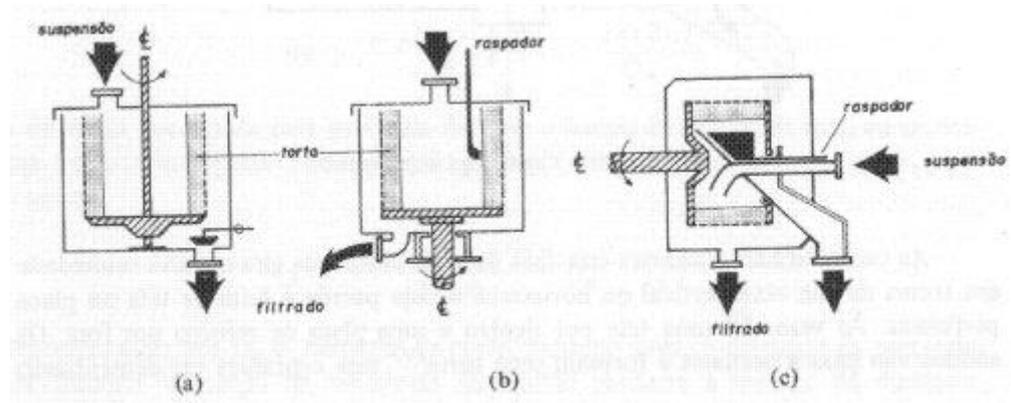


Fonte: Site Bragante – A centrifugação no processo alimentício (2021).

As centrífugas decantadoras são comumente usadas para a separação rápida de sólidos misturados em fluidos e em séries de processos. Nesta classe de máquina, as partículas sólidas existentes no líquido, por se apresentarem mais pesadas movem-se em direção a parede do cesto, quando submetidas a forças centrífugas, e se acumulam neste local progressivamente. O material que se sedimenta no fundo é conduzido em direção a parte cônica que existe no fundo da centrífuga, que por sua vez é descarregado através de parafuso rotativo transportador de baixa velocidade quando comparado com a centrífuga (AMIRANTE; CATALANO, 2000).

As centrífugas filtrantes são constituídas de uma cesta, que é submetida a alta velocidade de giro em volta de um eixo vertical ou horizontal. A centrífuga tem uma parede que é feita de tela ou placa perfurada. Os sólidos vão para a zona periférica e formam uma pasta cuja espessura vai crescendo à medida que a operação de centrifugação prossegue. O material filtrado atravessa a pasta e vai na direção da tela, sendo recolhido em um tambor fixo em cujo interior está girando a cesta. No fundo do tambor existe uma válvula que sobe para dar saída ao líquido. A descarga da pasta que sobra pode ser contínua ou descontínua. Os produtos sólidos podem ser descarregados por baixo, mas normalmente são descarregados por cima (GOMIDE, 1980). A Figura 9 demonstra esboços de centrífugas filtrantes.

Figura 9: Representação esquemática de três tipos de centrífugas filtrantes:
(a) Cesta horizontal e acionamento pela parte superior; (b) Acionamento inferior; (c) Centrífuga contínua



Fonte: Gomide (1980).

2.4 ERGONOMIA E ASPECTOS LEGAIS

2.4.1 Normas legais

Com a intenção de buscar informações sobre aspectos legais que implicariam na execução do projeto industrial de centrífugas de mel, realizou-se uma pesquisa para respeitar aspectos já mencionados pela legislação. Conforme ABNT (2016), a norma ABNT NBR 16572 especifica os requisitos para industrialização de centrífuga apícola que devem ser seguidas para validação do projeto em território nacional.

A norma se sustenta tendo como referências outras normas importantes, como a NR 10 (Segurança em instalações e serviços de eletricidade), NR 12 (Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos), ABNT NBR 15713 (Apicultura – Equipamentos – Colmeia do tipo Langstroth) e ABNT NBR IEC 60309 – 1 (Tomadas e plugues para uso industrial – Recomendações gerais). Os requisitos impostos pela norma ABNT NBR 16572 a serem observados são:

- Modelos de rotor;
- Tipo de funcionamento;
- Materiais de fabricação;
- Processos de soldagem;
- Tipos de plásticos de engenharia e outros materiais construtivos;
- Componentes e acessórios da máquina;
- Tipos de mecânica;
- Tipos de revestimento;
- Capacidade da centrífuga;
- Rotor interno;
- Jogo de tampas;
- Saída de escoamento;
- Estrutura de sustentação;
- Sistemas de acionamento;
- Elementos de fixação;
- Chave elétrica para acionamento.

3 METODOLOGIA

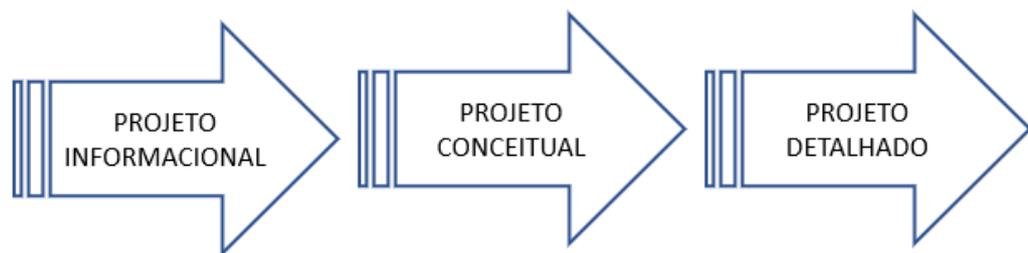
No presente capítulo pretende-se elencar as etapas utilizadas para o desenvolvimento do presente projeto, considerando concepções de autores renomados no assunto, cujo conhecimento e embasamento teórico será utilizado para a projeção do produto.

Num primeiro momento, elencou-se teorias específicas de projeto de produto publicadas, que por análise empírica são frequentemente citadas, e que fizeram parte das ementas das disciplinas de projeto de produto I e II, durante minha formação. Essas bibliografias usam métodos e técnicas específicas para o desenvolvimento ou redesenvolvimento de produto no intuito de proporcionar a inovação tecnológica necessária para as atividades humanas.

A metodologia a ser usada para a pesquisa será a metodologia PDP – Processo de Desenvolvimento do Produto, onde a ênfase se dará nas fases do projeto informacional e conceitual, não se aprofundando no campo da fase de projeto detalhado.

Em seguida, serão descritas as três fases do projeto, e conseqüentemente suas subdivisões, de acordo com o que foi relevante considerar. Sendo que estas fases constituem, sucessivamente, o projeto Informacional, projeto conceitual e projeto detalhado, como na sequência da Figura 10:

Figura 10. Fases do desenvolvimento do produto



Fonte: Adaptado de Amaral (2006).

3.1 PROJETO INFORMACIONAL

O objetivo da fase de projeto informacional foi levantar, com um nível mais completo possível, as especificações e meta para um produto ou um serviço, em questão, a ser desenvolvido (BACK, 2008).

O projeto informacional deve ser usado para transformar as informações captadas em especificações de projeto. Nessa direção, a literatura central deste trabalho é a de Amaral *et al.* (2006), que seguindo literaturas posteriores e diversas dezenas de outros autores que o auxiliaram na reformulação do método. Reforçando a importância da obtenção de informações corretas, pois a definição inadequada dessas informações iniciais, bem como uma determinação inadequada de alguns aspectos do problema tenderá, possivelmente, a causar uma série de decisões fazendo aparecer soluções diferentes das necessárias para o problema que realmente existe. Enfatizando que podem se perder quase todos os recursos se uma solução definida para um problema for errada. Esse grupo de informações deve refletir nas particularidades que o produto deverá possuir para atender as necessidades para qual foi projetado. Para obtermos um projeto informacional de boa qualidade devemos seguir os passos sugeridos por Amaral *et al.* (2006).

3.1.1 Pesquisar informações sobre o tema do projeto (ciclo de vida e seus clientes)

Nesta primeira etapa busca-se as informações sobre o tema do projeto. Quando o problema já se apresenta definido, a próxima ação a ser realizada é definir o ciclo de vida do produto, bem como determinar cada fase deste ciclo, incluindo os potenciais clientes, que pode se tratar de pessoas ou empresas envolvidas como o produto e com o projeto.

Passo seguinte será a obtenção de informações técnicas com relação ao tema do projeto. Estas informações se tornam importantes em várias fases do projeto, começando pela identificação das necessidades, com elaboração de questionários aos consumidores, até a definição dos detalhes técnicos finais do projeto, onde se fará necessário estabelecer metas quantitativas e avaliá-las, essas condições são de verdadeira importância na execução de um bom projeto.

3.1.2 Identificar necessidades dos clientes

Para Amaral *et al.* (2006), num primeiro momento, busca-se recolher as necessidades que os clientes em cada fase do ciclo de vida do produto. Para coletar essas informações pode-se fazer uso de listas de verificação, ou pela observação direta, entrevistas e grupos de foco, e não descartando a possibilidade de utilização de outros métodos para se comunicar-se com os clientes deste projeto.

Segundo Back (2008), o uso de entrevistas estruturadas individualmente é mais eficiente, por não permitem respostas tendenciosas ou que sejam influenciadas por algum outro entrevistado, que possa estar presente no momento. Quanto a quantia de entrevistados mais adequada para uma boa pesquisa, vai depender do tipo de produto que se pretende projetar, não tendo uma receita definida e imutável.

3.1.3 Estabelecer os requisitos dos clientes

A partir do momento em que as necessidades foram estabelecidas, é desejável que elas sejam agrupadas e realizada alguma classificação, adicionando com as que foram detectadas na Declaração do Escopo do Produto. Essa aglomeração é feita de acordo com as fases do ciclo de vida relacionado ao produto, ou ainda, por semelhança, para tal pode se criar um diagrama de afinidades. Após este diagrama ser concluído, permite verificar as necessidades similares, possibilitando eliminar-se as repetidas e também necessidades que sejam consideradas pouco relevantes para o projeto (AMARAL *et al.*, 2006). Ainda para Amaral *et al.* (2006), esta fase de estudo irá levantar as necessidades funcionais, as de desempenho e confiabilidade requisitadas pelo cliente para compor o produto.

Para Back (2008) concretização dessas necessidades pode-se considerar e classificar as propriedades de qualidade do produto como qualitativas ou quantitativas, obrigatórias ou preferenciais, e ainda do ciclo de vida e específicas. O autor ainda diz que para compreender da melhor forma as reais necessidades que os clientes possuem, deve-se transformá-las em linguagem de engenharia. Para concretização dessas necessidades pode-se considerar e classificar as propriedades de qualidade do produto como qualitativas ou quantitativas, obrigatórias ou preferenciais, e ainda do ciclo de vida e específicas (BACK, 2008).

Os requisitos de clientes tendem ser apresentados da forma qualitativa, dificultando definir a metas que o projetista precisa atingir. Assim sendo, para atingir

as especificações precisa-se determinar os requisitos do produto de uma forma que possam ser mensurados mais tarde, no andamento do projeto. Cada requisito de cliente deve ser mensurado e transformado em requisitos de engenharia, o que se traduz em tolerâncias, números, indicações qualitativas a serem definidas, permitindo o acompanhamento e posterior avaliação do atingimento destas especificações (AMARAL *et al.*, 2006).

3.1.4 Definir os requisitos do projeto

Em tratando-se na definição dos requisitos de projeto, essa definição deve ser feita através da transformação dos requisitos dos clientes levantados anteriormente, e estes constituem a primeira decisão física do produto. Para tanto, é necessário que ocorra uma comunicação precisa e clara (entre o pesquisador e o cliente em potencial), enquanto o produto for desenvolvido. Para que isso ocorra de forma correta, estas informações devem estar mensuradas em linguagem técnica de engenharia. Com essa metodologia poderemos definir parâmetros mensuráveis, que se encontrarão relacionados as características finais de design do produto (AMARAL *et al.*, 2006).

3.1.5 Hierarquizar os requisitos do projeto

De acordo com Amaral *et al.* (2006), a partir da definição dos requisitos do projeto, faz-se necessária a classificação dos mesmos para dar continuidade ao projeto informacional, no qual o projetista irá identificar os requisitos com maior importância, relevante para o projeto; observando neste processo, as soluções para os casos em que ocorrerem limitações ou ainda conflitos entre os requisitos.

Para Back (2008), que segue a mesma linha de pensamento, quando os requisitos de projeto já forma definidos, é necessário fazer a classificação destes requisitos. Isso deve ocorrer para procurar identificar as prioridades que devem requerer mais atenção durante o desenvolvimento de um projeto, e para buscar alternativas que atendam uma condição em particular sem a perda de outras durante o processo, quando os efeitos forem contrários. Amaral *et al.* (2006), tem como sugestão de metodologia o uso de duas ferramentas a fim de alcançar bons resultados, sendo elas: o Diagrama de *Mudge* e o QFD (*Quality Function Deployment*).

No caso do Diagrama de Mudge, este tem a finalidade de realizar uma comparação direta entre os vários requisitos apontados, desta maneira serão expostos quais requisitos tem maior importância para a projeto conceitual. Já por meio do QFD, se permite inserir as expectativas dos clientes relacionadas a valorização que estes requisitos possam ter, concedendo ao projeto final mais qualidade em determinados itens, com o intuito de atender as expectativas dos clientes. As duas ferramentas buscam identificar os requisitos mais relevantes, tanto pela comparação entre eles, ou julgando quais são os maiores anseios no que diz respeito a qualidade.

3.1.6 Estabelecer as Especificações do Projeto

Nesta fase torna-se mensurável a importância de cada requisito. Nela as informações se tornam importantes, podendo influenciar as fases posteriores de desenvolvimento do produto de forma direta, pois, sabendo quais são os requisitos mais importantes, é preciso classificar por grau de importância, gerando subdivisão dos requisitos em três grupos.

Anteriormente os requisitos foram expressos de forma resumida, agora é necessário usar uma abordagem detalhada dos requisitos de projeto, para que sejam expostos e compreensíveis aos mais variados usuários dessa informação. Para cada requisito do projeto devem ser mencionadas as grandezas mensuráveis, não esquecendo os métodos para conferir se a solução a ser gerada atenderá a esta condição proposta, e fazer a avaliação de risco com relação a ocorrência de prováveis efeitos contrários ou os riscos relacionados a procura pela solução, para alcançar a respectiva especificação (BACK, 2008).

3.1.7 Avaliar e aprovar fase

Para Back (2008), após o desenvolvimento de todas as atividades anteriores citadas, é recomendada a necessidade de aprovar e avaliar a fase informacional. Para o autor, se houver um time de projeto, este irá analisar todos os documentos criados e apontar para a continuidade do desenvolvimento do projeto, ou possíveis revisões nos documentos pelas partes interessadas.

Seguindo na mesma linha de pensamento, Amaral *et al.* (2006), aconselha que ao final de cada fase do desenvolvimento do projeto, se faz necessária uma revisão e

aprovação final dos produtos. Para tanto, resultados gerados de forma correta evitam retrabalhos e são essenciais para prosperar no desenvolvimento do projeto.

3.2 PROJETO CONCEITUAL

Após a fase anterior completa-se, e todos os requerimentos de projetos estarem em teoria bem definidos, a fase do projeto conceitual pretende estabelecer como o novo produto vai ser concebido, na perspectiva de atingir os requerimentos. As necessidades dos clientes são o suporte para que a engenharia busque estudar e trabalhar na concepção de um produto (BAXTER, 2003).

Para Baxter (2003), nesta fase, toda energia e tempo destinadas aos esforços precisam se concentrar em obter o maior número possível de conceitos, novos ou existentes, que cumpram as condições determinadas, e escolher o melhor entre as opções prospectadas. Para tal fato acontecer, os trabalhos de engenharia de produto ou de desenvolvimento serão bastante exigidos, bem como criatividade para criação de propostas de soluções.

O projeto conceitual tem como base desenvolver vários princípios de solução funcionais, sendo estes concebidos pela oportunidade do momento ou pela necessidade humana e mercadológica por um novo produto (BACK, 2008).

Para Baxter (2003), além de forma e função, aspectos como valor monetário, como custo de mão de obra, custos indiretos devem ser levados em consideração. Essa análise procura aumentar o valor relativo do produto, das peças e componentes e do produto inteiro, sem deixar comprometer suas funções, sendo estas funções:

- Identificar as funções de um produto;
- Estabelecer um valor para estas funções;
- Buscar realizar estas funcionalidades com o mínimo de custo, sem perder a qualidade.

As decisões tomadas no projeto conceitual influenciam profundamente nos resultados das próximas fases do projeto.

3.2.1 Verificar o escopo do problema

O primeiro passo de um projeto teórico é procurar realizar um estudo compreensivo da situação problema de forma subjetiva, o que implica abrir caminho para melhores soluções. Manter-se naquilo que se considera essencial para o projeto,

evita, de certo modo, que as experiências, preconceitos e convenções que previamente temos, limitem a resolução do problema do projeto (AMARAL *et al.*, 2006).

Para Remor *apud* Mantovani (2012), o objetivo desta etapa de projeto é efetuar um estudo teórico compreensivo do problema de um jeito meio abstrato, com o objetivo de manter o ponto central do estudo na essência do problema e não na solução eminente.

3.2.2 Estabelecer a estrutura funcional

Nesta etapa objetiva-se buscar a função global de um produto, pois, segundo Amaral *et al.* (2006), todos produtos têm uma função central importante, que resume o que se espera funcionalmente do produto finalizado, sendo que geralmente esta função é obtida pela análise dos requisitos funcionais do produto. Além disso, o mesmo autor enfatiza que para encontrar uma solução direta para a função global, pode ser uma tarefa de extrema dificuldade. Por esta razão é preciso realizar uma decomposição da função global em partes menores, ou seja, funções de complexidade menor para ter uma melhor noção de cada parte do todo. Esta decomposição da função total do produto também tende a ajudar o projetista na busca por soluções de problemas ou oportunidades de melhorias, e principalmente proporcionar uma melhor compreensão sobre o problema geral do projeto.

Logo após a definição da função total, segue-se para a elaboração da estrutura de funções, onde a mesma é desenvolvida pela agregação de fluxos e funções auxiliares ao fluxo principal, incluindo no processo o fracionamento das funções existentes em funções com um nível menor de complexidade (AMARAL *et al.*, 2006).

3.2.3 Pesquisar por princípios de solução

Este segmento se refere ao início da transformação do imaterial em material, transformando as ideias abstratas em concretas, com o estabelecimento da função aos formatos ou formas que irá ter, onde, para cada função da estrutura funcional escolhidos anteriormente, podem agora ser escolhidos um ou mais princípios de solução. A mesma literatura indica que os princípios de solução devem representar formas aproximadas dos componentes, e não devem referenciar os materiais específicos a serem utilizados. Perante o exposto, nota-se que os princípios de

solução são ideias aproximadas, e a obtenção destes princípios pode ser realizada através de catálogos, planilhas de Excel ou banco de dados (AMARAL *et al.*, 2006).

3.2.4 Combinar princípios de solução

Desde que a etapa de definição dos princípios de solução que compõem a estrutura do produto for finalizada, passa-se a próxima atividade que consiste em realizar combinação, formando assim o que a literatura chama de concepções.

Para efetuar as combinações dos princípios de solução, recomenda-se o uso da ferramenta Matriz Morfológica. Essa técnica se baseia na disposição simultânea das funções, e suas diversas possibilidades de soluções. A ferramenta possibilita uma análise dos potenciais possibilidades de configuração, para gerar uma solução de produto. Se valendo dessa técnica, podemos explorar meios alternativos e combinações diferenciadas para cumprir com as funcionalidades desejadas (AMARAL *et al.*, 2006). Para o mesmo autor as funções da matriz funcional com as possibilidades de solução são relacionadas simultaneamente, obtendo variáveis configurações com diferentes princípios, porém deve-se tomar cuidado com as restrições que devem estar devidamente impostas em função da compatibilidade física e geométrica das opções.

Para Back (2008), o estudo e pesquisa por princípios de solução, busca atender as funções determinadas na tarefa anterior. Back indica algumas ferramentas para auxiliar na seleção dos dados estudados. Ainda para Back (2008), uma das ferramentas de apoio neste segmento do projeto é a matriz morfológica, que é aplicada para desdobrar e desenrolar, de forma simples o problema, na intenção de buscar soluções por partes, sendo que estas soluções podem ser com a concepção de itens ou peças novas, ou pela busca de peças ou outros itens que já existem no mercado. Para tanto, no presente trabalho, será utilizada a ferramenta da matriz morfológica para selecionar os dados obtidos, denominado método de busca discursivo.

3.2.5 Selecionar combinações

Já obtendo as alternativas de solução disponíveis, para atender as funções que formam a estrutura do produto, a próxima atividade consiste em escolher as soluções individuais e construir os princípios de solução do todo (BACK, 2008).

Amaral *et al.* (2006), aconselha a utilização do método de *Pugh*, ou Método da Matriz de Decisão. Nesta metodologia, indicada pelo autor, uma das concepções criadas é escolhida como referência, e todas as outras concepções geradas irão ser comparadas com esta referência previamente escolhida. Para tanto, para cada critério de avaliação, o julgamento a ser feito poderá indicar que a concepção é “melhor que”, “igual a”, ou “pior que” a concepção de referência, usando intuição e conhecimento técnico nesta avaliação. Ocorrendo estas análises, ao final deste processo um escore é elaborado para concepção alternativa, este escore ocorre visualmente na forma de uma coluna.

Conforme Back (2008), quando se tem diversas soluções é necessário escolher uma que atenda, da melhor forma possível, o maior número de requisitos. Para tanto, aconselha que se use uma triagem de concepções realmente viáveis. Os critérios utilizados devem estar evidentemente definidos, independentes e escritos de uma forma que possam ser aplicáveis a realidade a todas as concepções e avaliar um único atributo de qualidade.

3.2.6 Evoluir em variantes de concepção

Este tópico tem por objetivo realizar o refinamento da concepção escolhida anteriormente. É nesta etapa que serão identificados e analisados os aspectos mais críticos do produto, observados no ciclo de vida do produto. De forma sucinta, o trabalho a ser realizado aqui compreende o detalhamento do conceito, para realizar um cálculo estimado dos custos, pesos, dimensões aproximadas e formas de utilização. Pode se dispor, neste momento, de elaboração de características através do uso da linguagem gráfica, ou seja, realizando desenhos esquemáticos ou esboços (AMARAL *et al.*, 2006).

3.2.7 Avaliar e aprovar fase

Seguindo a premissa do capítulo do projeto informacional, esta etapa é muito semelhante à do capítulo anterior. Para Amaral *et al.* (2006), o que difere é que no projeto conceitual se fala em especificações físicas, para ser possível julgar mais precisamente a concepção almejada. Para tal efeito se fazem 4 perguntas básicas:

- Existe alguma limitação tecnológica?
- Possui viabilidade econômica?

- As especificações de custo estão sendo alcançadas?
- A segurança do produto e as funções operacionais são conhecidas?

3.3 PROJETO DETALHADO

Concluída a fase de projeto conceitual, temos a última fase abordada neste trabalho, a de projeto detalhado, onde objetivo é desenvolver e finalizar todas as especificações de produto, para que posteriormente possa o protótipo ser manufaturado, e realizar demais fases de desenvolvimento. Esta fase se caracteriza por quatro etapas que não necessariamente são sequenciais, mas funcionam através de um ciclo contínuo, onde estão compreendidas as etapas de projetar, construir, testar e otimizar (Amaral *et al.*, 2006). Porém, como o protótipo não será construído, somente será desenvolvida a fase de projeto técnico nesta pesquisa.

- Criar e detalhar os SSCs:

Ainda para Amaral *et al.* (2006), nesta fase de projeto ocorre a criação e detalhamento dos SSCs, ou seja, cada componente, subconjunto, até a montagem final. Esta etapa se baseia na criação das principais informações para a criação das especificações finais de produto, a maioria dos Sistemas, Subsistemas e Componentes (SSCs).

Para Back (2008), a primeira atividade é realizar a definição de quais funções auxiliares básicas serão necessárias. Para cumprir essas funções, deve-se preferir utilizar soluções já conhecidas, como peças padronizadas e de catálogo.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo tem por objetivo demonstra a aplicação de ferramentas de projeto nas fases informacional, conceitual e detalhada. Na fase informacional, foram coletadas informações dos clientes e ciclo de vida do projeto, transformadas em requisitos de projeto, hierarquizadas usando ferramentas como diagrama de Mudge e QFD, e estabelecidas metas a serem alcançadas.

Na fase conceitual buscou-se atender os requisitos de projeto determinados no informacional, buscou-se descobrir as funções do projeto, e simplificar as mesmas, para a partir das funções, se trabalhar nas concepções possíveis, materiais e componentes disponíveis em catálogos, e padronizados no mercado, para atender as necessidades, onde através de análises foi selecionada a concepção final que mais atendeu os requisitos.

Por fim, a última fase, do projeto detalhado, compreende os modelamentos em ambiente virtual (3D), escolha de itens no mercado, descrições técnicas de itens que devem ser contidos no projeto, para que atendessem plenamente os objetivos.

4.1 PROJETO INFORMACIONAL

Como destacado na metodologia, a etapa projeto informacional seguirá adaptações dos passos da metodologia, buscando seguir a ordem e sequência das seções. O projeto informacional é constituído, de uma maneira geral, por quatro grandes etapas de trabalho que não podem ser ignoradas: a determinação do ciclo de vida do produto e definição de seus clientes, a investigação dos requisitos dos clientes, a definição dos requisitos do projeto, sendo que esta última se trata da transformação dos requisitos em especificações do produto. Porém, alguns desses passos possuem segmentações para melhor organização cronológica das informações, apresentando parte dos dados de forma ilustrativa para melhor compreensão da evolução do projeto.

4.1.1 Pesquisar informações sobre o tema do projeto (ciclo de vida e definir seus clientes)

A partir do momento que existe a definição do problema, busca-se novas informações, denominada: primeira etapa conforme a metodologia, que consiste no

detalhamento do ciclo de vida do produto que se almeja criar. Nesta etapa serão definidas todas as etapas do ciclo de vida do produto, bem como a definição dos clientes, e sua relação com cada etapa do ciclo de vida do produto. As fases abordadas no ciclo de vida do produto versarão desde o projeto até o seu descarte. Com esta finalidade identificou-se os clientes do produto (que serão essenciais para estabelecer as necessidades). Ambas as fases do ciclo de vida do produto em desenvolvimento, e sua relação com seus respectivos clientes estão representadas no Quadro 1.

Quadro 1. Identificação dos clientes ao longo do ciclo de vida do projeto

Etapas do ciclo de vida	Clientes		
	Externos	Intermediários	Internos
Planejamento/Projeto	-	-	Equipe de projeto
Fabricação/Montagem dos componentes e subconjuntos	Fornecedores de componentes e serviços	-	Autor do projeto
Testes do protótipo	-	-	Equipe de projeto
Comercialização	Lojas especializadas em equipamentos apícolas	-	Autor do projeto
Utilização	Apicultores autônomos ou associações	-	-
Assistência Técnica/Manutenção	Fornecedores de componentes	Fornecedores de serviços de reparos	Autor do projeto
Descarte	Fundições	Empresas do ramo de sucata metálica	Autor do projeto/Apicultores

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Cada projeto possui seu próprio ciclo de vida. O Quadro 1 apresenta as oito fases identificadas do ciclo de vida do produto, sendo que os seis tipos de clientes identificados foram divididos entre internos, intermediários e externos. Nesta pesquisa a denominada “equipe de projeto”, é formada pelo autor e o professor orientador. A fase de fabricação dos sistemas, subconjuntos e componentes ficou a cargo de fornecedores, empresas terceirizadas de serviços e do autor. As fases de montagem e teste do protótipo são de responsabilidade do autor e equipe de projeto; a comercialização: através de lojas especializadas, que venham a vender o produto ao cliente final; a utilização se dará por apicultores autônomos ou associações de apicultores que queiram compartilhar o equipamento entre associados, que são os

principais interessados no projeto, e ao fim da vida útil, a fase de descarte, deverá ser feita por empresas especializadas em coletar e reciclar sucatas metálicas.

4.1.2 Identificar necessidades dos clientes

Este segmento precede a segunda etapa do projeto informacional. Para identificar as necessidades dos clientes, primeiramente, realizou-se uma entrevista (no estilo livre, sem questionário padrão) aos apicultores, a fim de levantar possíveis necessidades.

A fonte de necessidades dos clientes foi levantada ao realizar conversas individuais (com um agricultor de cada vez, aplicando a entrevista do tipo *brainstorming*), perguntando apenas o que ele gostaria que um projeto de centrífuga extratora de mel contivesse, deixando o agricultor falar livremente sobre o que ele acreditava ser importante na máquina, dando suas opiniões diversas, de acordo com a percepção pessoal dos mesmos, de forma que o entrevistado não fosse tendenciado pelo entrevistador em escolher determinadas características de projeto que o mesmo poderia ter pré-concebido. De forma a aproveitar a situação, para encontrar possíveis soluções para os problemas, foi realizada uma classificação dos requisitos mais importantes recolhidos, os quais serão considerados no projeto. O Quadro 2 destaca essas informações para melhor visualização.

Quadro 2. Planilha de priorização das ideias de necessidades dos clientes

Ideias	Prós	Contras	Classificação
Substituir sistema de acionamento de manivela e engrenagens por motor elétrico.	O processo ser menos cansativo e extenuante para o corpo do operador	Gastos com energia elétrica, acréscimo de custos	5 (Muito alto)
Não produzir respingos ou escorrimentos no piso	Maior higiene proporciona mais qualidade ao produto, segurança contra escorregamentos	Tambor precisa permanecer totalmente selado durante o trabalho. Necessidade de boa vedação	5 (Muito alto)
Estar de acordo com as normas	Poder regularizar a atividade para vender no mercado formal	Aumento de custos	5 (Muito alto)
Realizar as atividades de extração de mel no menor tempo de operação possível	Economia de tempo	Pode acarretar em maior complexidade no projeto	4 (Alto)
Comportar quadros da melgueira e do ninho no rotor	Ser possível processar quadros do ninho quando estes apresentarem favos de mel livre de crias	Maior complexidade	4 (Alto)
Vida útil longa, com peças fáceis de trocar e de encontrar localmente	Menor custo com manutenção	Uso de materiais de primeira linha, gera aumento de custos	4 (Alto)
Facilidade de higienização após o uso	Maior conveniência e praticidade, maior qualidade do produto	Design precisa ser livre curvaturas, imperfeições e fácil acesso a todos os pontos	4 (Alto)
Facilidade de manuseio por parte do operador	Qualquer operador sem treinamento pode operar a máquina	É necessário simplificar ao máximo o projeto	3 (Médio)
Possuir a possibilidade usar tanto os quadros de 25 mm, como os de 35 mm	Atende os dois tipos de quadros usados por clientes, economia de materiais e tempo	Possível aumento no número de características a serem projetadas	3 (Médio)
A máquina possuir o mais baixo custo de aquisição que for possível	Menor custo ao cliente	Primeiramente deve atender a todas as necessidades dos clientes e posteriormente procurar minimizar os custos	3 (Médio)
Centrifugar mais quadros por batelada do que a situação atual	Menor número de processamentos	Aumento do peso da máquina	3 (Médio)
Baixo peso da máquina para movimentação	Praticidade	Trabalhar com o mínimo de material pode fragilizar a máquina e afetar a durabilidade	2 (Baixo)

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Para esta pesquisa, o processo de identificação das necessidades dos clientes foi direcionado exclusivamente aos clientes finais. Ao todo foram entrevistadas seis

peças. As contribuições, dadas por pessoas leigas com relação a projetos, foram adaptadas para o Quadro 2, a fim de definir quais eram as prioridades deveriam receber mais recursos, entendendo que para um projeto, tempo e dinheiro gastos são os recursos mais importantes, tudo isso para atender o melhor possível as principais funções de performance no dia-a-dia.

4.1.3 Estabelecer os requisitos dos clientes

Após identificar os requisitos que os clientes tinham para o produto passou-se a segunda etapa que consiste no projeto informacional. Este se destaca por agrupar esses requisitos por semelhança. Em outras palavras: as necessidades foram então classificadas e agrupadas por semelhança, de acordo com o ciclo de vida a que se relacionavam, para evitar repetições de necessidades nas áreas que os clientes buscavam solucionar os seus problemas. O Quadro 3 apresenta os 13 requisitos oriundos do cliente, onde os requisitos aleatórios levantados de forma coloquial foram transcritos na linguagem de engenharia, transformar para linguagem de engenharia é a melhor forma de compreender as reais necessidades dos clientes.

Quadro 3. Identificação dos requisitos dos clientes do produto

Fase do Ciclo de vida	Itens	Requisitos dos clientes
Planejamento/Projeto	1	Substituir sistema de acionamento de manivela e engrenagens por motor elétrico
	2	Estar de acordo com as normas
	3	Realizar as atividades de extração de mel no menor tempo de operação possível
	4	Comportar quadros da melgueira e do ninho no rotor
	5	Possuir a possibilidade usar tanto os quadros de 25 mm, como os de 35 mm
	6	Centrifugar mais quadros por batelada do que a situação atual
Fabricação/Montagem dos componentes e subconjuntos	7	Utilizar recursos disponíveis no mercado local
Comercialização	8	A máquina possuir o mais baixo custo de aquisição que for possível
Utilização	9	Não produzir respingos ou escorrimentos no piso
	10	Facilidade de limpeza após o uso
	11	Facilidade de manuseio por parte do operador
	12	Baixo peso da máquina para movimentação
Assistência Técnica/Manutenção	13	Facilidade de manutenção
Descarte	14	Ter vida útil adequada
	15	Ser construído com materiais reutilizáveis

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

4.1.4 Definição dos requisitos do projeto

Após definir os requisitos dos clientes, complementa-se a pesquisa com a definição dos requisitos do projeto. Esclarecendo que: a definição dos requisitos do projeto acontece através da conversão das necessidades dos clientes em características técnicas mais específicas do produto, para atender as necessidades do cliente.

A partir dessa transformação dos requisitos, os mesmos foram classificados de acordo com os atributos do produto, divididos em gerais e específicos.

A definição dos requisitos de projetos é uma das tarefas mais importantes da fase informacional, isso se deve pelo fato dos requisitos de projetos serem ordenados em uma planilha detalhada, a partir da qual pode-se tomar decisões quanto a forma física do produto e características técnicas. O Quadro 4 é sugerido pela metodologia de Amaral *et al.* (2006), que possibilita dar maior precisão aos requisitos, pois aqui, pode-se julgar os requisitos de projeto, desconsiderando aqueles requisitos que não se julgam realmente necessários, ou porque um requisito previamente listado, já

englobou o que se pretendia com outro requisito, que era de certa forma semelhante, não havendo necessidade de repetir, ou ainda, para adicionar novos requisitos durante esta etapa. Como o projeto potencialmente será comercializado, os requisitos estarão preferencialmente ligados as necessidades mencionadas pelos clientes.

Quadro 4. Definição dos requisitos do Projeto

Requisitos do projeto		Categoria	Requisito
Atributos Gerais	Básicos	Funcionamento	Ter rotação suficiente que permita extração do mel, em menor tempo de operação
			Comportar vários tipos de quadros
			Ter maior capacidade de centrifugação
			Possuir rotor enclausurado durante funcionamento
			Possuir bocal de saída que impeça vazamentos enquanto fechado
		Econômico	Vida útil média
			Baixo custo de produção
		Ergonômico	Possuir acionamento gerado por motor elétrico
	Segurança	Possuir proteções físicas nas partes móveis	
	Legal	Satisfazer a norma ABNT NBR 16572	
	Ciclo de Vida	Fabricação/Montagem	Ter componentes de simples fabricação
			Utilizar ferramentas e máquinas padrão para montagem e fabricação
Utilização		Facilidade de acesso para higienização	
		Facilidade de operação	
Manutenção	Ter manutenção simples		
Atributos Específicos	Materiais	Geométricos	Não apresentar rebarbas, cantos vivos, superfícies ásperas e respingos de solda
		Material, cor, peso, aparência	Possuir materiais padronizados
	Ter peso reduzido		
	Possuir materiais de baixa espessura		
	Energéticos	Elétrico	Possuir materiais adequados ao uso destinado
			Alimentado por fonte elétrica
	De Controle	Controle	Possuir função liga/desliga, ajuste de velocidades e inversão de giro do rotor

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

4.1.5 Hierarquizar os requisitos do projeto

Nesta etapa faz-se necessário necessária a atribuição de valores aos requisitos dos clientes, como se fosse atribuir uma nota para cada um, que indiquem sua

importância, em outras palavras. Assim, pretendeu-se criar uma escala que permita a hierarquização.

Para esta tarefa será utilizada a ferramenta chamada “Diagrama de Mudge”, onde realizou-se uma comparação entre todos os requisitos com eles próprios, e definiu-se uma pontuação para cada requisito. O requisito com a maior pontuação é o requisito mais importante, e logicamente, o requisito com a menor pontuação é o menos importante. Essas comparações possuem graus de importância, como muito mais importante, medianamente mais importante e pouco mais importante, relacionando respectivamente, os números 5, 3 e 1. Para cada pontuação se objetiva usar o pensamento racional e lógico sobre qual requisito teria maior valor em comparação a outro, dizendo qual requisito é mais importante e quanto mais importante. Desse modo, a Figura 11 ilustra a aplicação do Diagrama de Mudge.

Figura 11. Definição dos requisitos do projeto

DIAGRAMA DE MUDGE																	
Número de Requisitos																	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Soma	%	VC
1	2B	1B	1B	1B	1B	1A	1B	1A	1B	1B	1A	1B	1B	1A	47	15%	1,47
	2	2A	2B	2B	2A	2A	2B	2A	2C	2B	2A	2B	2B	2A	50	16%	1,57
		3	3B	3B	3C	3A	3C	3A	3B	3C	3A	3B	3B	3A	38	12%	1,19
			4	4B	4C	4B	4B	4A	4B	4B	4A	4B	4B	4A	37	12%	1,16
				5	5C	5B	5B	5A	5B	5B	5A	5B	5B	5A	34	11%	1,07
					6	7C	8C	6B	6B	6C	6B	13C	14C	6B	13	4%	0,41
						7	7C	7B	10A	11B	12C	13B	14C	7B	8	3%	0,25
							8	8B	10C	11C	8B	13C	14C	8B	10	3%	0,31
								9	10C	11C	9C	13B	14B	9A	6	2%	0,19
									10	11C	10B	10C	14C	10A	15	5%	0,47
										11	11A	11B	11B	11A	22	7%	0,69
											12	13A	14B	12C	2	1%	0,06
												13	14C	13A	18	6%	0,56
													14	14A	19	6%	0,60
														15	0	0%	0,00
															Total	319	100%

Legenda		
Letra	Peso	Significado
A	5	Muito mais importante
B	3	Medianamente mais importante
C	1	Pouco mais importante

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Etapa seguinte constitui da classificação por grau de importância, com as informações calculadas no Diagrama de Mudge, conforme Quadro 5. Os requisitos foram reordenados seguindo a sequência daqueles que receberem maior pontuação de importância, para a menor pontuação de importância. Também foi calculada a

importância percentual de cada requisito, para ficar logicamente mais visível sua importância na execução do projeto.

Quadro 5. Classificação dos requisitos de projeto por grau de importância

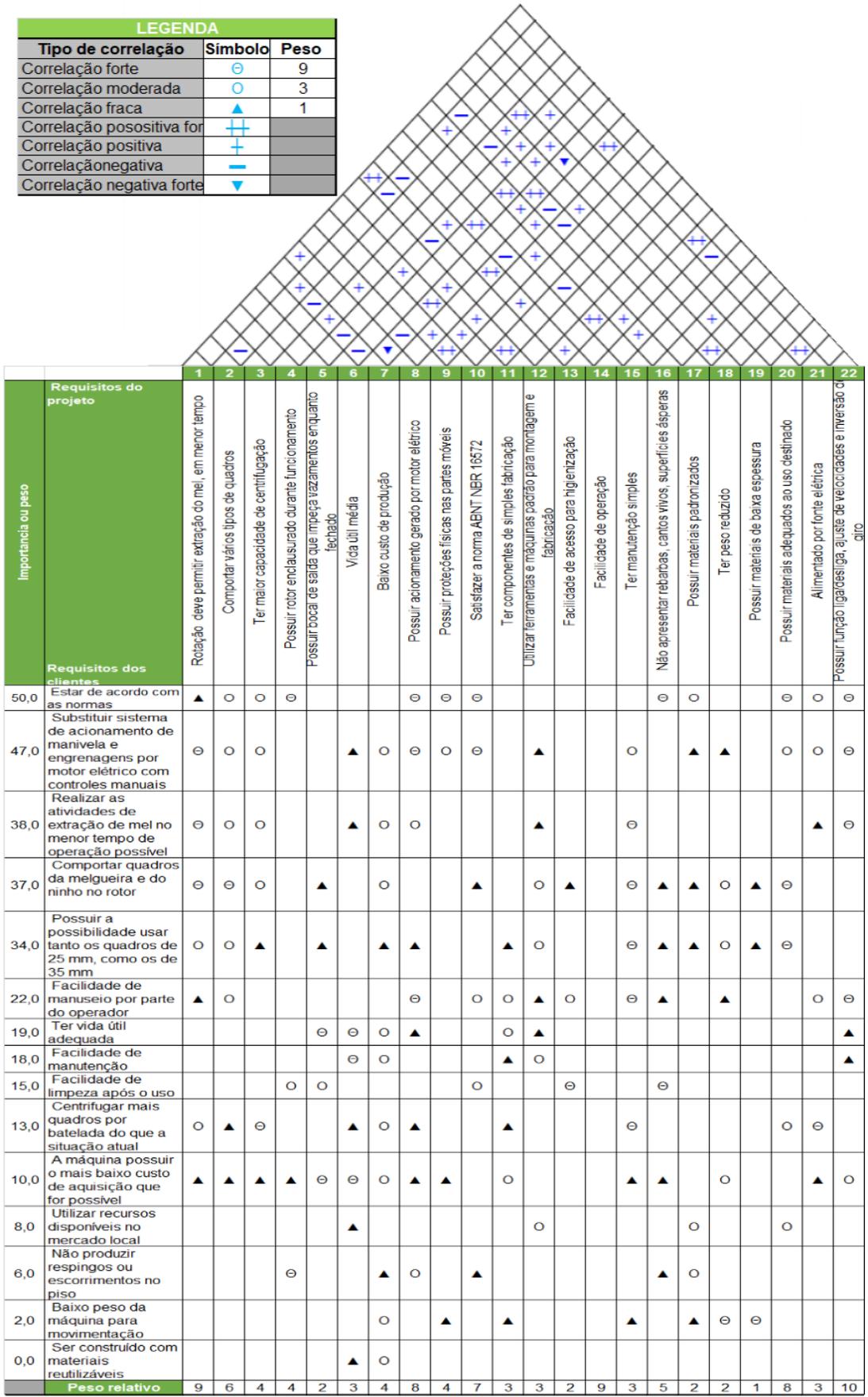
N°	Requisito	Importância	VC
1	Estar de acordo com as normas	50	5
2	Substituir sistema de acionamento de manivela e engrenagens por motor elétrico com controles manuais	47	5
3	Realizar as atividades de extração de mel no menor tempo de operação possível	38	4
4	Comportar quadros da melgueira e do ninho no rotor	37	4
5	Possuir a possibilidade usar tanto os quadros de 25 mm, como os de 35 mm	34	3
6	Facilidade de manuseio por parte do operador	22	2
7	Ter vida útil adequada	19	2
8	Facilidade de manutenção	18	2
9	Facilidade de limpeza após o uso	15	1
10	Centrifugar mais quadros por batelada do que a situação atual	13	1
11	A máquina possuir o mais baixo custo de aquisição que for possível	10	1
12	Utilizar recursos disponíveis no mercado local	8	1
13	Não produzir respingos ou escorrimentos no piso	6	0
14	Baixo peso da máquina para movimentação	2	0
15	Ser construído com materiais reutilizáveis	0	0

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

A partir do momento em que os requisitos receberam valores, a próxima etapa é utilizar a ferramenta QFD, conhecida como Matriz da casa da Qualidade no meio industrial. Esta etapa contempla a o confronto entre os requisitos do cliente do Quadro 3, com os requisitos de projeto do Quadro 4, para refinar pela busca das características do produto, através do uso da ferramenta QFD. Os resultados desta tarefa estão apresentados na Figura 12.

A través da comparação entre os requisitos de projeto e dos clientes, forma percebidos com mais confiabilidade os requisitos com mais importância para a concepção, além de que a sua aplicação adicionou as correlações entre os requisitos de projeto, que dessa maneira farão com que o produto final apresente maior qualidade, atendendo a expectativa dos clientes de uma forma mais refinada. A sua aplicação proporciona mais segurança com relação aos requisitos que deverão ter maior atenção, bem como aqueles que deverão ter menor importância.

Na parte central do QFD, ou corpo, o grau de relacionamento entre os requisitos de projeto e dos clientes para hierarquização é determinado pela relação entre o requisito do cliente e do projeto, através de uma relação forte, média moderada, ou uma relação fraca, ou ainda, sem relação alguma. No “telhado” do QFD, foi analisada a relação entre os requisitos de projeto, respondendo a seguinte pergunta para valorar o requisito: Se aumentar ou melhorarmos algum requisito, as consequências serão positivas ou negativas, ou não terão nenhuma relação com o requisito comparado? Dessa forma estamos assegurando que recursos e tempo sejam bem empregados no projeto.



Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

4.1.6 Estabelecer as especificações do projeto

O resultado do QFD é a hierarquização dos requisitos do projeto conforme Figura 12. O passo seguinte depois da hierarquização, é atribuir valores-meta para esses requisitos, convertendo estes requisitos, nas especificações do produto. É usual, separar as especificações em três grupos, estes são conhecidos como “terços”, para realizar uma divisão visual que permite priorizar os requisitos de maior importância. O terço superior está apresentado no Quadro 6.

Quadro 6. Requisitos primários das especificações de produto

Nº	Requisito	Meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
1	Possuir função liga/desliga, ajuste de velocidades e inversão de giro do rotor	Componentes padronizados	Análise do projeto	Componentes especiais, dificultar operação, destruir os favos
2	Facilidade de operação	Acionamentos elétricos por botoeiras	Análise do projeto	Incremento de custos em componentes
3	Rotação deve permitir extração do mel*	Extrair mel o suficiente	Observação visual em testes	Quadros gotejarem mel após o processo
4	Possuir materiais adequados ao uso destinado	Satisfazer a norma ABNT NBR 16572	Análise matérias primas do mercado/Análise do projeto	Uso de materiais impróprios para máquinas alimentícias
5	Possuir acionamento gerado por motor elétrico	Possuir motor elétrico convencional	Análise do projeto	Força e movimento gerados manualmente
6	Satisfazer a norma ABNT NBR 16572	100%	Comparando o projeto final com a norma	Estar em desconformidade com aspectos legais
7	Comportar vários tipos de quadros	Comportar os modelos propostos	Análise do projeto	Atender apenas o modelo "padrão"
8	Não apresentar rebarbas, cantos vivos, superfícies ásperas e respingos de solda	0	Visual / Análise do projeto	Riscos a montagem / Dificuldade no processo de limpeza da máquina

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Como observado no Quadro 6, estas especificações podem ser consideradas de maior importância no projeto, para que produto tenha sucesso, isso se deve ao fato de que através da aplicação do QFD, estes requisitos apresentaram relação mais forte com as expectativas dos clientes. A seguir, no Quadro 7, temos o terço médio das especificações, denominado aqui de requisitos secundários.

Quadro 7. Requisitos secundários das especificações de produto

Nº	Requisito	Meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
1	Ter maior capacidade de centrifugação	> 8 quadros de melgueira	Análise do projeto	Não atender a meta
2	Possuir proteções físicas nas partes móveis	100% durante funcionamento	Análise do projeto	Acrescentar riscos de acidentes
3	Baixo custo de produção	Até R\$ 2000,00	Análise dos fornecedores/Soma dos custos	Exceder o custo
4	Possuir rotor enclausurado durante funcionamento	Possuir tampa	Análise do projeto	Não atender o requisito
5	Vida útil média	≥ 5 anos	Testes de campo	Incremento de custos de materiais/Insatisfação do cliente
6	Alimentado por fonte elétrica	100%	Análise do projeto	Usar força muscular
7	Ter manutenção simples	Ser possível realizar manualmente	Análise do projeto	Componentes especiais

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Por fim, o último terço, denominado terço terciário no Quadro 8, traz os requisitos avaliados como menos importantes no QFD, entretanto, é preciso afirmar que estas informações presentes no quadro não devem ser ignoradas durante as próximas fases do projeto, por mais que eles não tenham uma relação muito significativa com os requisitos de cliente, estas informações não devem ser descartadas, assim como os requisitos secundários, contém informações que os clientes esperam no produto, devendo essas informações menos relevantes continuar fazendo parte do desenvolvimento do projeto, pois estas especificações também impactarão no sucesso do projeto.

Quadro 8. Requisitos terciários das especificações de produto

N°	Requisito	Meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
1	Ter componentes de simples fabricação	Adequar projeto a ferramental padrão	Análise do projeto	Incrementar os custos
2	Utilizar ferramentas e máquinas padrão para montagem e fabricação	100%	Análise do que os fornecedores de serviços possuem	Ser necessário o uso de máquinas e/ou ferramentas especiais
3	Possuir materiais padronizados	50%	Análise do projeto	Uso de materiais especiais
4	Ter peso reduzido	Escolher materiais leves	Pesagem do produto	Redução da qualidade
5	Possuir bocal de saída que impeça vazamentos enquanto fechado	1	Análise do projeto	Não possuir saída
6	Facilidade de acesso para higienização	Tampa removível	Análise do projeto	Dificuldade de acesso a limpeza
7	Possuir materiais de baixa espessura	≥ 2 mm para chapas em 50% do produto	Análise do projeto	Incremento de peso e custos

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

4.1.7 Avaliar e aprovar fase

A última etapa da fase de projeto conceitual existe exclusivamente para revisar todas as informações das etapas anteriores, isso se deve a serem muitas informações gerenciadas até o momento. Ao final da fase de avaliação, uma aprovação para continuação dos trabalhos é uma prioridade, se tudo estiver de forma clara e alinhada, poderemos prosseguir.

Portanto, após a aplicação de todas as ferramentas e técnicas, os resultados das etapas anteriores parecem encontrar-se bem definidos e com fortes indicadores que proporcionam uma boa credibilidade em sua obtenção. Com todas as informações necessárias do projeto conceitual já definidas o projeto passa para a fase conceitual, abordada no próximo capítulo.

4.2 PROJETO CONCEITUAL

A fase do projeto conceitual possui quatro objetivos principais, sendo eles: o modelamento funcional do produto, matriz morfológica contendo os princípios de solução para as funções do produto, buscar alternativas de solução, e realizar a

seleção da concepção final. Estes objetivos estão ordenados na sequência, pelos mesmos subtítulos apresentados na metodologia.

4.2.1 Verificar escopo do problema

Para projetar uma centrífuga de forma que satisfaça as principais características que a mesma deve conter, a técnica do Diagrama de Mudge e o QFD, deixaram os requisitos mais claros e diretos, evitando de certa forma, que preconceitos e preferências pessoais do projetista se sobreponham sobre a real necessidade. O Escopo do projeto relaciona os requisitos mais importantes, porém é necessário considerar cada um deles, independente do grau de importância, sob risco de deixar o produto fora do especificado.

Nesta etapa é necessário estabelecer uma função global para o produto que está sendo projetado, no entanto para facilitar essa atividade, talvez seja necessário omitir alguns requisitos de menor relevância. Para desenvolvimento da função global foram considerados os seguintes requisitos:

- Manutenção simples;
- Facilidade de operação;
- Vida útil longa;
- Rotação deve permitir extração do mel;
- Partes móveis devem possuir proteções físicas para garantir integridade física dos operadores;
- Permitir além botão liga/desliga, ajuste de velocidades durante operação para não destruir os favos;
- Uso de materiais próprios para máquinas de processamento de alimentos (inoxidáveis e inertes a reações químicas com o mel);
- Baixo peso.

Com a definição dos requisitos fundamentais, fica mais fácil a transformação das informações quantitativas em qualitativas, para deixar os requisitos mais reduzidos e focados, melhorando a solução do problema do projeto.

- Ter boa durabilidade atendendo as normas legais de segurança e ergonomia;
- Componentes bem unidos, em uma montagem simples e compacta, sem apresentar interferências de montagem;

- Atender expectativas de praticidade, agilidade de produção e ser adaptado a cadeia produtiva que se deseja operar a máquina.

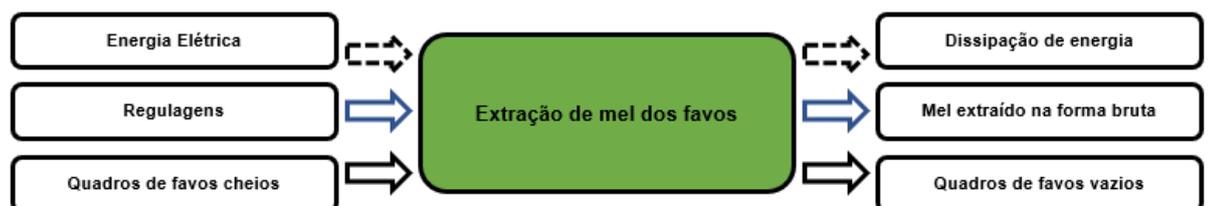
A partir desses pontos levantados acima, a função global do produto ficou definida como: “Máquina centrífuga extratora de mel de grande durabilidade, que atende as normas de segurança e ergonômicas, onde o projeto simples e compacto, com uma qualidade elevada dos componentes dos componentes, proporciona praticidade, agilidade de produção, de acordo com o que é demandado para os processos de extração de mel da apicultura.”

4.2.2 Estabelecer estrutura funcional

Anteriormente definimos a função global do produto, nesta etapa é necessário criar alguns fluxogramas para um melhor entendimento das operações fundamentais do equipamento. A tarefa realizada aqui, consiste em descrever as funções e as capacidades desejadas, ou necessárias para que o produto final possa ser criado, de tal maneira que possa desempenhar seus objetivos conforme especificações.

Para dar início, cria-se de forma superficial, a função global composta pelas entradas e saídas (sinais, materiais, energia), onde teremos como entrada a energia elétrica alternada, os quadros de favos cheios, já desoperculados, e por fim, as regulagens manuais feitas pelo operador durante o processo. Conseqüentemente, teremos como saídas a energia dissipada (através de calor, ruídos, vibrações, entre outras), o mel extraído na forma bruta, ou seja, com impurezas naturais a serem separadas por filtragem e decantação mais adiante no processo, como também teremos os quadros de favos vazios, para serem reutilizados. Esta tarefa constitui o primeiro objetivo principal do projeto conceitual, conforme disposto na Figura 13.

Figura 13. Fluxograma da função global do produto

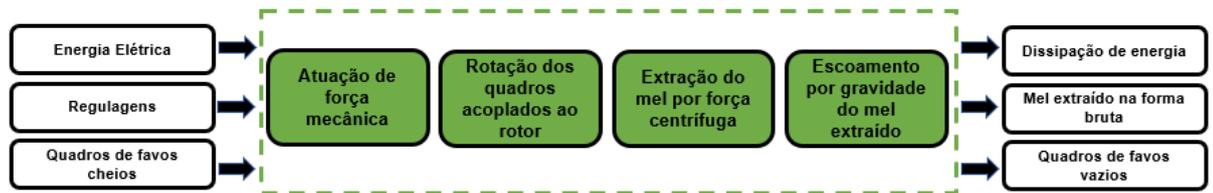


Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Dando sequência a essa etapa do projeto, determinou-se uma estrutura mais simplificada do produto, de menor complexidade, onde possivelmente as primeiras

funções mais específicas que farão parte das concepções da centrífuga extratora de mel. A função global anterior foi desdobrada, onde, essas funções são decompostas em funções mais simples até que se encontre um nível de complexidade ideal, para que estas auxiliem a demonstrar soluções mais específicas para o problema. Nesse fluxograma estão expostas as 4 funções específicas que este projeto tem como fundamentais, conforme mostra a Figura 14.

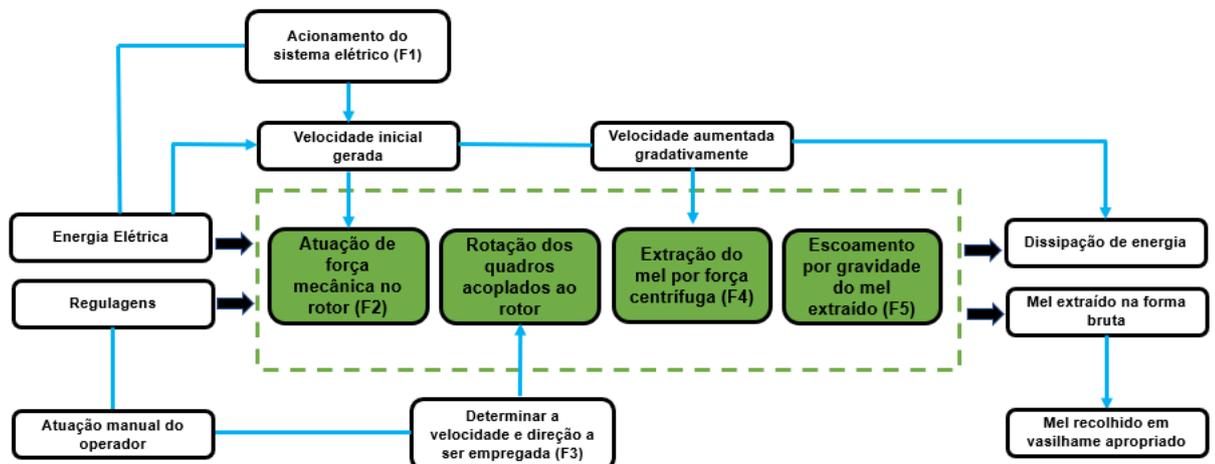
Figura 14. Fluxograma da estrutura global simplificada



Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Para concluir o objetivo do estabelecimento da estrutura funcional, foi desenvolvida uma estrutura ainda mais simplificada, com menor complexidade, demonstrando como cada função do produto tem alguma correlação com as demais, e as relações das funções com as entradas e saídas, onde devem ser simples, para que se direcione a sistemas simples, na Figura 15 estão demonstradas as 5 funções específicas que o produto deverá conter.

Figura 15. Estrutura funcional definida



Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

O nível de detalhamento da Figura 15 representa o modelamento funcional do produto, sendo que agora que foi definido, representa a base de informações necessárias para a pesquisa por princípios de soluções para suas funções. O Quadro 9 cita as 5 funções que compreendem o produto em si, bem como uma breve explicação do que cada função vai desempenhar, assim como as entradas e saídas do sistema, para obtermos um entendimento geral com relação a cada função básica do produto, e eventuais problemas a serem observados no projeto.

Quadro 9. Descrição das funções básicas da centrífuga

Função	Descrição	Entradas	Saídas
F1 - Acionamento do sistema elétrico	Acionar alimentação de energia elétrica	Energia elétrica	Energia Mecânica
F2 - Atuação de força mecânica no rotor	Impor movimento e aceleração aos quadros de favos	Quadros de favos e energia mecânica	Força centrífuga
F3 - Determinar a velocidade e direção a ser empregada	Regulagens manual	Energia mecânica	Incremento na força centrífuga
F4 - Extração do mel por força centrífuga	Multiplicação da aceleração da gravidade nos quadros de favos	Força centrífuga	Energia dissipada, mel e quadros de favos vazios
F5 - escoamento por gravidade do mel extraído	Escoamento por gravidade do mel extraído	Força gravitacional	Mel

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

4.2.3 Pesquisar por princípios de solução

Dando sequência a pesquisa, para cada função definida nas etapas que precedem a atual, vamos dar forma física a essas funções, em outras palavras vamos designar formas físicas a essas funções, escolhendo para cada função, pelo menos três formas físicas que as mesmas possam apresentar. Para cada função específica serão geradas formas e características de design mais criteriosas para atender cada função, por isso é necessário buscar mais de uma opção, para dar solidez a pesquisa.

A estrutura de funções da Figura 15 representa o modelamento funcional do produto, que por sua vez serve como principal fonte de inspiração para buscar informações sobre princípios de solução para suas funções, para atingir as expectativas dos clientes, conforme apresentado na ferramenta Matriz Morfológica destes princípios, da Figura 16. As imagens presentes na matriz foram retiradas de

catálogos disponibilizados online por fornecedores, ou foram modelados, utilizando software *Solidworks*.

Figura 16. Matrix Morfológica dos princípios de solução para as funções do produto

Funções	Princípios de solução		
	1	2	3
F1 - Acionamento do sistema elétrico	Botão Bipolar 	Tomada 	Interruptor 
F2 - Atuação de força mecânica no rotor	Motor elétrico convencional 	Motor elétrico vertical 	Motor Motoredutor 
F3 - Determinar a velocidade e direção a ser empregada	Chave Comutadora Reversora 	Controlador de velocidade e inversor de giro 	Painel 
F4 - Extração do mel por força centrífuga	Centrífuga Radial 	Centrífuga Horizontal 	Prensagem e centrifugação 
F5 - escoamento por gravidade do mel extraído	Calha 	Fundo afunilado 	Torneira registro corte rápido 

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

4.2.4 Combinar princípios de solução

A matriz morfológica expôs os princípios de solução para cada função. Assim sendo, etapa realizou-se uma comparação entre cada princípio apresentado em

particular, com as informações sobre especificações de projeto. Ao utilizar as alternativas impostas na matriz morfológica, temos princípios de solução designados para atender a função global do projeto. Conforme citado pela metodologia, foram escolhidas combinações que de fato condizem com as expectativas de cliente e projeto. Para esta pesquisa, foi indispensável verificar e analisar a concordância das alternativas dos princípios de solução, com aquelas especificações do projeto definidas na fase de projeto informacional. Entre as concepções levantadas com maior possibilidade de se tornar a versão final do produto, algumas acabaram por não serem relacionadas entre as concepções geradas, isso se deve a discordâncias entre elas e os requisitos levantados, bem como a necessidade de recursos adicionais foi avaliada. Desta maneira, a Figura 17 apresenta as 2 combinações potenciais para atingir as expectativas do projeto.

Figura 17. Alternativas de concepção para o produto

Funções	Princípios de solução	
	1	2
F1 - Acionamento do sistema elétrico	Botão bipolar 	Tomada 
F2 - Atuação de força mecânica no rotor	Motor Motoredutor 	Motor elétrico convencional 
F3 - Determinar a velocidade e direção a ser empregada	Controlador de velocidade e inversor de giro 	Painel 
F4 - Extração do mel por força centrífuga	Centrífuga Vertical 	Centrífuga Horizontal 
F5 - Escoamento por gravidade do mel extraído	Torneira registro corte rápido e cano curvo 	Torneira registro corte rápido e fundo afunilado 

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

4.2.5 Selecionar combinações

Após definidas as concepções, com maior possibilidade de transformá-las na versão final do produto, foi realizada a última etapa que se baseia em tomar a decisão mais satisfatória, comparando as concepções que restaram entre si, pela que efetivamente, será transformada no produto entregue aos clientes.

Conforme indicado pela metodologia, foi usada a técnica da matriz de decisão, para definir a concepção que mais se enquadra nos requisitos de projeto, esse método foi usado por apresentar de forma clara e direta, uma comparação entre cada concepção, relacionando cada concepção com o grau de importância com os

requisitos do cliente. A ferramenta aplicada está disposta para melhor entendimento no Quadro 10.

Quadro 10. Matriz de decisão para escolha final da concepção do produto

N°	Requisito	Importância	Concepções			
			1		2	
1	Possuir função liga/desliga, ajuste de velocidades e inversão de giro do rotor	463	+ 1	463	+ 1	463
2	Facilidade de operação	454	+ 1	454	+ 1	454
3	Rotação deve permitir extração do mel	414	+ 1	414	+ 1	414
4	Possuir materiais adequados ao uso destinado	409	0	0	0	0
5	Possuir acionamento gerado por motor elétrico	397	+ 1	397	+ 1	397
6	Satisfazer a norma ABNT NBR 16572	321	+ 1	321	+ 1	321
7	Comportar vários tipos de quadros	291	+ 1	291	+ 1	291
8	Não apresentar rebarbas, cantos vivos, superfícies ásperas e respingos de solda	217	0	0	0	0
9	Ter maior capacidade de centrifugação	212	0	0	0	0
10	Possuir proteções físicas nas partes móveis	189	+ 1	189	+ 1	189
11	Baixo custo de produção	185	+ 1	185	- 1	185
12	Possuir rotor enclausurado durante funcionamento	175	+ 1	175	+ 1	175
13	Vida útil média	165	0	0	0	0
14	Alimentado por fonte elétrica	163	+ 1	163	+ 1	163
15	Ter manutenção simples	145	+ 1	145	- 1	145
16	Ter componentes de simples fabricação	127	+ 1	127	- 1	127
17	Utilizar ferramentas e máquinas padrão para montagem e fabricação	123	0	0	0	0
18	Possuir materiais padronizados	102	+ 1	102	+ 1	102
19	Ter peso reduzido	103	+ 1	103	- 1	103
20	Possuir bocal de saída que impeça vazamentos enquanto fechado	97	+ 1	97	+ 1	97
21	Facilidade de acesso para higienização	74	+ 1	74	+ 1	74
22	Possuir materiais de baixa espessura	27	0	0	0	0
Nota da concepção			16		8	

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

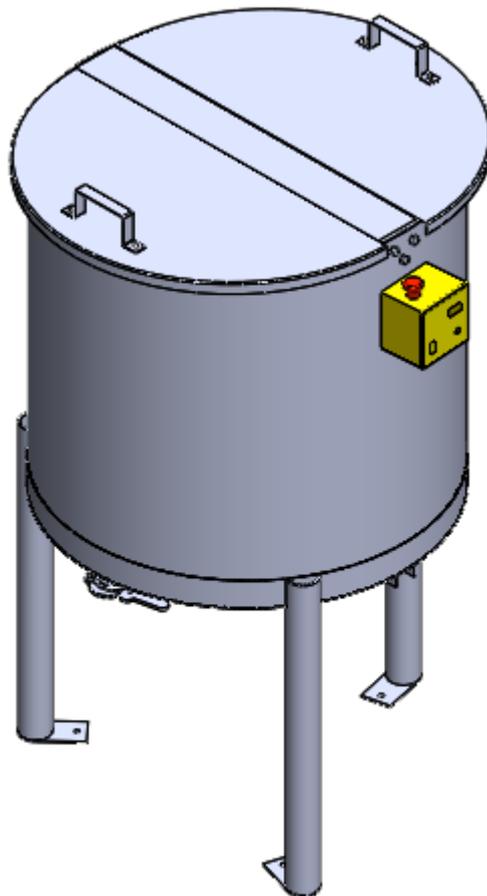
No Quadro 10, todas as concepções foram comparadas com os requisitos de projeto, para esclarecer o procedimento usado, deve-se explicar que para mensurar este impacto foram atribuídos valores numéricos da seguinte maneira:

- Valor “+1” para concepções com impacto positivo sobre o produto;
- Valor “0” quando este impacto era neutro;
- Valor “-1” quando o impacto das concepções tinha influências negativas sobre o requisito.

4.2.6 Evoluir em variantes de concepção

Com base nas informações compiladas até esta etapa e no desenvolvimento das etapas anteriores, foi determinada a concepção final do produto. A concepção com maior nota final foi reavaliada e adequada ao escopo do projeto. Conseqüentemente, ao final de toda a pesquisa realizada, podemos modelar o projeto, onde foi optado por modelar em 3D, utilizando o software *Solidworks* para tal fim. O desenho final não precisa necessariamente ser idêntico a versão final, mas tem como objetivo orientar o projetista, com relação as expectativas de design, dimensões, e arquitetura técnica. A Figura 18 representa a concepção final escolhida para a centrífuga extratora de mel.

Figura 18. Modelo 3D da concepção final do produto



Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

4.2.7 Avaliar e aprovar fase

Como sugerido na metodologia, e repetindo a etapa já realizada na fase anterior, este tópico se destina a revisar a fase de projeto de pesquisa feita até aqui, para encontrar oportunidades de melhorias e eventuais inconsistências nas informações compiladas.

4.3 PROJETO DETALHADO

A fase do projeto detalhado se beneficia das informações recolhidas e refinadas nas duas fases anteriores, onde a fase conceitual, teve um grande peso sobre as tarefas que serão executadas nesta fase, pois, as decisões tomadas na fase conceitual, que definiram a concepção final do produto, ou seja, o design e características que devem ser projetadas. Seguindo este cenário, partiu-se para a elaboração dos SSCs (sistemas, subsistemas e componentes) no ambiente virtual, por meio de software CAD, no caso o *SolidWorks*. Neste capítulo, seguindo a metodologia, serão separados os conjuntos mecânicos de acordo com suas funções no projeto do equipamento. Também, conforme recomendado pela metodologia se fará uma busca por materiais e componentes padronizados e de catálogos, para melhor atender o projeto.

4.3.1 Quadros das melgueiras

A Figura 19 ilustra os quadros da melgueira e ninho modelados em 3D para fins de comparação, os mesmos foram usados para testar se a montagem CAD final atingiu os objetivos, e identificar possíveis interferências. Foram modelados os quadros de melgueira e ninho, tanto para o sistema Langstroth de 25 mm de espessura, quanto para o de 35 mm de espessura.

Figura 19. Quadro da melgueira (esquerda) e do ninho (direita)



Fonte: Autor (2021).

4.3.2 Torneira registro de corte rápido

O modelo de torneira registro de corte rápido escolhido dentre as opções do mercado apresenta-se na Figura 20, onde, o motivo da escolha do item se deu por ser um item barato nos catálogos. Este tipo de registro é usado para interromper o fluxo de mel imediatamente, realizando um “corte” no fluido de alta viscosidade. O corpo da torneira é fabricado em polímero atóxico com certificação para uso alimentício, com elementos de fixação fabricados em aço inox 304, isso por que os feitos em polímeros costumam quebrar com montagens e desmontagens constantes, também possui vedação junto a rosca para evitar gotejamento.

Figura 20. Modelo da concepção escolhida do registro de corte rápido

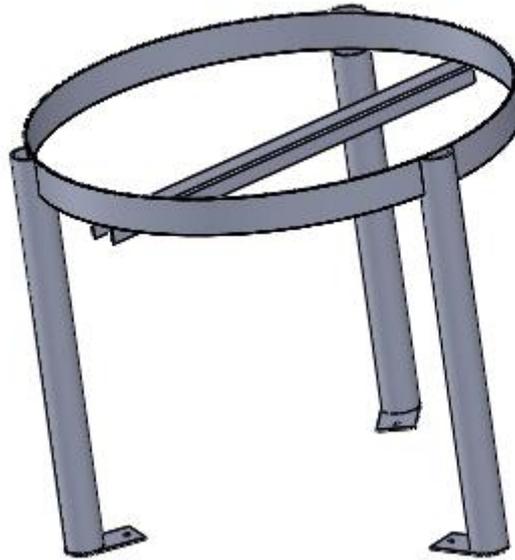


Fonte: Catálogo da internet do site Mercado Livre (2021).

4.3.3 Estrutura de sustentação da centrífuga

A estrutura de sustentação da centrífuga na Figura 21, tem a finalidade de dar sustentação física ao tambor e proporcionar altura ergonômica adequada de trabalho. A altura teve de respeitar a altura máxima dos baldes comumente usados para recolher o produto escoado, considerou-se a altura mínima de 280 mm para projetar a estrutura. Essa estrutura será fabricada inteiramente em aço SAE 1020.

Figura 21. Estrutura de sustentação



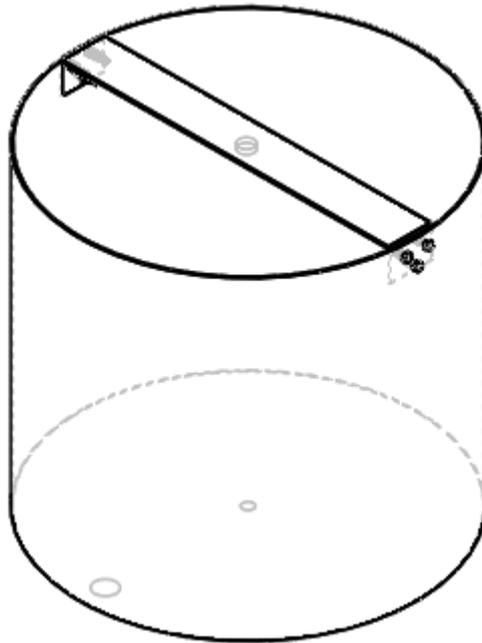
Fonte: Autor (2021).

A estrutura de sustentação é formada por perfis tubulares de diâmetro 50 mm com parede de aproximadamente 2 mm, também há a presença de uma barra chata que deverá passar por processo de calandragem, e por último um perfil em “U”, que servirá de sustentação ao fundo, e base de fixação ao motor, onde bem ao meio da viga se localiza um furo por onde passará o eixo do rotor. A estrutura possui pés feito em chapas para aparafusar a máquina ao chão, distribuindo vibrações provenientes do motor. Toda estrutura deverá ser soldada pelo processo de soldagem MAG (*Metal Active Gas*), e recoberto com pintura epóxi contra oxidação.

4.3.4 Tambor de contenção e rotor

A Figura 22 demonstra a modelagem do tambor de contenção da máquina, inteiramente projetado em aço inoxidável AISI 304, onde deverá ser usada chapa plana com acabamento 2B, polida (brilhante) em um dos lados, e acabamento opaco no lado que ficar para o exterior, e para fabricá-la é necessário usar o processo de calandragem, e proteger o lado de maior acabamento com um filme de plástico para não arranhar. Os elementos de fixação, porcas arruelas e parafusos, também deverão ser do mesmo material. As porcas deverão possuir material autofrenante para não se desprenderem com a vibração do equipamento. Os componentes deverão ser soldados mandatoriamente, pelos processos TIG, MIG/MAG ou eletrodo revestido para aço inoxidável.

Figura 22. Tambor com vista dos detalhes internos



Fonte: Autor (2021).

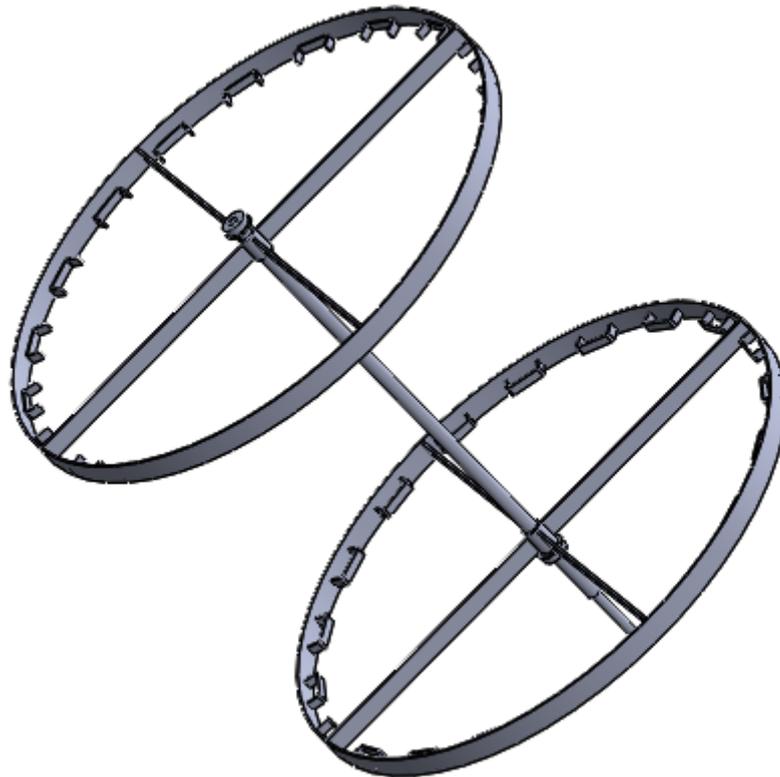
4.3.5 Rotor

A Figura 23, demonstra o rotor, que basicamente é formado por um eixo com dois arcos unidos por raios a buchas próximas as extremidades, contendo os encaixes dos quadros das melgueiras, essa estrutura deverá ser 100% em aço inoxidável AISI 304, os rolamentos também deverão ser em aço inoxidável com esferas, do tipo selados, para não haver contato da graxa com o produto alimentício, para facilitar a manutenção as câmaras dos rolamentos não são fixadas com parafusos, bastando desaparafusar a travessa superior, e o bucha inferior do eixo para realizar manutenções dos rolamentos.

Os encaixes em forma de “U” são o diferencial deste projeto, com uma simples modificação aumentando a largura interna de 25 mm para 35 mm, mais as tolerâncias, permitindo o encaixe dos quadros de melgueirão. A parte superior possui encaixes abertos para direção interna, enquanto a inferior, possui a abertura virada para o externo, isso faz com que, mesmo que clientes utilizem quadros com largura de 25 mm, não haja problemas no seu uso, pois a parte inferior vai continuar fornecendo apoio, e a folga no sentido radial não interfere no funcionamento da máquina apesar de no acionamento da máquina eles tenderem a deslizar para um lado, se apoiando

nos encostos, e como a máquina tende a “lançar” os quadros para fora não haverá como os mesmos caírem e causarem danos.

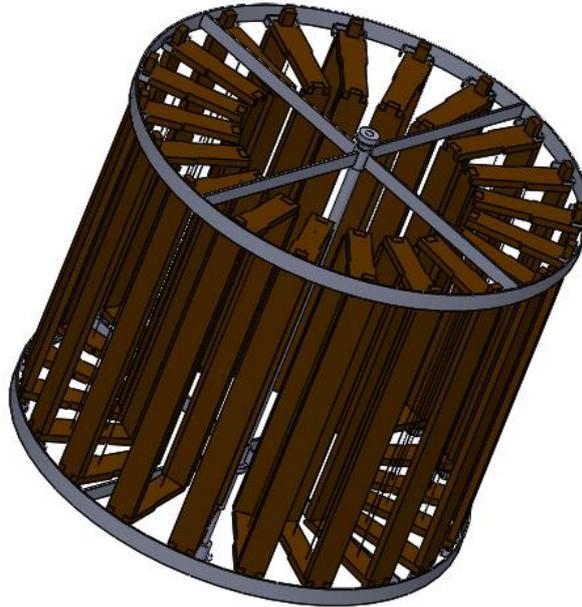
Figura 23. Rotor



Fonte: Autor (2021).

A Figura 24 demonstra a montagem dos quadros realizada no rotor para identificar possíveis interferências, e identificar o design de posicionamento dos quadros. Foram verificadas as 4 dimensões de quadros, que se mostraram livres de interferências.

Figura 24. Rotor carregado

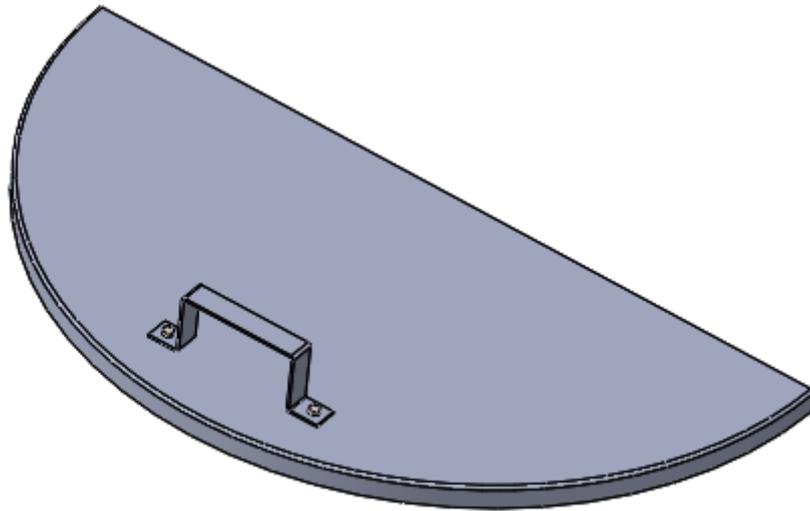


Fonte: Autor (2021).

4.3.6 Proteções físicas

Na Figura 25 podemos observar a tampa, toda em aço inoxidável AISI 304, com manípulo simples, elementos de fixação em aço inoxidável, no caso parafusos sextavados de 20 mm x 6 mm. Serão duas peças separadas, iguais, sem dobradiças, apenas encaixes formados por dobras na própria chapa. Nas tampas deverá conter adesivo alertando o operador sobre os perigos de colocar a mão dentro da máquina sem a tampa durante o funcionamento, como forma de segurança visual.

Figura 25. Tampas



Fonte: Autor (2021).

4.3.7 Componentes elétricos externos

Primeiramente para satisfazer as normas, foram considerados o uso de itens como botoeira de emergência com trava de giro, com cabo blindado do tipo PP, contra interferências eletromagnéticas de outras máquinas, cabo este que acompanhara uma tomada comum e terá comprimento total de 2 m. Também via normas, deverá haver um parafuso de aterramento cobreado na estrutura de sustentação, para maior segurança. A Figura 26 ilustra a botoeira e o cabo elétrico, na sequência a Figura 27 demonstra o painel elétrico que foi modelado.

Figura 26. Componentes elétricos externos

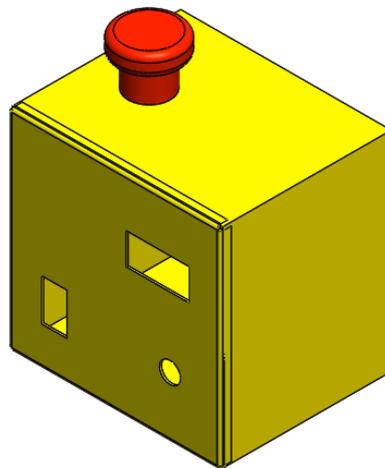


Fonte: Autor (2021).

4.3.8 Painel elétrico

As opções de painel elétrico padronizadas e prontas para compra e instalação eram muito caras, então optou-se por modelar um painel inteiramente em aço carbono, com chapa de aproximadamente 0,8 mm de espessura com acabamento de pintura. Os componentes a serem instalados serão uma fonte de potência, botão inversor de frequência para alterar a direção da rotação, e um potenciômetro para controlar a aceleração do rotor manualmente, e poderá vir acompanhado de um pequeno display de LED para mostrar a aceleração do motor.

Figura 27. Painel elétrico



Fonte: Autor (2021).

4.3.9 Motor Elétrico

A Figura 28 a seguir ilustra o modelo de motor encontrado no mercado compatível com a necessidade de uso, para uma centrífuga de 36 quadros, sendo que a centrífuga projetada possui dimensionamento para 20 quadros. É um motor elétrico do tipo motoredutor, que pode ter seu giro invertido. A proteção do motor leva em consideração a proteção mínima IP-21 requerida.

A decisão de escolha da potência do motor levou dois aspectos em consideração, para estimar a carga que este motor devia suportar, um deles foi uma estimativa de peso do rotor utilizando uma ferramenta do Solidworks para isso, sendo que a outra envolveu uma atividade de campo, onde juntamente ao apicultor, pesamos quadros de melgueira do tipo “melgueirinha” e do tipo “melgueirão”, onde foram selecionados os que tinham maiores pesos, para posterior multiplicação pelo número

de 20 quadros, e soma ao peso do rotor, para encontrar a situação de maior carga, e com a informação da carga que esse motor deveria suportar, foi feita uma busca em catálogos. Abaixo segue alguns dados desse trabalho de coleta de dados:

- Melgueirinha: 1,729 Kg bruto, peso vazio 0,331 Kg;
- Melgueirão: 3,289 Kg bruto, peso vazio 0,526 Kg;
- N° de Quadros: 20;
- Peso do rotor: aproximadamente 7Kg.

Figura 28. Motor motoredutor elétrico

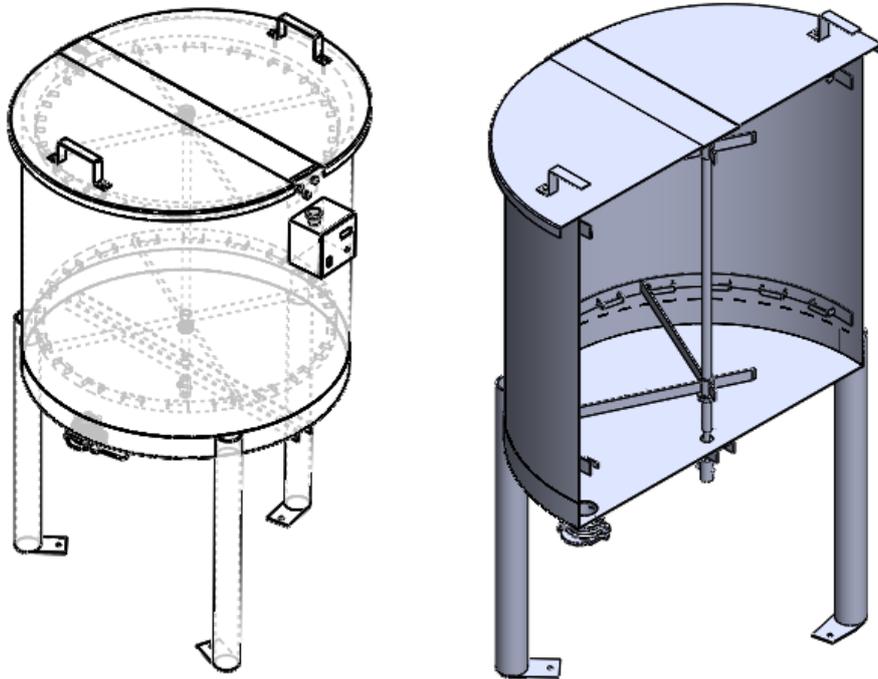


Fonte: Site de vendas do mercado livre (2021).

4.3.10 Visão geral do projeto

A seguir está exposto o conjunto completo projetado, ilustrando nas maneiras possíveis os detalhes internos, conforme Figura 29.

Figura 29. Centrifuga com aplicação de transparência, e com aplicação de vista em corte da montagem completa



Fonte: Autor (2021).

5 DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS

Este capítulo se destina a avaliar os resultados de forma quantitativa e qualitativa. Seguindo a metodologia, para entendermos se as metas foram alcançadas, temos de realizar a checagem do que foi proposto, com o que foi realizado de fato, e se os objetivos foram alcançados. A principal avaliação a ser feita aqui é mandatoriamente, a análise dos requisitos de projeto, que foram designadas para a concepção escolhida na fase de projeto conceitual, porém como um dos requisitos se trata de atender a norma NBR 16572, que contém vários requisitos dentro dela, foi necessário realizar uma “*checklist*” anterior ao dos requisitos do projeto para verificar se o requisito legal, estava de acordo.

Por fim, foi feita uma análise dos objetivos específicos, relatando os ganhos da automação do equipamento e sua relação com ergonomia. O último tópico deste capítulo determina as relações de ganhos do uso do “melgueirão” em relação a custos.

5.1.1 Requisitos de projeto e requisitos legais

Dando continuidade aos trabalhos, para entender se o projeto está de acordo com as regulamentações foi realizada uma checagem dos itens contidos na norma ABNT NBR 16572, esta checagem foi realizada primeiramente, antes mesmo da checagem das metas dos requisitos de projeto em geral, pelo fato de termos de dizer se o projeto atende a meta de 100% da norma contida nos requisitos do projeto informacional. O Quadro 12 faz um “*checklist*” da norma.

Quadro 12 Análise de atendimento dos requisitos da norma ABNT NBR 16572

N°	Requisito	Meta	Verificado no Protótipo
1	Partes em contato com o mel devem ser de aço AISI 304	100%	OK
2	Aço carbono (utilizado apenas nos componentes que não tenham contato com o produto)	100%	OK
3	Soldas TIG, MIG e eletrodo revestido para aço inoxidável	Atender	OK
4	Componentes em polímeros devem ser próprios para atóxicos	Atender	OK

5	Revestimento externo: Tintas epóxi ou poliuretano, ou Galvanização, zincagem e cromagem	Atender	OK
6	A capacidade do rotor da centrífuga é medida em número de quadros conforme a ABNT NRR 15713	20 quadros de melgueiras, 16 de ninho	OK
7	Com espaçadores?	Sim	OK
8	Rotor interno deve ser totalmente construído em aço inoxidável AISI 304, soldado pelo processo TIG.	100%	OK
9	Acabamento interno deve ser polido para padrão alimentício.	100%	OK
10	No caso da superfície externa, acabamento pode ser polido ou escovado.	Escovado	OK
11	O eixo deve ser apoiado nas extremidades (superiores e inferiores) por mancais de rolamento e com vedação por meio de retentor, que deve ser de material atóxico.	Atender	OK
12	Jogo de tampas em aço inoxidável AISI 304 ou acrílico atóxico	100% aço inoxidável AISI 304	OK
13	Saída de escoamento em aço AISI 304 ou polímero atóxico	-	OK
14	Registro de escoamento deve ser do tipo, registro de corte rápido ou torneira de esfera	Registro de corte rápido	OK
15	Estrutura de sustentação deve ser construída em aço-carbono com pintura epóxi ou poliuretano, ou em aço inoxidável AISI 304	Aço SAE 1020 com pintura	OK
16	Em caso de centrífuga elétrica deve se usar em sua estrutura parafusos apropriados para seu aterramento.	Atender	OK
17	Motor elétrico convencional com grau de proteção mínima IP-21	Atender	OK
18	Monofásico ou trifásico	Monofásico	OK

19	O mecanismo de redução de velocidade para o rotor interno deve ser localizado na parte inferior do corpo principal	Atender	OK
20	Para variação de velocidade do rotor interno, podem ser usados sistemas mecânicos ou eletrônicos	Eletrônicos	OK
21	Elementos de fixação: Para uso interno em contato com o mel, esses elementos devem ser de aço inoxidável AISI 304.	100%	OK
22	Os demais podem ser de aço galvanizado	100%	OK
23	Chave elétrica para acionamento: Deve ser de potência compatível com a capacidade do motor a atender a legislação vigente	Atender	OK
24	Deve ser usado cabo blindado tipo PP dimensionado com a tensão e corrente nominal do motor	100%	OK
25	As tomadas devem atender a legislação vigente e a ABNT NBR IEC 60309-1	Atender	OK

Fonte: Autor (2021).

O Quadro 13 faz a análise final do projeto, identificando nos casos que quesitos que foram possíveis de trabalhar, se o projeto atendeu os requisitos levantados.

Quadro 13. Análise de atendimento das especificações de produto

N°	Requisito	Meta	Verificado no Protótipo
1	Possuir função liga/desliga, ajuste de velocidades e inversão de giro do rotor	Componentes padronizados	OK
2	Facilidade de operação	Acionamentos elétricos por botoeiras	OK
3	Rotação deve permitir extração do mel	Extrair mel o suficiente	–
4	Possuir materiais adequados ao uso destinado	Satisfazer a norma ABNT NBR 16572	OK

5	Possuir acionamento gerado por motor elétrico	Possuir motor elétrico convencional	OK
6	Satisfazer a norma ABNT NBR 16572	100%	OK
7	Comportar vários tipos de quadros	Comportar os modelos propostos	OK
8	Não apresentar rebarbas, cantos vivos, superfícies ásperas e respingos de solda	0	–
9	Ter maior capacidade de centrifugação	> 8 quadros de melgueira	OK
10	Possuir proteções físicas nas partes móveis	100% durante funcionamento	OK
11	Baixo custo de produção	Até R\$ 2000,00	Não OK
12	Possuir rotor enclausurado durante funcionamento	Possuir tampa	OK
13	Vida útil média	≥ 5 anos	OK
14	Alimentado por fonte elétrica	100%	OK
15	Ter manutenção simples	Ser possível realizar manualmente	OK
16	Ter componentes de simples fabricação	Adequar projeto a ferramental padrão	OK
17	Utilizar ferramentas e máquinas padrão para montagem e fabricação	100%	OK
18	Possuir materiais padronizados	50%	OK
19	Ter peso reduzido	Escolher materiais leves	OK
20	Possuir bocal de saída que impeça vazamentos enquanto fechado	1	OK
21	Facilidade de acesso para higienização	Tampa removível	OK
22	Possuir materiais de baixa espessura	≥ 2 mm para chapas em 50% do produto	OK

Fonte: Autor (2021).

Algumas metas não foram possíveis de se alcançar, como por exemplo a meta de não apresentar rebarbas, cantos vivos, superfícies ásperas e respingos de solda, por não ter havido a construção do protótipo, como também foi o caso da análise da eficiência da extração, por não terem acontecidos testes. Porém a única que não foi alcançada foi a de custos do equipamento, que se deveu pelo fato do desconhecimento dos altos custos, do aço inoxidável, do motor e dos componentes eletrônicos.

5.1.2 Motor elétrico com acionamento eletrônico e melhoria ergonômica

Com o uso de motor para acionamento do rotor, o operador fica apenas com as tarefas de carga e descarga, e controle do processo. O processo pode ser inteiramente controlado por botões, onde o motor inicia seu movimento em baixa rotação, para atender também a necessidade de não destruí os favos, quando estes são macios, e conforme o mel vai se sendo extraído a velocidade pode ser aumentada com o uso do potenciômetro. Uma certa quantidade de mel fica do lado oposto a rotação, e esta pode ser extraída, invertendo o sentido da rotação.

Em relação aos problemas ergonômicos que o manipulador da máquina a manivela sofria, para efeito de cálculo, um apicultor com 90 caixas de abelhas, com 2 melgueiras em média por colmeia, equivalem a 1.800 quadros para serem centrifugados manualmente a cada colheita, e se realizam de duas a três colheitas anuais, e isso equivale a um trabalho laboral muito intenso. Pode-se concluir via uso da lógica que a energia gasta pelos operadores será muito menor, e poderá evitar problemas futuros, além da economia de tempo e aumento da produtividade que essa melhoria irá proporcionar.

5.1.3 Uso de melgueira Langstroth padrão e “melgueirão” no mesmo equipamento e as reduções de custos

Entretanto para atender os requisitos legais de uso de materiais apropriados e de segurança, foi usado aço inoxidável, e também da necessidade do cliente por automação, cujos componentes são complexos, isso tudo elevou o custo final do equipamento.

Ficou evidente que o projeto não teria muita abertura com relação aos custos, então partiu-se para o processo. O projeto atendeu de uso de quadros de dimensões diferentes, tanto os quadros padrões Langstroth americano da melgueira e do ninho (25 mm), quanto a necessidade particular de uso diferencial do quadro “melgueirão” na melgueira e no ninho (35 mm).

O uso do “melgueirão”, não aumenta significativamente a produtividade de mel, porém, o ganho está no processo de centrifugação mais rápido, redução de custo operacional de centrifugação, de pessoal, de ambiente adequado para colocar os quadros enquanto processa, tempo de centrifugação se reduz, quantidade de água,

sabão e álcool para limpeza, além da economia com cera alveolada e com material para fabricar mais quadros, enfim, o ganho está na quantidade de quadros para centrifugar, para fins de cálculo, 130 caixas padrão, com duas melgueiras em média para cada colmeia, equivalem a 2600 quadros, já com o uso de melgueirão, são 2080 quadros, ou seja, 520 quadros a menos para centrifugar.

A redução de custo mais expressiva se dá pelo uso em menor quantidade de cera alveolada. Para cada 1 Kg de cera alveolada, vem cerca de 14 lâminas, e esta quantia custa em média R\$66,00. Usando o exemplo do apicultor do parágrafo acima, isso significaria uma redução de custos de cerca de R\$2.451,00 reais a cada vez que for realizar a troca, valor que representa uma redução de custos interessante para um pequeno agricultor.

A simples iniciativa de adaptar o rotor para quadros mais largos contemplou grandes ganhos em produtividade, mas se destacou provavelmente pelos custos operacionais e de materiais que levará a reduzir nas propriedades de pequenos agricultores que geralmente possuem margens de lucro pequenas. Com relação aos custos, a própria redução do tempo de processamento com o uso de motor elétrico também é um grande fator.

Como sugestões para trabalhos futuros: Realizar uma pesquisa mais ampla com um número de entrevistados entre 20 e 40 agricultores, incluindo agricultores de outros municípios para refinar os requisitos dos clientes, e obter mais variações de respostas. Também deve-se destacar a necessidade de gerar dados de campo através de testes, já que produto não foi fabricado. Uma última sugestão seriam trabalhar em uma pesquisa de uso de materiais poliméricos na construção da centrífuga.

Os requisitos de clientes e de projeto, enfatizando aqui os requisitos impostos pelas normas foram atendidos de alguma forma de acordo com o peso que cada um tinha no projeto, apenas deixando de fora os itens relacionados a fabricação e teste de campo que pelo fato da ausência da construção física do protótipo ficaram ausentes de uma resposta, necessitando que trabalhos futuros venham a respondê-los.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em mente que o objetivo desta pesquisa era buscar soluções para as necessidades dos clientes, e que estas necessidades geraram os 5 objetivos específicos do projeto, conclui-se respectivamente para cada requisito que:

Com relação a ergonomia, o desgaste físico do apicultor será muito menor com o uso do motor, e comandos elétricos, além de ser evidente a economia de tempo e aumento na produtividade com o uso desse aperfeiçoamento.

O acionamento eletrônico satisfaz a necessidade de movimento inicial baixo, elevação gradativa da aceleração, e inversão de velocidade para expulsar o mel residual dos favos.

A simples alteração nas dimensões do encaixe para uso de quadros mais largos, trouxe intercambialidade, redução de custos operacionais e de material para o apicultor.

Inicialmente se pretendia reduzir custos na máquina em si, mas não foi possível, porém o uso de quadros mais largos, trará economia em outras áreas da atividade, tais como:

- Redução de custos operacionais de centrifugação (menos quadros);
- Menos mão-de-obra necessário;
- Menor necessidade de ambiente adequado para estocar melgueiras;
- Tempo menor dedicado;
- Menor quantidade de sabão, água e álcool para limpeza;
- Menor quantidade de material para fabricar quadros (arame, pregos);
- Menor quantidade de cera alveolada necessária.

Para o apicultor que tinha 130 colmeias, haverá redução de custo, apenas com cera alveolada, de R\$ 2450,00 reais por troca de favos. Para tanto, todos os itens acima retornam através de redução de custos, o valor de aquisição da centrífuga extratora, e quanto maior a produção, maior o retorno em redução de custos.

O projeto atendeu as necessidades legais satisfazendo 100% a norma ABNT NBR 16572, podendo ser vendido a apicultores que desejam regularizar a atividade perante o governo.

REFERÊNCIAS

- AMIRANTE, R.; CATALANO, P. Fluid Dynamic Analysis of the solid-liquid Separation Process by Centrifugation, Journal Agricultural Engineering Research, vol. 77, N° 2, p. 193 – 201, 2000.
- ALMEIDA, M. A. D. de; CARVALHO, C. M. S.; Apicultura: UMA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEL, Salvador – Ba; Sebrae Bahia, 2009, 52 páginas.
- ABNT - Associação Brasileira de normas Técnicas – Apicultura – Equipamento – Centrífuga Apícola: ABNT NBR 16572:2016, 6 pág.
- BOAS PRÁTICAS NA COLHEITA, EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DO MEL, EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Documento 78, 2003.
- BAXTER, M. R.; PROJETO DE PRODUTO: Guia prático para o design de novos produtos; 2° Edição Rev., Editora Blucher, traduzido por Itiro Lida, São Paulo: Blucher.
- COUTO, R. H. N., COUTO, L. A., Apicultura: manejo e produtos. FUNEP. Jaboticabal, 1996, 156 páginas.
- COSTA; C. C.; PEREIRA. R.G.; Dario de A. Prata Filho INFLUÊNCIA DE CENTRÍFUGA NO PROCESSAMENTO DO MEL DE ABELHA; Niterói – RJ, 2005.
- CENTEC, Instituto Centro de Ensino Tecnológico. Apicultura. – 2° Ed. Rev. – Fortaleza: Edições Demócrito Rocha; Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004, 56 páginas: 2 Ed. Colorida – (cadernos Tecnológicos).
- CREMASCO, M. A., Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidos Mecânicos. 2° Ed. São Paulo: Editora Blücher, 2014.
- CORRÊA, M. P. F.; Produção de Mel. Embrapa. 2003.
- WIESE, H.; Nova apicultura, atualizado e ampliado por James Arruda Salomé, 10° Ed. Guaíba: agrolivros, 2020, 544 p., (E-Book).
- FOUST, A.S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L., ANDERSEN, L. B. Princípios das Operações Unitárias. 2° Edição, Guanabara dois, Rio de Janeiro, 1982
- GOMIDE, R. Operações Unitárias. 3° Volume: Separações Mecânicas. Edição do Autor. São Paulo, 1980.
- GRANDI, A. M.; Avaliação de duas Centrífugas para Remoção de Água Superficial do Café, Viçosa, Minas Gerais, 2003, Tese Doutorado.
- PASOTTO, M. B.; JUNIOR S. A.; PASOTTO; L. H. P; Tópicos em Separações Mecânicas; Coleção UAB – UFSCar, Tecnologia Sucroalcooleira, Editora EdUFSCar. 1° Edição, São Carlos – São Paulo, 2011.
- PROJETO INTEGRADO DE PRODUTOS: Planejamento, Concepção e Modelagem; BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C.; Editora Manole, Barueri, São Paulo, 1° Edição, 2008.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K.; Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo, Editora Saraiva, São Paulo, 1º Edição, 2006.

SILVA, C. J. C.; PRODUÇÃO DE MEL EM MELGUEIRAS LANGSTROTH DE OITO E DEZ QUADROS, Rio Largo – Alagoas, 2019.

WOLFF, L. F.; MAYER, F. A.; A apicultura no Desenvolvimento Agroecológico da Reforma Agrária no Rio Grande do Sul, EMBRAPA Clima Temperado, DOCUMENTO 351, Pelotas – RS, 2012.

ZIEGLER, C.; SINIGAGLIA, T.; MICHELS, A.; Desenvolvimento de um equipamento para a produção de cera alveolada, Holos, Vol. 2. Rio grande do norte, Natal, Brasil, 2016.

Site da internet:
<https://www.mezzaliramix.com.br/colmeiapadraolangstrothcom01ninho02melgueirascoberturadezinco?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAjw7KBhAMEiwAxfpKWmpFCwRUWVI50ZqqfVm3vludDOzhr_nAw31NNhwPuqGM6KTAWNvoZxoCJhsQAvD_BwE>; Acessado em 18/08/2021.

Site da internet: <<http://bragante.br.tripod.com/centrifuga.html>>; Acessado em: 16/11/2021.