



Cristiano Ziegler

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO PARA A
PRODUÇÃO DE CERA ALVEOLADA**

**Horizontina
2014**

Cristiano Ziegler

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO PARA A PRODUÇÃO
DE CERA ALVEOLADA**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Ademar Michels, Dr.

Horizontina

2014

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

“Desenvolvimento de um Equipamento para a Produção de Cera Alveolada”

Elaborada por:

Cristiano Ziegler

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

**Aprovado em: 12/11/2014
Pela Comissão Examinadora**

**Prof. Dr. Ademar Michels
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Prof. Me. Anderson Dal Molin
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

**Prof. Dr. Fabiano Cassol
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

**Horizontalina
2014**

DEDICATÓRIA

A família, a base de tudo na minha vida. A minha namorada, grande companheira e amiga. Aos amigos e colegas, pessoas que permanecem eternamente na minha memória. Aos professores, que possuem o poder de transmitir o conhecimento.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por proporcionar uma vida com oportunidades e permitir a conclusão de mais uma etapa. A família que sempre incentivou a busca pelo conhecimento e pelo seu apoio em todos os momentos desta jornada. A minha namorada pelo carinho, paciência e motivação em cada passo dado. Ao professor orientador deste trabalho Dr. Ademar Michels pela compreensão, amizade e transferência do conhecimento. Aos demais professores da instituição que fizeram parte da minha vida acadêmica, proporcionando companheirismo e educação com qualidade. A todos um sincero muito obrigado.

"Se as abelhas desaparecerem da face da terra, a humanidade terá apenas mais quatro anos de existência. Sem abelhas não há polinização, não há reprodução da flora, sem flora não há animais, sem animais não haverá raça humana".

(Albert Einstein)

RESUMO

A cera alveolada é muito importante para a produção de mel, pelo fato de que minimiza o trabalho e o gasto de energia das abelhas na produção dos favos, por conter marcações dos alvéolos, em formato hexagonal, a mesma é fornecida em placas para a produção dos quadros das colméias. O problema em questão é que existem poucos equipamentos que produzem cera alveolada, limitando o processo. Sendo assim, é de grande importância o desenvolvimento de equipamentos destinados a produção de cera alveolada em larga escala, possibilitando novas oportunidades para os apicultores. Desse modo, o objetivo principal do trabalho é desenvolver um equipamento capaz de transformar cera bruta em cera alveolada, levando em conta, as características e métodos existentes para alveolar a cera de abelha, encontradas nas bibliografias existentes, e a definição desses processos, bem como, realizar testes para aferir alguns processos do equipamento, através de experimentos práticos, seguidos da elaboração de desenhos com auxílio computacional. Para alcançar os objetivos expostos no trabalho foi realizada pesquisa bibliográfica, para verificar as características físicas da cera de abelha, e a definição dos processos necessários para transformar cera bruta em cera alveolada. Além disso, foi desenvolvido um protótipo para atestar alguns processos do equipamento, como as temperaturas necessárias de trabalho e a confirmação se a cera vai de fato solidificar-se junto a alguma superfície com temperatura mais baixa. No presente trabalho também são apresentados detalhadamente os seguintes resultados: teste do protótipo, sistema de derretimento da cera, sistema de laminação da cera, sistema de modelagem da cera, sistema de corte da cera, estrutura de sustentação, movimentação dos mecanismos e a apresentação do equipamento completo. Como conclusão destaca-se que o objetivo principal foi atingido, pois foi possível o desenvolvimento de um equipamento capaz de produzir cera alveolada de forma contínua.

Palavras-chave: Cera de abelha. Equipamento. Alveolação.

ABSTRACT

The beeswax is very important for the production of honey by the fact that work and minimizes the energy expenditure of the bees in the production of honeycombs for containing marking of alveoli in hexagonal shape, is provided on the same plates for the production frames of the hive. The issue at hand is that there are few facilities that produce beeswax, limiting the process. Therefore, it is of great importance to develop equipment for the production of beeswax on a large scale, providing new opportunities for beekeepers. Thus, the main objective is to develop a device capable of transforming raw wax in beeswax, taking into account the characteristics and existing honeycomb beeswax, bibliographies found in existing methods, and the definition of these processes as well as , perform tests to measure some process equipment, through practical experiments followed the preparation of drawings with computer assistance. To achieve the objectives set forth in the work literature search was performed to verify the physical characteristics of beeswax, and the definition of the processes required to transform raw wax in beeswax. In addition, a prototype has been developed in order to demonstrate some processes of equipment as the necessary operating temperatures and confirmation of the fact that wax will solidify along any surface with a lower temperature. Are also presented in detail in this paper the following results: test of the prototype system, melting wax, wax lamination system, system modeling wax, wax cutting system, support structure, drive mechanisms and presentation of full equipment. In conclusion we emphasize that the main objective was achieved, it was possible to develop a device capable of producing beeswax continuously.

Keywords: Beeswax. Equipment. Alveolação.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Colmeia americana e suas partes..... | 15 |
| Figura 2: Posições verticais, de transição e horizontais dos alvéolos na cera..... | 18 |
| Figura 3: Processos de transformação da cera bruta em cera alveolada..... | 20 |
| Figura 4: Força de corte sobre uma área..... | 22 |
| Figura 5: Protótipo para produção de cera alveolada..... | 26 |
| Figura 6: Cera solidificada sobre a lata de tinta..... | 27 |
| Figura 7: Tanque para derreter a cera..... | 29 |
| Figura 8: Conjunto cilindro e sistema de refrigeração..... | 30 |
| Figura 9: Cilindro de laminação com dimensões..... | 31 |
| Figura 10: Reservatório de cera cerretida..... | 32 |
| Figura 11: Reservatório de cera derretida com dimensões..... | 33 |
| Figura 12: Bomba BAR-400..... | 35 |
| Figura 13: Sistema para laminar a cera..... | 36 |
| Figura 14: Sistema para uniformizar a cera..... | 37 |
| Figura 15: Sistema para moldar a cera..... | 37 |
| Figura 16: Sistema para lubrificar a cera..... | 38 |
| Figura 17: Sistema para cortar a cera na largura..... | 39 |
| Figura 18: Sistema para cortar a cera no comprimento..... | 40 |
| Figura 19: Estrutura de sustentação..... | 41 |
| Figura 20: Motor monofásico IP55 rural..... | 42 |
| Figura 21: Redutor de rotação GS 41..... | 43 |
| Figura 22: Sistema de rotação dos mecanismos..... | 44 |
| Figura 23: Equipamento completo..... | 45 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA..... | 12 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 13 |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA | 14 |
| 2.1 APICULTURA | 14 |
| 2.2 CERA DE ABELHA | 16 |
| 2.3 ALVEOLAÇÃO | 18 |
| 2.4 MEMORIAL DE CÁLCULOS | 21 |
| 2.4.1 CALORIMETRIA..... | 21 |
| 2.4.2 FORÇA DE CORTE | 22 |
| 3. METODOLOGIA | 23 |
| 3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS | 23 |
| 3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS | 23 |
| 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS | 25 |
| 4.1 TESTE NO PROTÓTIPO | 25 |
| 4.2 SISTEMA DE DERRETIMENTO DA CERA..... | 27 |
| 4.3 SISTEMA DE LAMINAÇÃO DA CERA..... | 29 |
| 4.3.1 CILINDRO..... | 29 |
| 4.3.2 RESERVATÓRIO DE CERA DERRETIDA | 31 |
| 4.3.3 FIXAÇÃO DO CILINDRO | 33 |
| 4.3.4 REFRIGERAÇÃO DA ÁGUA | 33 |
| 4.3.5 LAMINAÇÃO DA CERA..... | 35 |
| 4.4 SISTEMA DE MODELAGEM DA CERA | 37 |
| 4.5 SISTEMA DE CORTE DA CERA | 38 |
| 4.6 ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO | 40 |
| 4.7 MOVIMENTAÇÃO DOS MECANISMOS | 41 |
| 4.7.1 MOTOR ELÉTRICO | 41 |
| 4.7.2 REDUTOR | 43 |
| 4.7.3 ENGRENAGENS E CORRENTES | 43 |
| 4.8 EQUIPAMENTO COMPLETO | 44 |

| | |
|---|-----------|
| 5. CONCLUSÕES | 46 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 47 |
| ANEXO A - TABELA PARA BOMBAS AUTOASPIRANTES. ROTOR FECHADO | 49 |
| ANEXO B - TABELA DE ENGRENAGENS PARA CORRENTES..... | 50 |
| ANEXO C - TABELA DE CORRENTES | 51 |

1. INTRODUÇÃO

A cera é utilizada pelas abelhas na construção dos favos para o armazenamento de alimento. Para facilitar o trabalho da abelha na produção de cera, o apicultor utiliza a cera alveolada, que orienta as abelhas na construção do favo, ajudando-as na confecção do tamanho da célula. Este tipo de cera é importante para a colmeia, portanto, existe a necessidade de um equipamento simples e com baixo custo para produzir cera alveolada.

No mercado existem poucos modelos de equipamentos disponíveis para a produção desse tipo de cera. A maioria desses equipamentos são rústicos e de baixa eficiência, tornando difícil a produção da cera alveolada em uma escala maior de cinquenta quilogramas por dia. O problema a ser resolvido é: Como desenvolver um equipamento capaz de transformar cera bruta em cera alveolada, mantendo a uniformidade no produto final?

1.1 JUSTIFICATIVA

É de grande importância o desenvolvimento deste trabalho em virtude de que existem poucos equipamentos no mercado destinados a produção de cera alveolada. Normalmente os equipamentos disponíveis são manuais e com métodos artesanais, lentos e de baixa qualidade, tornando o produto muitas vezes com baixa uniformidade. Esses equipamentos necessitam do trabalho constante do apicultor, pois ele precisa derreter a cera e colocá-la em moldes, então deve esperar que a mesma esfrie, após desprendê-la do molde, precisa passar a cera em cilindros manuais para moldar os alvéolos, e o corte da cera alveolada é realizado normalmente com estiletes ou facas.

Um equipamento projetado para ter um desempenho eficaz e capaz de produzir mais de cinquenta quilogramas de cera alveolada por dia representa a possibilidade de garantir a uniformidade, além de reduzir o custo final do produto.

Com novas leis de reflorestamento começando a entrar em vigor, onde será necessário preservar uma determinada área de mata, a apicultura entra como uma forma de aproveitar essa área de reserva legal, gerando um

possível aumento da quantidade de colmeias, assim no futuro terá uma tendência de aumento no consumo de cera alveolada.

1.2 OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo geral: Desenvolver um equipamento capaz de transformar cera bruta em cera alveolada.

Podem-se destacar os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisar na bibliografia existente as características e métodos possíveis para alveolar a cera de abelha.
- Definir os processos necessários para transformar cera bruta em cera alveolada.
- Realizar testes para atestar alguns processos do equipamento, através de experimentos práticos.
- Elaborar os desenhos do equipamento com auxílio do *software Solidworks*.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 APICULTURA

A apicultura é o nome dado à criação racional de abelhas *Apis mellífera* para fins de lazer e/ou comercial. Neste sistema as abelhas são criadas para a produção de mel, pólen, geleia real, apitoxina, própolis e cera. Além disso, a abelha proporciona a polinização das plantas, elas realizam isso no momento em que buscam as matérias-primas: o néctar e o pólen (NUNES et al. 2012, p.7).

De acordo com Corrêa (2003) a apicultura é capaz de causar impactos positivos, sociais e econômicos, e favorece a manutenção e preservação dos ecossistemas. Sua cadeia produtiva propicia a geração de inúmeros postos de trabalho, empregos e fluxo de renda, principalmente para a agricultura familiar, podendo auxiliar na melhoria da qualidade de vida e fixação do homem no meio rural.

Devido à apicultura ser uma atividade importante, existe a necessidade de profissionalização e atualização das técnicas utilizadas. Além disso, com o crescimento da apicultura surgem novas oportunidades de diversificação de produtos, possibilitando novos ganhos e a manutenção da produtividade (NUNES et al. 2012, p.7).

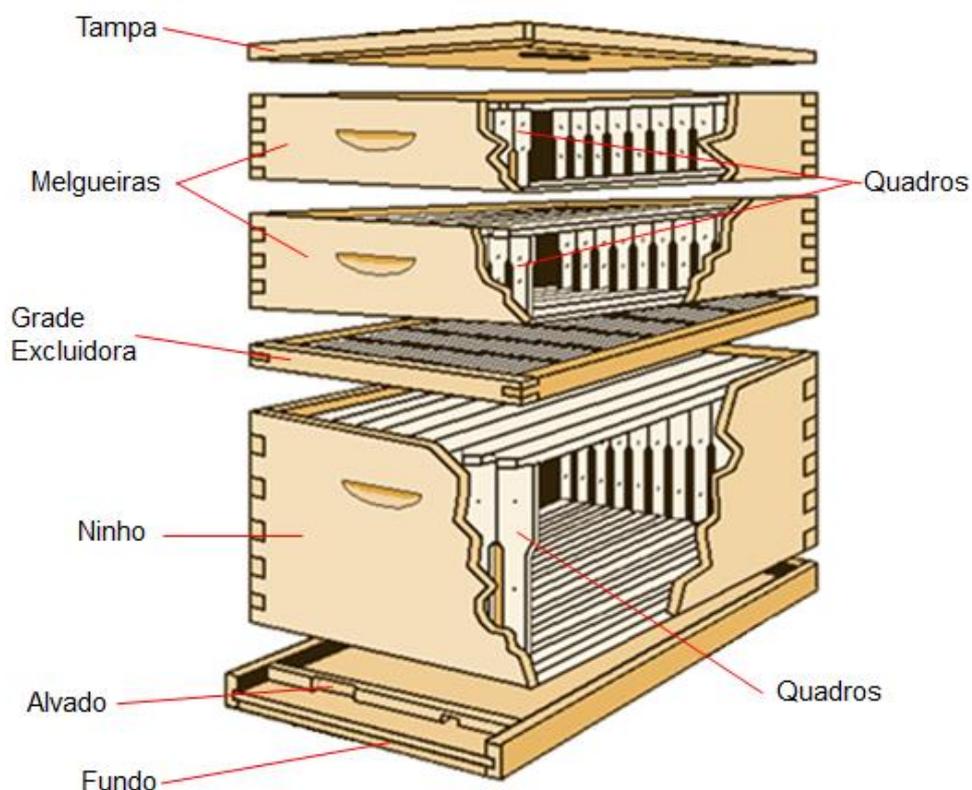
O homem realiza a atividade da apicultura há milhares anos, essa é uma das atividades mais antigas e importantes do mundo. Desde a evolução humana os produtos apícolas estão presentes, principalmente quando os homens começaram a coletar o mel para a alimentação. Existem pinturas rupestres com mais de 10.000 anos que demonstram a coleta de mel em árvores e rochas. A comercialização de produtos apícolas pelo homem começou entre 8.000 e 4.000 anos a.C. (NUNES et al. 2012).

Foi no Egito há cerca de 2.400 anos a.C. que a atividade foi oficialmente reconhecida. Neste período surgiram as primeiras técnicas de manejo, a construção de colmeias de barro para as abelhas, facilitando assim o transporte da colmeia. A palavra colmeia vem do grego colmo, que significa recipientes feitos de palha em forma de sino (NUNES et al. 2012).

As colmeias são onde as abelhas se instalam, a qual pode ser construída naturalmente por elas, ou artificialmente para criá-las, desse modo, na apicultura é importante utilizar colmeias artificiais padronizadas, normalmente de madeira, pelo fato de que assim podemos ter um controle técnico do enxame.

Existem vários tipos de colmeias, as mais importantes são a Americana (ou Langstroth), a Schenk, a Curtinaz e a Schirmer. Segundo Araújo (1983) alguns tipos caíram em desuso, e o padrão de colmeia adotado no mundo inteiro é a do tipo americana. A figura 1 apresenta uma colmeia americana com suas partes.

Figura 1: Colmeia americana e suas partes



Fonte: Adaptado de Lostlakegardens, 2013.

Cada componente da colmeia apresentado na figura 1 tem uma função, Araújo (1983) apresenta essas funções:

- Tampa: protege o interior da colmeia contra o frio e a entrada de elementos prejudiciais.
- Melgueiras: parte com quadros onde é depositado o mel.
- Quadros: são armações onde as abelhas vão construir os favos de cera com alvéolos hexagonais, para criar filhotes e deposição de mel, água e pólen.
- Grade Excludora: é colocada para evitar que a rainha acesse as melgueiras destinadas à produção de mel. Como a rainha é maior que as demais abelhas ela não passa entre a grade, sendo assim não utiliza os quadros das melgueiras para procriação.
- Ninho: parte com quadros destinados a depósito de mel, pólen ou crias.
- Alvado: a porta da colmeia, por onde ocorre a entrada e saída das abelhas.
- Fundo: parte inferior da colmeia.

2.2 CERA DE ABELHA

Para Huertas, Garay e Sá (2009) a cera é um elemento vital para o enxame, ao qual sem ela não existiria a colmeia. As abelhas sempre empregam a cera nos trabalhos mais delicados, e nunca a desperdiçam em obras secundárias, pois para as abelhas a cera representa o principal material na arquitetura de suas colmeias.

De acordo com Nunes et al. (2012) a cera é utilizada pelas abelhas na construção dos favos para armazenamento de seu próprio alimento e para o desenvolvimento das crias, e ainda é utilizada na composição da própolis. Atualmente muitas empresas a utilizam como base para a produção de alguns produtos.

Segundo Nunes et al. (2012) os egípcios utilizavam cera para mumificar os corpos de pessoas importantes após o falecimento, onde a própria palavra múmia, que é de origem persa, é derivada da palavra “moum” que significa cera. Os romanos utilizavam a cera para fazer esculturas de humanos, na antiguidade os povos a utilizavam em cerimônias religiosas. Na idade média os escribas utilizavam pedaços de madeira recobertos com uma fina camada de cera, escrevendo por cima da cera com estiletes.

Couto apud Köster (2009) aponta que a cera é usada desde a mais remota antiguidade, dentre outras inúmeras aplicações, como pagamento de tributos, taxas e multas. Em 181 d.C., Córsega pagava a Roma um tributo anual de 38 toneladas de cera.

Segundo Huertas, Garay e Sá (2009) a cera é produzida por glândulas localizadas no abdômen das abelhas operárias. A idade da abelha que produz a cera é de 12 a 18 dias. Essas operárias secretam a cera em forma líquida, que quando está em contato com o ar se solidifica e forma pequenas escamas transparentes. As abelhas operárias amassam e moldam a cera com as mandíbulas juntamente com outras secreções das próprias abelhas. Para poder produzir a cera é necessário que a temperatura no interior da colmeia seja de 33 à 36°C, em média, abelhas operárias com idade de 12 a 18 dias e alimentação abundante.

De acordo com Wiese (2005) “para produzir um quilo de cera, as abelhas necessitam consumir aproximadamente 7 quilos de mel, e a média de produção de cera corresponde a 2% da produção normal de mel” (WIESE, 2005, p.287).

Segundo Costa e Oliveira (2005) a cera apresenta uma densidade de 0,960 a 0,972 g/cm³, com ponto de fusão variando de 60 °C a 65°C. Sua coloração variável deve-se a contaminação por pólen encontrado no mel, e também por partículas de própolis. O calor específico da cera de abelha é de 0,70 kcal/kg.°C (CASAFERREIRA, 2014). A pressão específica de corte para cera de abelha é 526,7 kPa (HOSSAIN; KETATA; ISLAM, 2009).

Sua composição química apresenta:

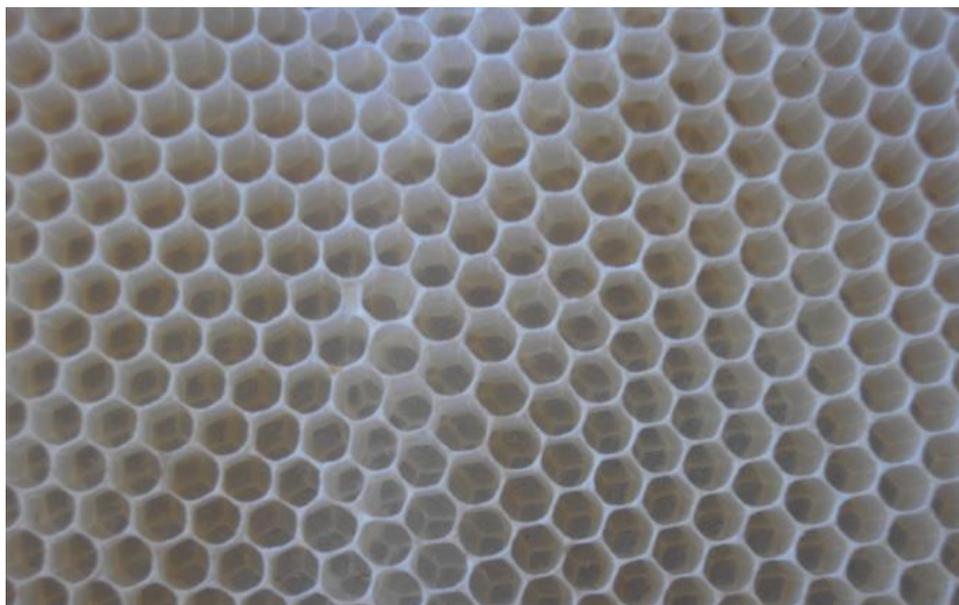
- 70 a 72% de ésteres;
- 14 a 15% de ácidos céricos livres;
- 12% de hidrocarbonetos predominantemente saturados;
- 1% de álcoois.

Apesar da complexidade em sua composição, a cera possui características físicas estáveis, o que possibilita uma fácil detecção de fraudes. Ela é quebradiça quando fria, e acima de 30 °C torna-se plástica, podendo ser moldada. Apresenta aroma floral, ao qual é influenciada pela florada que a originou e possui sabor insípido (COSTA e OLIVEIRA, 2005).

2.3 ALVEOLAÇÃO

De acordo com Barros, Nunes e Costa (2009) “os alvéolos são hexagonais formando entre as suas arestas um ângulo de 60° . Na construção natural de favos, os alvéolos podem ter uma posição vertical, horizontal, inclinada ou em roseta” (BARROS; NUNES; COSTA, 2009, p.13). A figura 2 ilustra os alvéolos na cera.

Figura 2: Posições verticais, de transição e horizontais dos alvéolos na cera



Fonte: Barros; Nunes; Costa, 2009.

O hexágono é uma figura de seis lados iguais. É a forma geométrica com o menor perímetro em relação a sua área. Construindo uma célula hexagonal para o favo, a abelha usa uma menor quantidade de cera e esforço. As abelhas resolvem um grande problema para os matemáticos: “no menor espaço, construir células regulares e iguais, com a maior capacidade e solidez, empregando a menor quantidade de matéria possível” (BOTELHO; SANTOS apud KÖSTER, 2009, p.17).

A dimensão natural dos alvéolos pode ser diferente entre as raças de abelhas devido ao tamanho de cada espécie. Para as abelhas africanizadas (principal abelha para a produção de mel no Brasil) são geralmente superiores a 5 mm (BARROS; NUNES; COSTA, 2009, p.28).

O processo de alveolação da cera é obtido por meio da passagem de lâminas lisas de cera em cilindros ou prensas com as matrizes dos alvéolos, onde a estampa dos alvéolos se imprime em relevo nas folhas lisas de cera recém-fabricadas (COUTO apud KÖSTER, 2009, p.17).

Segundo Costa e Oliveira (2005) a produção de cera alveolada segue alguns passos básicos:

1) Os blocos de ceras (cera bruta) são fundidos no derretedor, onde a temperatura de fusão é mantida constante.

2) Um molde de madeira é mergulhado na cera líquida (fundida), até que esteja coberto com uma camada de cera de pelo menos dois milímetros de espessura.

3) A cera depositada sobre a madeira é, então, resfriada.

4) Com a cera fria e solidificada, as bordas são cortadas, resultando na produção de duas placas de cera lisa, que se desprendem do molde facilmente.

5) Essas placas são colocadas para secar.

6) As placas de cera lisa, depois de resfriadas, podem ser imediatamente alveoladas.

7) Os dois cilindros conjugados do alveolador devem ser molhados para evitar que a cera grude, durante a operação de alveolagem, pode se utilizar água, sabão neutro ou mel.

8) As placas de cera lisa vão sendo passadas pelo alveolador uma a uma, de maneira que ganhe, em sua superfície, um relevo alveolado, dos dois lados, numa só operação.

9) As placas, então, podem ser armazenadas em local fresco, com boa circulação de ar, onde não haja incidência direta do sol.

Os mesmos autores expõem que “a placa de cera alveolada para quadros do ninho deverá ter 2.770 alvéolos de cada lado, ou seja, 5540 no total. As placas para melgueiras têm exatamente metade desse número. Cada alvéolo hexagonal mede 5,5 mm de largura” (COSTA; OLIVEIRA, 2005, p.385).

Resumidamente para transformar a cera bruta em cera alveolada são utilizados quatro processos:

Derretimento: onde a cera é derretida, propicia a retirada de impurezas e purificação.

Laminação: onde são produzidas as laminas de cera lisa.

Alveolação: modelagem ou estampagem dos alvéolos na lamina de cera.

Corte: após a lamina de cera estar alveolada é necessário cortá-la para facilitar o armazenamento.

Essa sequência de processos pode ser visualizada na figura 3.

Figura 3: Processos de transformação da cera bruta em cera alveolada



Fonte: Adaptado de Costa e Oliveira, 2005.

Segundo Huertas, Garay e Sá (2009) a cera alveolada é utilizada em quadros que serão colocados no interior das colmeias. Ela é utilizada em quadros para a produção do mel, estes colocados nos caixilhos ou melgueiras (peça superior da colmeia) e também para quadros destinados a reprodução do enxame, esses quadros são colocados no ninho (peça inferior da colmeia). Para fixar a cera no quadro normalmente é utilizado o equipamento denominado de incrustador elétrico, que aquece os arames da estrutura do quadro, e faz com que a cera se fixe contra esses arames, devido a um derretimento superficial neste local, ou então um pouco de cera é derretida e derramada minuciosamente nos cantos da cera contra o quadro. O número de laminas de cera alveolada colocada em cada colmeia varia de acordo com tipos de colmeia.

De acordo com Wiese (2005) muitas são as vantagens, já comprovadas pela experiência, e que são as seguintes:

1. Servem de guia e alinhamento para construção do favo pelas abelhas;
2. Limitam o nascimento de zangões (machos) quando usadas integralmente (inteiras), porque estes nascem em alvéolos maiores de 6,7mm e as lâminas alveoladas são feitas com bases menores para abelhas operarias;

3. Diminui parcialmente para as abelhas o trabalho cansativo de produzir cera e construir favos;
4. As abelhas podem aproveitar melhor as floradas, uma vez que não perdem tempo na construção e complementação do favo;
5. Os favos ficam mais resistentes e não quebram durante a centrifugação;
6. Os favos não quebram durante o transporte na migração das colmeias (polinização etc).

2.4 MEMORIAL DE CÁLCULOS

Para realizar os cálculos no decorrer do trabalho é necessário ter o conhecimento de algumas fórmulas, como a de calorimetria e de força de corte. Existem outras fórmulas utilizadas para desenvolver o equipamento de alveolar cera, porém essas não tem a necessidade de apresentar na revisão de literatura devido a serem fórmulas básicas.

2.4.1 Calorimetria

Segundo Halliday, Resnick e Walker (1996) o calor é uma das muitas formas em que a energia expressa na natureza, mas não é uma propriedade de um corpo, ao contrario, por exemplo, da energia cinética. É uma energia que flui entre um sistema e sua vizinhança devida a uma diferença de temperatura entre elas. A energia transferida de uma a outro corpo depende do processo de transferência, do sistema e da vizinhança. A quantidade de calor é cedida ou absorvida por um corpo quando, entre ele e sua vizinhança, existir um gradiente de temperatura. A quantidade de calor absorvido ou cedido é feito é calculado por:

$$Q = m * c * \Delta t$$

Onde:

Q = Quantidade de calor [J]

m = Massa [kg]

c = Calor específico [J/kg°C]

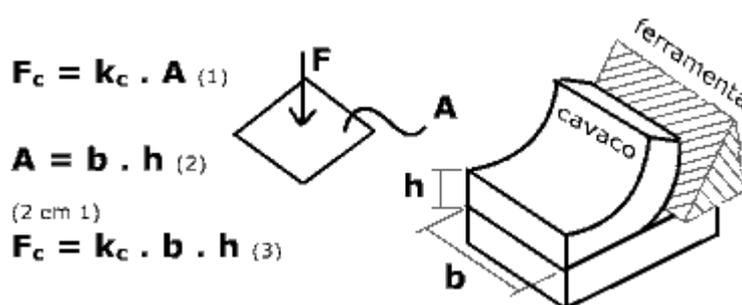
Δt = Variação de temperatura [°C]

O cálculo apresenta a dificuldade para uma substância variar sua temperatura devido a troca de calor. Nesse trabalho esse cálculo é usado para encontrar a vazão de água necessária para refrigerar o sistema de laminação da cera.

2.4.2 Força de corte

De acordo com o Portal Metalica (2014) entende-se a Força de corte como uma pressão aplicada sobre uma área. A figura 4 ilustra a força de corte.

Figura 4: Força de corte sobre uma área



Fonte: Portal Metalica, 2014.

F_c : força de corte [N]

k_c : pressão específica de corte [N/mm²]

A : seção de usinagem [mm²]

b : comprimento do gume ativo [mm]

h : espessura do cavaco [mm]

A força de corte é utilizada para calcular o quanto de força é necessário para laminar a cera.

3. METODOLOGIA

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

A pesquisa bibliográfica foi realizada com a utilização de livros, manuais e dissertações. Os livros foram retirados em bibliotecas e os demais materiais baixados da internet. Com este material buscou-se criar uma estrutura lógica para apresentar a cera de abelha, suas características, um pouco da história, como é produzida, vantagens e utilização.

As pesquisas bibliográficas também foram utilizadas nas definições dos processos necessários para transformar cera bruta em cera alveolada. Verificou-se a partir disso que existem métodos possíveis para alveolar a cera, ou uma sequência de etapas que devem ser tomadas para atingir esse objetivo, que são: o “Derretimento”, a “Laminação”, a “Alveolação” e o “Corte”.

Na etapa de realização dos testes, foi desenvolvido um protótipo, para atestar alguns processos do equipamento. Esse experimento foi realizado para coletar as temperaturas necessárias para o funcionamento do laminador de cera e verificar se a cera iria de fato solidificar-se junto a alguma superfície com temperatura mais baixa.

Na elaboração dos desenhos do equipamento foi utilizado o *software Solidworks*. As dimensões para adicionar a este desenho foram comprovadas em cálculos e nos requisitos do projeto. Os computadores para a elaboração dessa parte são da instituição de ensino.

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para dar início aos estudos foram utilizados: livros e um notebook.

No momento de construir o protótipo foram necessários os seguintes materiais:

- Lata de tinta vazia com capacidade para 900 ml. Com diâmetro de 110 mm e 120 mm de altura (dimensões externas), em aço.

- Uma barra de aço de seção circular com 400 mm de comprimento e diâmetro de 4 mm.

- Um pedaço circular de borracha com diâmetro de 85 mm e espessura de 2 mm.

- Um parafuso com 21 mm de comprimento e diâmetro de 4 mm.

- Uma pequena chapa retangular de aço com 30 mm comprimento e 20 mm de largura.

- Uma chapa retangular com 210 mm de largura e 305 mm de comprimento e 1 mm de espessura.

- Duas pequenas tábuas de madeira, com formato de meio hexágono.

- Vinte pregos 12 x 12 (JP X LPP) (1,80 mm X 27,6 mm).

- Martelo.

Além dos materiais para a construção foram necessários outros materiais para realizar o teste:

- Cera bruta.

- Recipiente para derreter a cera bruta.

- Fonte de calor.

- Termômetro digital com infravermelho.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No primeiro tópico, 4.1, são apresentados os resultados dos testes realizados com o protótipo, nos demais tópicos são apresentados as características necessárias para construir um equipamento capaz de alveolar cera. Esse equipamento deve ser capaz de produzir mais de cinquenta quilogramas de cera alveolada por dia e uma lâmina de cera com 420 mm de comprimento, 210 mm de largura e 2 mm de espessura, essas dimensões é devido ao padrão de colméia do tipo americana.

4.1 TESTE NO PROTÓTIPO

Na construção desse protótipo foi dobrada a barra de aço duas vezes para formar uma manivela. Posteriormente foi feito dois furos na lata de tinta, um na tampa e outro no fundo, ambos no centro e com o mesmo diâmetro da barra de aço.

O próximo passo foi furar a pequena chapa retangular, para encaixar a barra, e fazer mais um furo onde foi rosqueado o parafuso. Em seguida a barra foi soldada a essa chapa. Esse mecanismo foi usado para fixar a barra, tornando possível o giro da lata no mesmo instante que é girada a alavanca. Após isso foi colada a borracha na tampa da lata, para evitar que a água saia no momento do funcionamento. Depois desse procedimento, foi parafusada a barra de manivela na lata de tinta.

Para construir o reservatório de cera, foi necessário dobrar a chapa retangular e pregá-la nas duas tábuas, formando um recipiente que comporte cera líquida. Para fixar a lata de tinta nesse reservatório e permitir o giro, foram feitos dois encaixes nas tábuas, um em cada lado. Após encaixar a lata no reservatório e verificar que a movimentação rotativa da lata é eficaz, estava pronto o protótipo para ser testado. O protótipo para produção de cera alveolada pode ser visualizado na figura 5.

Figura 5: Protótipo para produção de cera alveolada



Com o protótipo pronto, o próximo passo foi colocá-lo em funcionamento. Inicialmente foi colocado aproximadamente um quilograma de cera bruta para derreter em uma panela. Enquanto espera-se o derretimento da cera, dentro da lata foi adicionado água a temperatura ambiente e cubos de gelo, ficando a uma temperatura de 18 °C. Quando a cera estava líquida, a temperatura de 65 °C, ela foi despejada dentro do reservatório. Como a lata de tinta estava a uma temperatura exterior a 18°C, a cera em contato com ela se resfriava e solidificava, aderindo-se na lata. A cera solidificada sobre a lata de tinta pode ser visualizado na figura 6.

Figura 6: Cera solidificada sobre a lata de tinta



Com a construção e funcionamento do protótipo foi possível descobrir que de fato a cera irá se aderir ao cilindro laminador (no caso do teste a lata de tinta), e as temperaturas de funcionamento, a cera deve ser mantida a 65 °C para permanecer líquida e o cilindro deve estar com 18 °C para a cera solidificar em suas paredes externas.

4.2 SISTEMA DE DERRETIMENTO DA CERA

O sistema de derretimento de cera é composto por um tanque em aço galvanizado acoplado a um sistema de aquecimento por gás liquefeito de petróleo (GLP). O tanque tem capacidade para armazenar e derreter 35 quilogramas de cera, chegando a uma temperatura de 65°C. Para suportar 35 quilogramas de cera o volume interno do tanque deverá ser de 40.000 cm³ (40 litros), levando em consideração uma densidade da cera de 0,960 g/cm³ e um espaço para segurança. O aquecimento do sistema por meio de GLP é devido

a este ser um sistema que proporciona trabalhar em áreas internas sem deixar resíduos e pela facilidade de controlar a chama.

Para aquecer uniformemente a cera e evitar que ela queime antes de derreter é utilizado o método de Banho Maria, para isso é necessário um tanque com paredes duplas, e entre essas paredes é despejado água. Para fixar as duas paredes do tanque, interna e externa, são utilizadas pequenas barras de aço, soldadas entre os dois tanques.

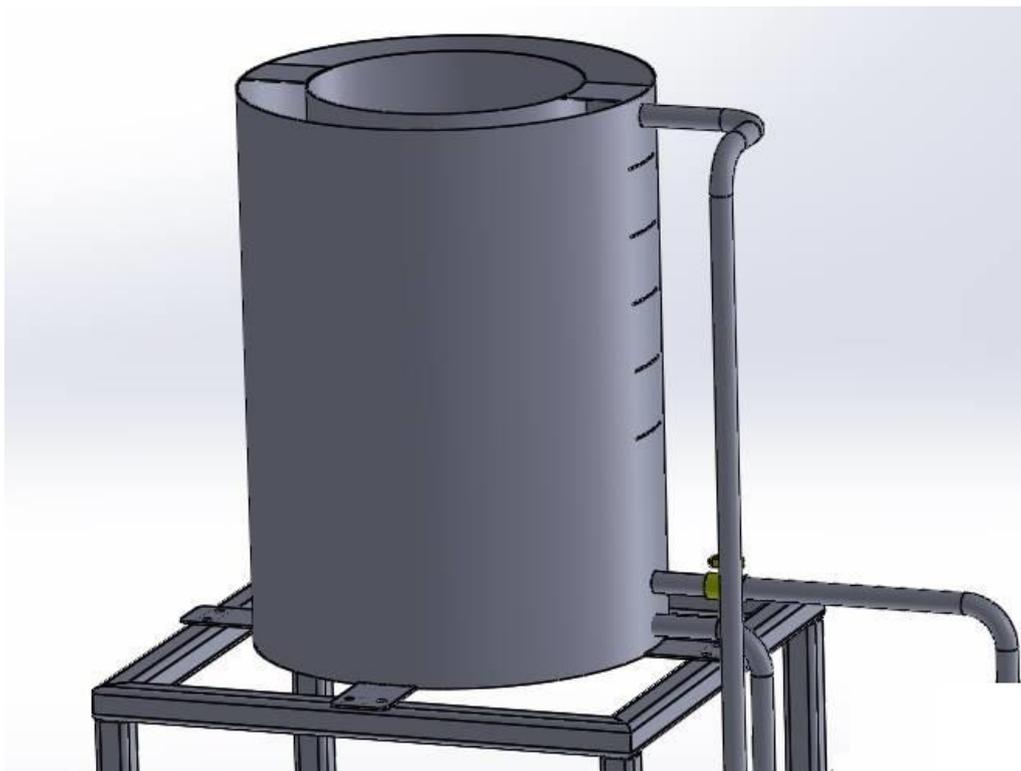
As dimensões do tanque são:

- Diâmetro interno (cilíndrico) = 320 mm
- Altura interna = 500 mm
- Diâmetro externo (cilíndrico) = 480 mm
- Altura externa = 660 mm
- Espessura da chapa = 1,55 mm (LAPEFER, 2014)
- Comprimento da barra de aço = 80 mm

A chapa é de aço galvanizado, o galvanizado ajuda a evitar a corrosão, devido ao tanque estar em contato direto com água e fogo se faz necessário um material que suporte trabalhar nessas condições.

O tanque deverá possuir um orifício para que a cera possa escorrer até o próximo sistema do equipamento. Esse orifício terá um diâmetro de 1", 25,4 mm, e um registro para controlar a vazão de cera. Além desse orifício, também é necessário mais dois orifícios para entrada e saída de água provenientes do reservatório de cera derretida. O derretedor também possui o papel de aquecer água para sistema de Banho Maria do reservatório de cera derretida. A figura 7 ilustra o tanque utilizado para derreter a cera.

Figura 7: Tanque para derreter a cera



4.3 SISTEMA DE LAMINAÇÃO DA CERA

4.3.1 Cilindro

Uma folha de cera alveolada necessita ter 210 mm de largura, para isso o cilindro deverá ter 260 mm de comprimento, sobrando assim 25 mm de cada lado da lamina de cera para que possa ser cortada, garantindo que ela fique uniforme. O diâmetro do cilindro é de 250 mm, diâmetro que proporciona uma área adequada para o contato com a cera derretida, e o posterior resfriamento, pois o interior do cilindro está cheio de água. A temperatura da água no interior o cilindro é de 18°C, para que a cera se solidifique quando entrar em contato com o cilindro. O volume de água dentro do cilindro é 11.968 cm³ (11,968 L). A rotação do cilindro é de 1 rpm, essa é a rotação que proporciona ao cilindro o tempo suficiente para solidificar uma camada de cera que está em contato com sua superfície externa.

A lâmina pronta tem uma espessura de 2 mm, porém no momento da laminação essa espessura deve ser um pouco maior, ou seja, de 3 mm, devido

que no momento da moldagem a lâmina será comprimida. Conhecendo a espessura e a rotação no momento da laminação é possível determinar o volume de cera laminada por minuto.

Calcula-se o perímetro, o comprimento da circunferência do cilindro:

$$\text{Perímetro} = 2 * \pi * r = 2 * 3,14 * 12,5 = 78,5 \text{ cm}$$

Sabendo que o cilindro tem 260 mm (26 cm) de comprimento, h, encontra-se a área lateral do cilindro:

$$\text{Área lateral do cilindro} = \text{Perímetro} * h = 78,5 * 26 = 2041 \text{ cm}^2$$

Cálculo do volume de cera laminada, V_{CL} :

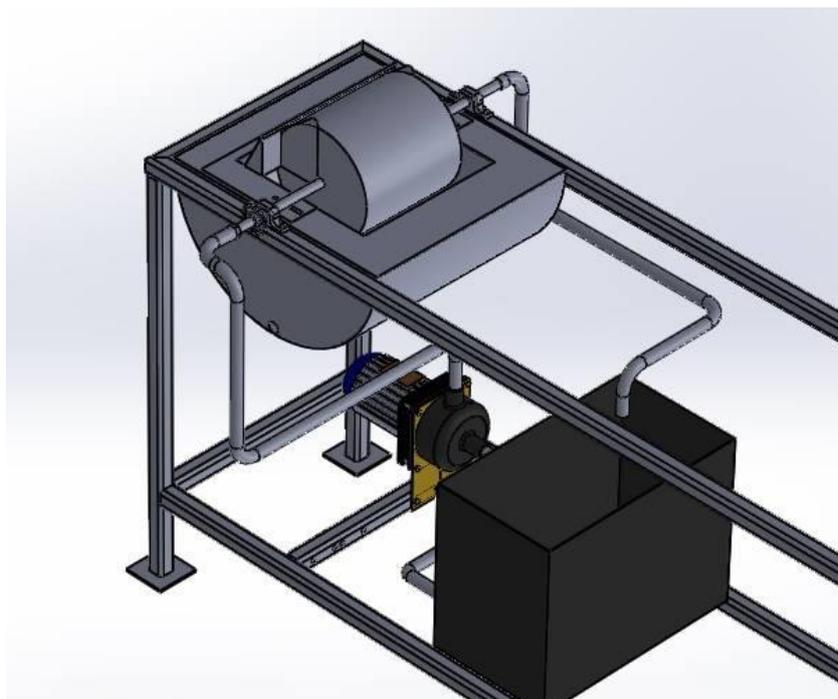
$$V_{CL} = \text{Área lateral do cilindro} * \text{Espessura de cera laminada}$$

$$V_{CL} = 2041 * 0,3 = 612,3 \text{ cm}^3$$

A rotação do cilindro é de 1 rpm e o cálculo realizado anteriormente encontra o volume para essa rotação, pode-se afirmar que o volume de cera laminada por minuto é de 612,3 cm³.

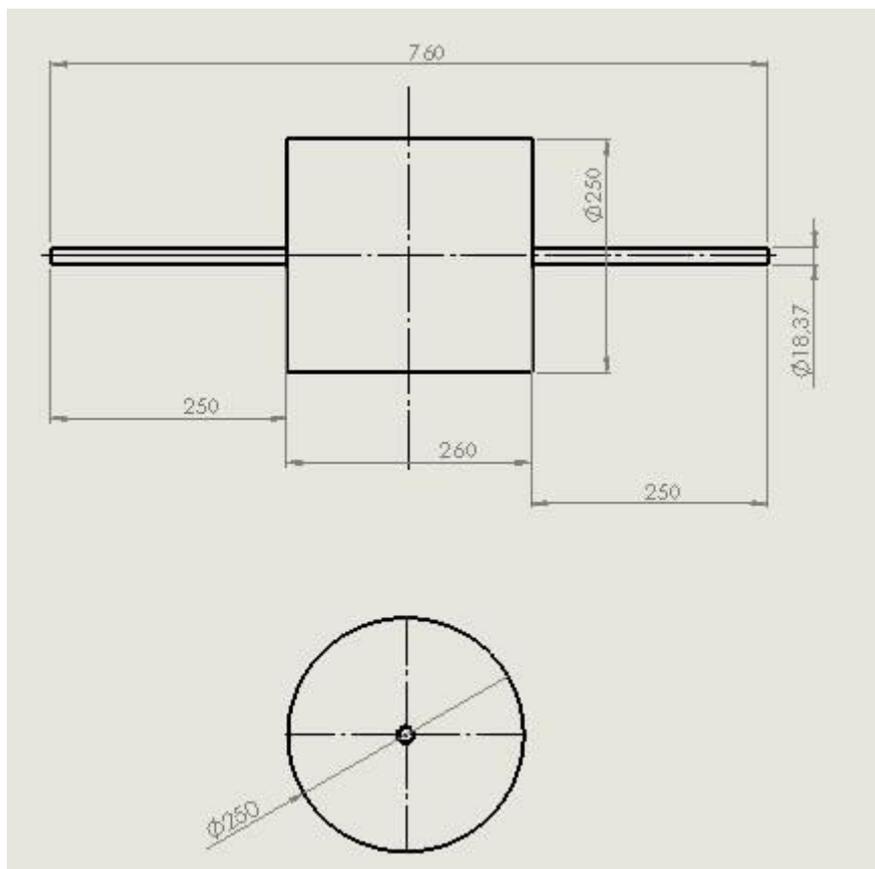
É necessário um sistema para manter o resfriamento da água, neste caso é desenvolvido um sistema para trocar continuamente a água no interior do cilindro. Um reservatório de água abaixo do reservatório de cera derretida manterá a água em uma temperatura de 16°C utilizando alguns cubos de gelo. A figura 8 apresenta o conjunto cilindro e o sistema de refrigeração.

Figura 8: Conjunto cilindro e sistema de refrigeração



O cilindro é em aço com uma chapa de 1,55 mm de espessura. Para possibilitar que o cilindro gire e entre água no seu interior se faz necessário um tubo de cada lado do cilindro, onde esse é fixado no cilindro e no mancal. A figura 9 apresenta uma ilustração do cilindro com as dimensões.

Figura 9: Cilindro de laminação com dimensões



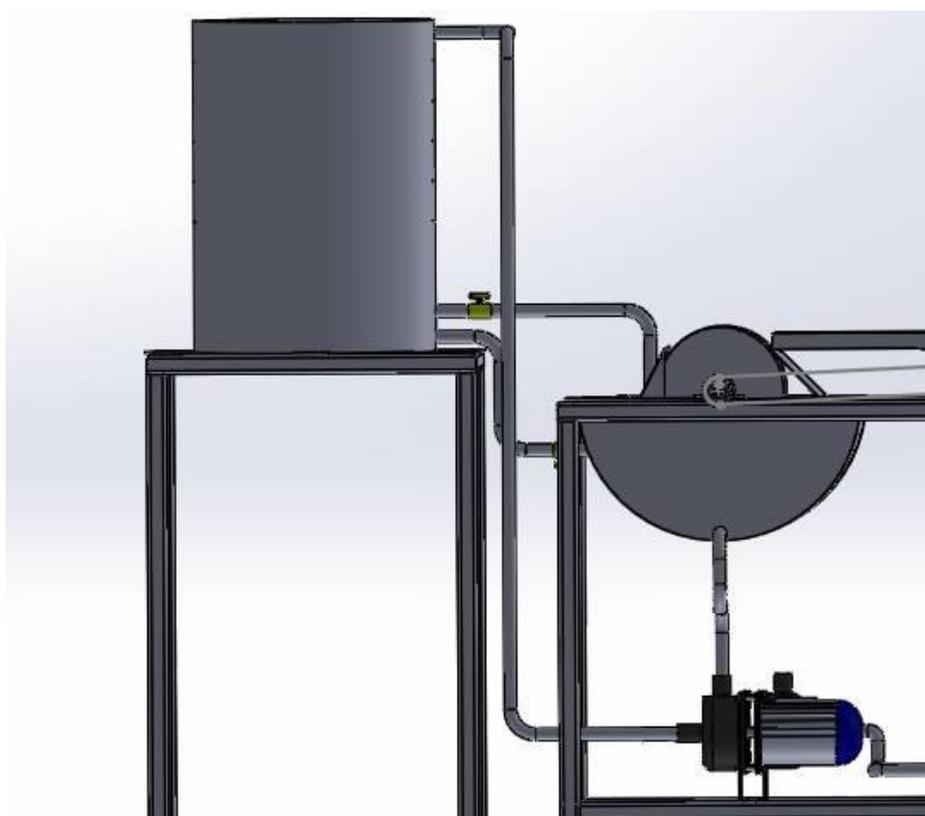
4.3.2 Reservatório de cera derretida

Para ocorrer a laminação da cera é necessário que a cera derretida se solidifique junto ao cilindro, porém para isso acontecer a cera derretida deve estar depositada em algum recipiente. O recipiente em questão é um reservatório que permite a cera de entrar em contato com o cilindro, pois o cilindro está parcialmente submerso na cera derretida contida no reservatório.

O reservatório de cera derretida deve ser um pouco maior que o cilindro, e aberto, pois a cera que será depositada neste componente é a cera que vem do derretedor. Além disso, esse reservatório deverá ser capaz de garantir que a cera permaneça líquida, para isso também será utilizado um sistema de

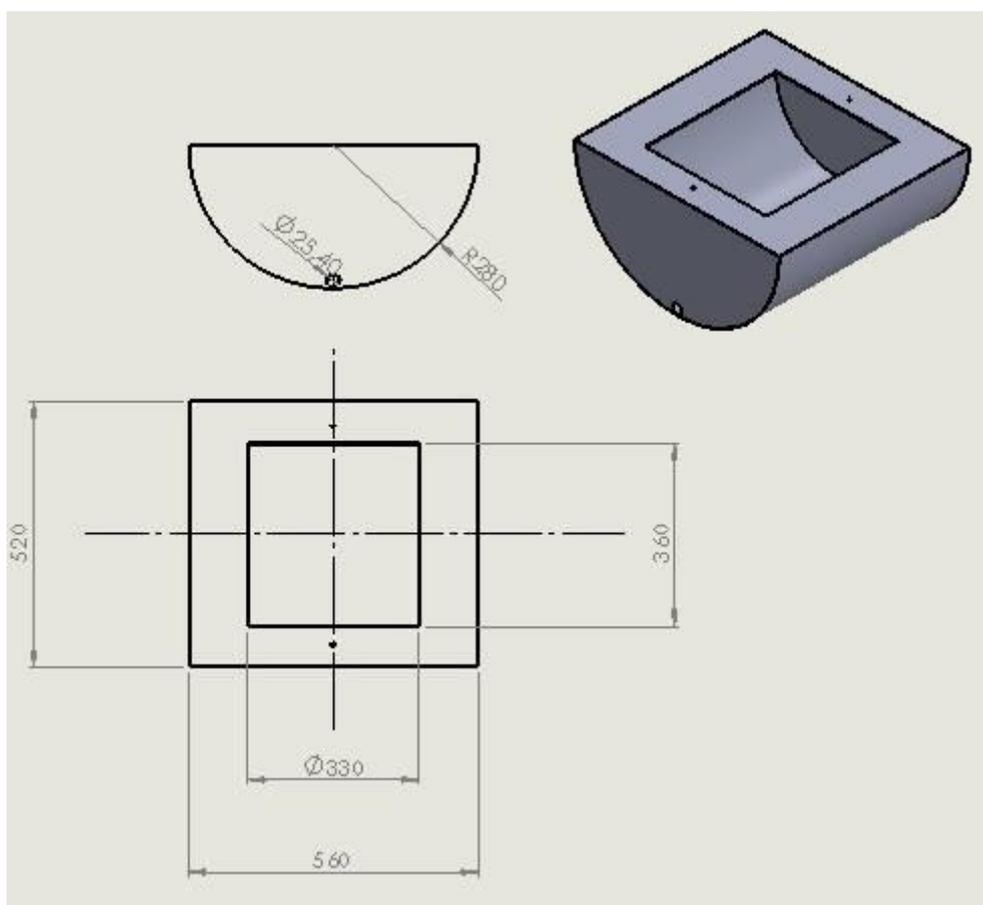
Banho Maria, a água estará em contato com a água do derretedor por meio de dois tubos, assim irá se aquecer juntamente com a do mecanismo de derretimento. Para manter a transição do calor entre o derretedor e o reservatório é utilizada uma bomba de água, assim a água quente proveniente do sistema de derretimento é transferida para o reservatório, e posterior a isso retorna para o derretedor para aquecer novamente. A bomba utilizada nesse sistema é uma BAR-400 da Schneider, com capacidade para 3 m³/h de vazão. Esse reservatório necessita ser fechado na parte de cima do Banho Maria em virtude de que a água estará em um nível mais baixo do que o do derretedor, caso contrário a água quente transbordará o reservatório. A figura 10 apresenta o reservatório de cera derretida.

Figura 10: Reservatório de cera derretida



Para a fabricação desse reservatório é utilizada uma chapa de 1,55 mm de espessura, as demais dimensões do reservatório podem ser visualizada na figura 11.

Figura 11: Reservatório de cera derretida com dimensões



4.3.3 Fixação do cilindro

O cilindro é fixado ao equipamento por meio de um mancal. Devido ao cilindro trabalhar com uma rotação baixa não é utilizado rolamento, apenas bucha. O mancal fica fixo em uma estrutura de sustentação do equipamento. Nessa mesma estrutura de sustentação fica fixo o reservatório de cera líquida, o reservatório de água, o sistema de moldagem e o de corte.

4.3.4 Refrigeração da água

Para refrigerar a água que entra no cilindro é necessário um reservatório. A água nesse reservatório está a uma temperatura próxima a 16°C , essa temperatura é atingida com adição de cubos de gelo no reservatório, tornando assim um custo de operação mais baixo. Caso a

temperatura desça mais que 16°C não implicará no funcionamento, pois continuará solidificando a cera quando ela entrar em contato com o cilindro.

A água é trocada dentro do cilindro continuamente, resfriando o sistema. Para ocorrer esse processo é necessária uma bomba para succionar a água do reservatório até o cilindro. Do outro lado a água sairá devido a pressão dentro do cilindro criada pela entrada de mais água, e descera até o reservatório. É necessária uma tubulação para conduzir a água do reservatório até o cilindro e do cilindro até o reservatório, essa tubulação será plástica, pois a pressão e vazão são baixas e o custo é menor. O diâmetro é compatível com a vazão da bomba e o tubo de metal fixo ao cilindro. É necessário um meio de prevenir que a água vazze na emenda entre o tubo do cilindro e a tubulação que permanecerá fixa, para prevenir esse vazamento usa-se diâmetros de tubos próximos e uma vedação com borracha.

Para escolher a bomba mais adequada é necessário conhecer a vazão de água no sistema.

Dados iniciais para calcular a vazão de água necessária para resfriar a cera no entorno do cilindro:

Temperatura inicial da cera: 65 °C

Temperatura final da cera: 52 °C

Temperatura inicial da água: 16 °C

Temperatura final da água: 18 °C

Calor específico da cera de abelha = 0,70 kcal/kg.°C (* 4180 J/k°C) = 2926 J/k°C

Volume = $v_{(cera)} = 612,3 \text{ cm}^3$

Densidade = $\rho_{(cera)} = 0,972 \text{ g/cm}^3$

O volume de cera, 612,3 cm³, é a quantidade de cera que irá se aderir em uma volta completa do cilindro, ou seja, 1 minuto.

Massa = $m_{(cera)} = \rho * v = 0,972 \text{ g/cm}^3 * 612,3 \text{ cm}^3/\text{min} = 595,1556 \text{ g/min}$

Para determinar a quantidade de água necessária para resfriar 612,3 cm³ de cera por minuto podemos utilizar a fórmula da calorimetria.

$$Q = m * c * \Delta t$$

Sabendo que o calor perdido da cera será transmitido para a água pode-se igualar a quantidade de calor da cera e da água.

$$Q_{(cera)} = Q_{(água)}$$

$$m_{(cera)} * c_{(cera)} * \Delta t_{(cera)} = m_{(água)} * c_{(água)} * \Delta t_{(água)}$$

$$0,5951 \text{ kg/min} * 2926 \text{ J/kg}^\circ\text{C} * (65 - 52)^\circ\text{C} = m_{(água)} * 4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C} * (18 - 16)^\circ\text{C}$$

$$m_{(água)} = 2,707 \text{ kg/min} = 0,16246 \text{ m}^3/\text{h} = 102,46 \text{ L/h}$$

É necessária uma vazão de 0,16246 m³/h para manter o cilindro a 18 °C. Levando em consideração que a perda carga é baixa, pois a bomba está próxima do reservatório e do cilindro laminador, o conjunto bomba/motor utilizado é o BAR-400, segundo uma tabela do Catálogo de Bombas da Schneider (Anexo A). A figura 12 apresenta a bomba BAR-400.

Figura 12: Bomba BAR-400



Fonte: Schneider, 2014.

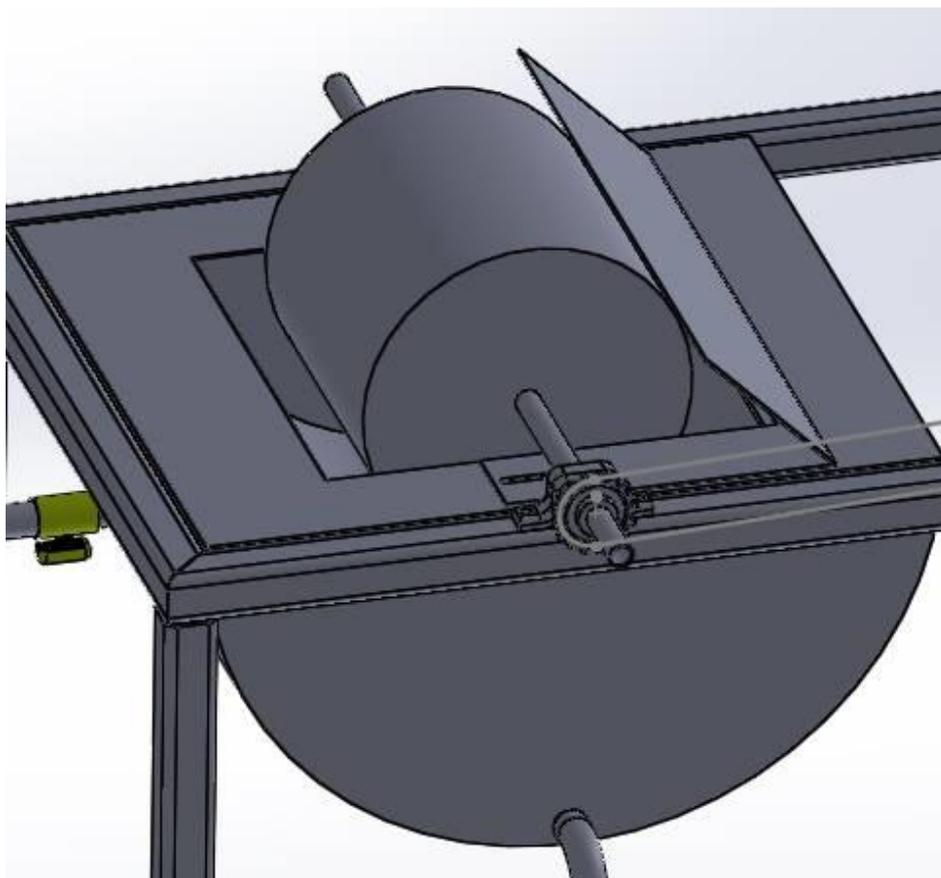
O reservatório de água onde fica a água succionada pela bomba possui capacidade para armazenar 60 litros (0,06 m³) de água, com as medidas de 500 mm de comprimento, 400 mm altura e 300 mm de largura, fabricado com uma chapa de aço com 1,55 mm de espessura.

4.3.5 Laminação da cera

Para laminar a cera é necessário fazer uso de um mecanismo capaz de cortar a cera enquanto o cilindro estiver girando. A cera estará solidificada junto ao cilindro e a cada movimento de rotação desse cilindro mais cera ficará solidificada junto a ele. Com um perfil capaz de cortar a cera e próximo ao cilindro, a cada giro a cera é laminada continuamente.

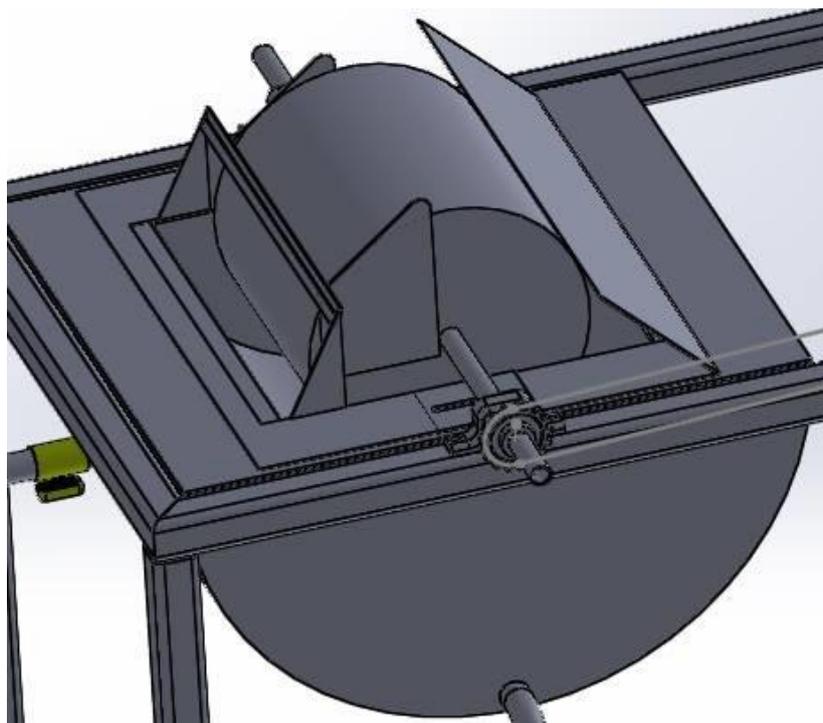
É necessário que este perfil mantenha-se sempre na mesma posição, para produzir uma lamina de cera uniforme. Devido a isso ele ficará fixado na estrutura de sustentação. Para regular a espessura da lâmina de cera se faz necessário um mecanismo de ajuste de altura. A figura 13 apresenta um sistema para laminar a cera.

Figura 13: Sistema para laminar a cera



Para proporcionar uma cera uniforme ainda é necessário usar mais um mecanismo, antes de cortá-la em lâminas, para a parte de cima da cera, além de um controlador de largura. A figura 14 apresenta o sistema para uniformizar a cera.

Figura 14: Sistema para uniformizar a cera



4.4 SISTEMA DE MODELAGEM DA CERA

Após a cera ser laminada ela deve passar por um par de cilindros que irá moldar a cera em formas de alvéolos. Este par de cilindros é adquirido pronto devido à dificuldade de fabricação, o equipamento possui 280 mm de comprimento dos cilindros e diâmetro de 35 mm. A figura 15 apresenta o sistema para moldar a cera.

Figura 15: Sistema para moldar a cera

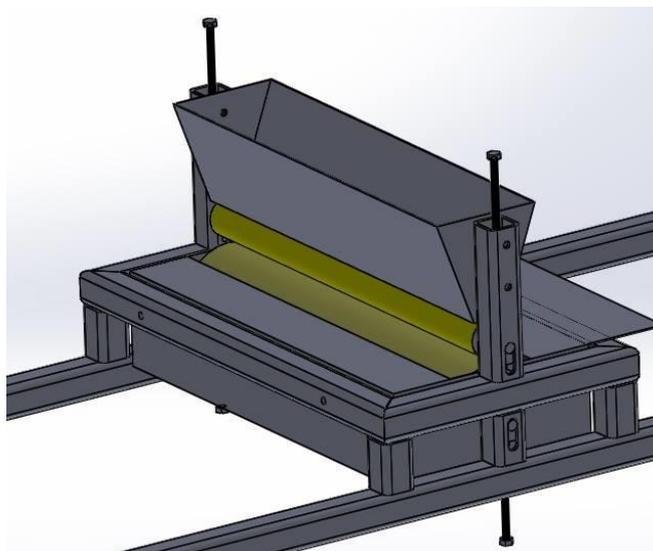


Fonte: IMESUL METAL APÍCOLA LTDA, 2014.

O equipamento é fixado na estrutura de sustentação e é tracionado por um motor elétrico na mesma rotação que o cilindro laminador.

Para a cera não grudar no cilindro alveolador é necessário lubrificá-la, neste caso será utilizado um sistema de lubrificação com água e mel. Antes da cera entrar no cilindro alveolador ela passará entre dois rolos molhados com água e mel, assim a cera ficará molhada também e não irá aderir no momento da moldagem. Esses dois rolos que irão lubrificar a cera são de espuma, a espuma absorve o líquido e quando em contato com a cera passa o líquido para ela. São necessários dois reservatórios para a água e mel, um fica acima e outro abaixo dos rolos. A figura 16 apresenta o sistema para lubrificar a cera.

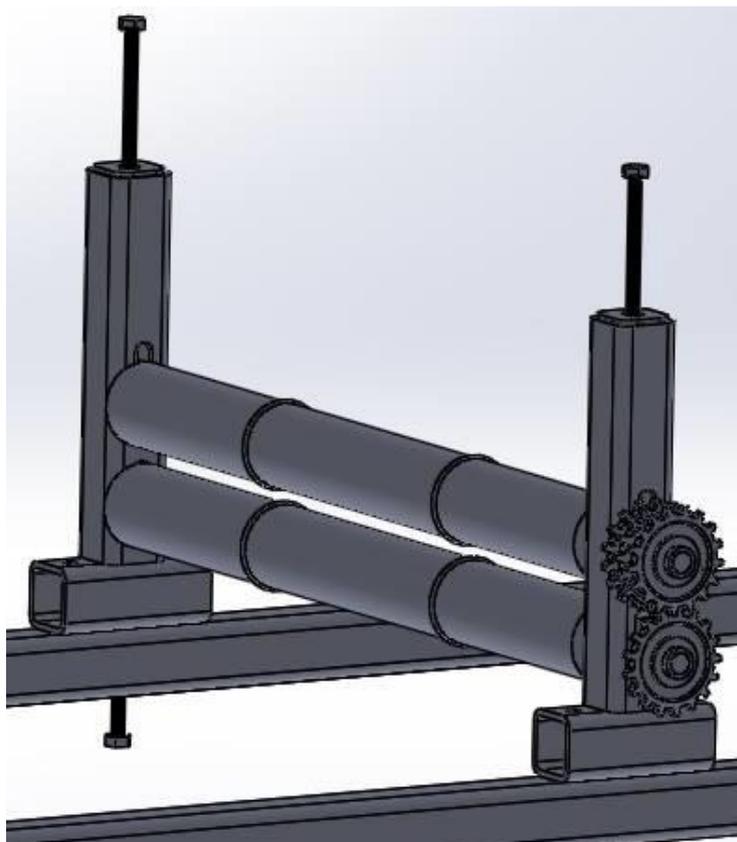
Figura 16: Sistema para lubrificar a cera



4.5 SISTEMA DE CORTE DA CERA

Antes de cortar a cera em laminas de 420 mm de comprimento, é necessário deixá-la com 210 mm de largura. O mecanismo usado para realizar essa tarefa é um cilindro de aço acoplado abaixo de duas laminas circulares. A figura 17 apresenta o sistema para cortar a cera na largura

Figura 17: Sistema para cortar a cera na largura



A cera passa entre o cilindro e as laminas, devido as laminas estar afiadas e encostadas ao cilindro ocorre o corte da cera, deixando-a com 210 mm de largura. O sistema é adaptado em uma engrenagem girando na mesma rotação dos demais componentes, 1 rpm.

Para o corte da lâmina de cera alveolada, 420 mm de comprimento, é necessário que o sistema também possa ser adaptado à engrenagem de rotação, para ter a mesma continuidade de corte quanto de laminação. Deverá ser um sistema simples que realiza o trabalho de corte eficientemente. Uma lamina gira na rotação determinada para cortar a lâmina de cera no tamanho desejado e no momento certo ela corta a cera prensando-a contra um cilindro que também está girando na mesma rotação do conjunto.

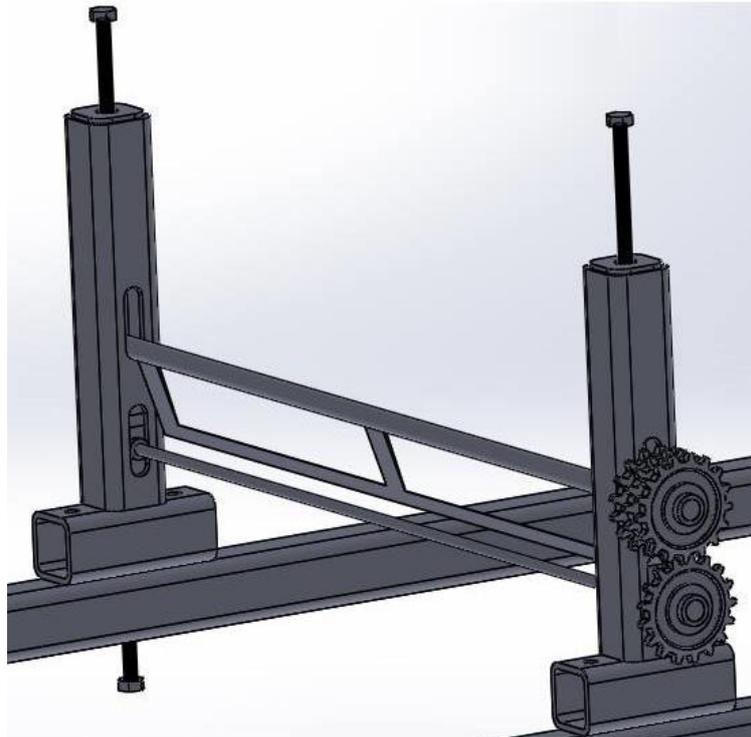
A rotação para essa lamina é a mesma do resto do sistema, 1 rpm. O perímetro que essa lamina forma quando em rotação é o comprimento da cera alveolada, 420 mm. Para poder realizar o trabalho eficientemente nessa rotação, ela deverá girar em um raio de 66,84 mm.

$$\text{Perímetro} = 2 * \pi * r = 420 \text{ mm}$$

$$r = 66,84 \text{ mm}$$

O cilindro inferior necessita ser de metal, em virtude de que a lamina que corta a cera também ser de aço e com o tempo pode ocorrer ranhuras se for de outro material. A figura 18 apresenta o sistema para cortar a cera no comprimento.

Figura 18: Sistema para cortar a cera no comprimento

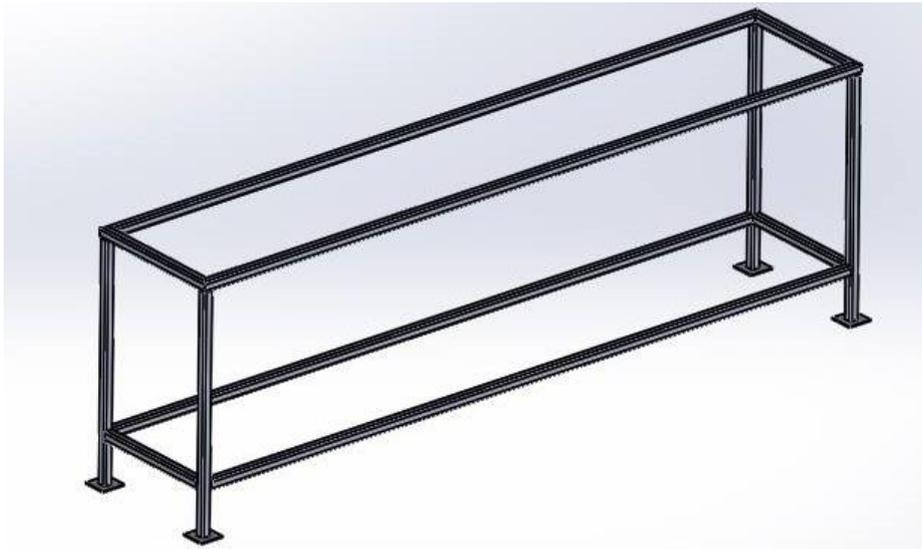


Após a cera ser cortada ela fica depositada sobre uma superfície no final da estrutura de sustentação, para por fim ser embalada ou utilizada nas colmeias.

4.6 ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO

A estrutura de sustentação é a parte que suporta todos os sistemas do equipamento. Esses sistemas são fixos na estrutura por meio de parafusos. Ela é construída com tubo retangular 50,00 mm x 30,00 mm e espessura de 1,5 mm. As dimensões da estrutura são: 3000 mm de comprimento, 1000 mm de altura e 520 mm de largura. A figura 19 apresenta a estrutura de sustentação.

Figura 19: Estrutura de sustentação



A altura de 1000 mm (1 m) facilita ergonomicamente para a pessoa que irá pegar a cera alveolada, quando a mesma estiver pronta após o processo de corte. Nesta mesma altura há uma facilidade também na questão de lubrificação dos mecanismos de movimentação, pois eles estão fixados próximos a altura da estrutura do equipamento.

4.7 MOVIMENTAÇÃO DOS MECANISMOS

4.7.1 Motor elétrico

Os sistemas que necessitam rotação, o Cilindro de laminação, Sistema de modelagem da cera, Sistema de corte da cera na largura e o Sistema de corte da cera no comprimento, são acionados por um motor elétrico. Para descobrir a potência necessária que o equipamento irá requerer primeiramente é preciso descobrir a força de corte para laminar a cera no cilindro.

$$b = 260 \text{ mm}$$

$$h = 3 \text{ mm}$$

$$k_c = 526.7 \text{ kPa} = 0,5267 \text{ N/mm}^2$$

$$F_c = k_c * b * h = 0,5267 * 260 * 3 = 410,826 \text{ N}$$

Seguidamente calcula-se o momento torsor.

$$M_t = F * d$$

$$F = 410,826 \text{ N}$$

$$d = 125 \text{ mm} = 0,125 \text{ m}$$

$$M_t = 410,826 * 0,125 = 51,35325 \text{ N.m ou } 5,2365741614 \text{ kgf.m}$$

$$\text{Potência} = M_t * W$$

$$W = (2 * 3,14) / 60 \text{ s} = 0,10467 \text{ rds/s}$$

$$P = (51,35325 \text{ N.m}) * (0,10467 \text{ rds/s}) = 5,375 \text{ W}$$

A potência necessária para laminar a cera é 5,375 W. No sistema de laminação tem quatro lâminas de corte, uma para deixar a cera uniforme e outra para laminar a cera que será moldada, além de duas lâminas menores que cortam a cera nas extremidades do cilindro. Levando em consideração as quatro lâminas de corte, a potência necessária não é superior a 25 W. Devido aos demais sistemas do equipamento não exercerem grandes esforços e uma rotação relativamente baixa (1 rpm) não há necessidade de calcular todos eles, um motor com potência de 100 W suporta todos os esforços de rotação do equipamento. Levando em consideração uma margem de segurança, uma sobra de potência, o motor utilizado no equipamento é um Motor Monofásico IP55 do tipo Uso Rural da fabricante WEG, semelhante à figura 20.

Figura 20: Motor monofásico IP55 rural.



Fonte: WEG, 2014.

O motor possui 4 Pólos, Frequência de 60 Hz, Potência de 1/2 cv (0,37 kW) e rpm de 1750.

4.7.2 Redutor

O equipamento funciona a uma rotação de um rpm, para reduzir de 1750 para um são utilizados dois redutores de rotação em sequência. Os dois redutores utilizados são do modelo GS 41, com fator de redução 40 do Catálogo GS - Geremia Redutores (2014). A figura 21 apresenta o redutor de rotação.

Figura 21: Redutor de rotação GS 41



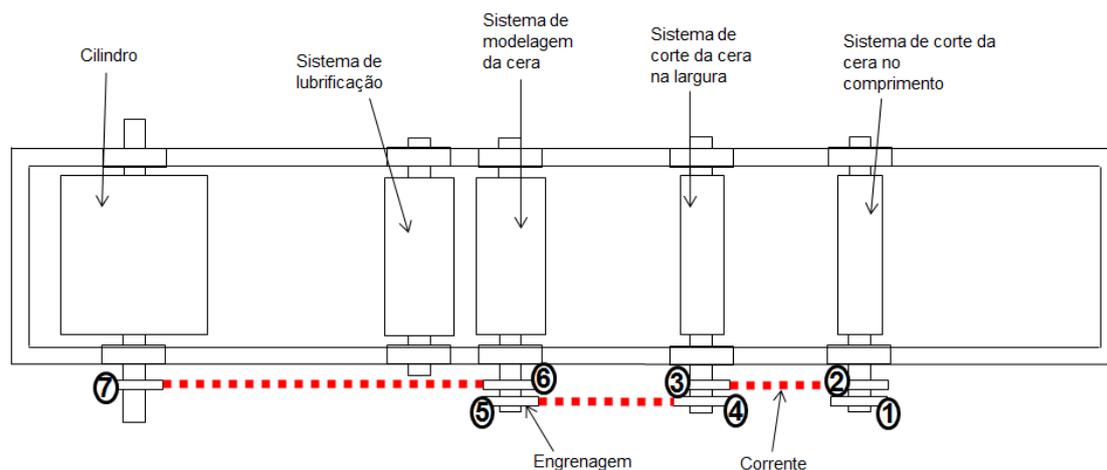
Fonte: Geremia Redutores, 2014.

Na primeira redução o redutor transforma 1750 rpm em 43,75 rpm. No segundo redutor, ele converte 43,75 rpm inicial a 1,093 rpm final. O rpm final de 1,093 é próximo do requisito de projeto (1 rpm), o equipamento tem capacidade de funcionar normalmente com o rpm gerado pelos redutores.

4.7.3 Engrenagens e correntes

Todos os sistemas do equipamento estão ligados um ao outro por meio de correntes e engrenagens. A Figura 22 apresenta o sistema de rotação dos mecanismos.

Figura 22: Sistema de rotação dos mecanismos



A engrenagem que se encaixa nas características do projeto é a CERELLO ANSI 50 modelo 10A-1/17 Simplex, essa engrenagem possui 17 dentes, diâmetro externo de 94 mm (Tabela para escolha em Anexo B). Essa engrenagem é utilizada do número 1 até a 7, na figura 22, devido a mesma rotação entre os sistemas que compõem essas engrenagens, é necessário que estas possuam engrenagens iguais. A engrenagem de número 1 recebe a rotação do redutor e é necessário que esta mantenha a rotação de 1 rpm, então a engrenagem na saída do redutor também é a ANSI 50.

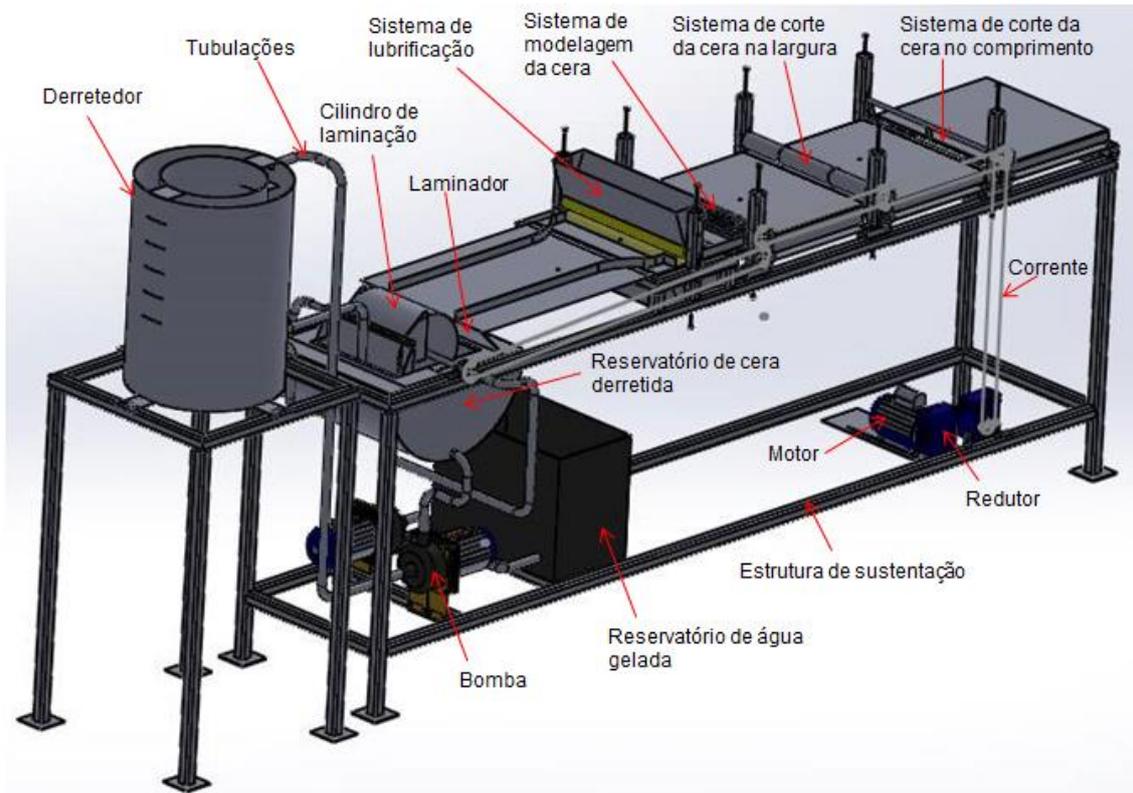
A corrente que se adapta nas características do projeto e da engrenagem utilizada é a CERELLO ANSI e ISO 50-1, onde essa corrente possui passo de 15,88 mm; diâmetro do rolo de 10,16 mm; largura de 20,3 mm; e carga de ruptura de 2800 kg (Tabela para escolha em Anexo C).

4.8 EQUIPAMENTO COMPLETO

O equipamento completo possui a capacidade de transformar a cera bruta em cera alveolada, a figura 23 apresenta esse equipamento. Inicialmente deve-se colocar a cera manualmente no derretedor, o qual derrete a cera, depois a cera passa para o estágio onde um cilindro a solidifica em suas paredes externas, e após esse procedimento a cera passa por um processo de corte que dá a ela um formato de lâmina, essas lâminas são lubrificadas e passam pelos cilindros de moldagem, moldando os alvéolos. Após ser moldada a lâmina de cera passa pelo sistema de corte de largura deixando em uma

largura uniforme. Por último ela é cortada no comprimento desejado e está pronta para ser embalada.

Figura 23: Equipamento completo



O equipamento não possui uma excelente mobilidade, pois ele tem mais de 3 metros de comprimento, com o sistema de derretimento. A maioria dos componentes são de metal tornando o equipamento com uma massa um pouco elevada, o que dificulta para transportá-lo sem o auxílio de equipamentos.

Para controlar a temperatura no sistema de derretimento e reservatório de cera derretida é utilizado um termômetro acoplado ao derretedor, o controle para aumentar ou diminuir a temperatura é ajustado com a intensidade da chama proveniente do GLP, bem como, o controle da temperatura no reservatório de água fria é realizado com um termômetro acoplado ao reservatório, caso necessitar diminuir a temperatura, adiciona-se gelo no reservatório, se a temperatura ficar um pouco abaixo do esperado não irá interferir no funcionamento do equipamento.

5. CONCLUSÕES

Em razão do que foi apresentado é possível observar que os conceitos sobre a cera, bem como as suas características, foram descritos para enriquecer o trabalho e dar uma base. As abelhas tem o papel fundamental na produção de cera, e consomem até sete quilogramas de mel para produzir um quilograma de cera, sendo assim o desenvolvimento desse equipamento iria reduzir esse trabalho por parte das abelhas, permitindo uma maior produção de mel na colmeia.

A revisão de literatura também apresentou os processos necessários para transformar cera bruta em cera alveolada, ficou evidente que são necessárias todas as etapas para produzir a cera alveolada. É importante derreter a cera para poder laminá-la, e sem a laminação é impossível de moldá-la ou alveolá-la, e é necessário cortar as lâminas para poder colocá-las nas colmeias.

A realização de testes possibilitou comprovar que a cera líquida adere-se a uma superfície com temperatura mais baixa, e isso possibilita a laminação da cera continuamente. Além disso, o teste no protótipo foi necessário para coletar as temperaturas de trabalho do equipamento, sem elas não seria possível realizar os cálculos básicos para o funcionamento.

Os desenhos apresentados neste trabalho apresentam as características do equipamento, ou seja, dimensões comprovadas em cálculos ou os requisitos do projeto. O *software Solidworks* possibilitou trazer uma concepção real de como o equipamento será depois de construído. Possuindo as condições necessárias para produzir cera alveolada.

Foi de grande importância e valor o desenvolvimento do trabalho, o objetivo principal foi atingido de forma satisfatória, pois foi possível desenvolver um equipamento capaz de transformar cera bruta em cera alveolada, com capacidade de produzir mais de cinquenta quilogramas por dia, mantendo a uniformidade. Caso o equipamento for construído possibilitará a produtores de mel um novo método para a aquisição de cera alveolada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Nepomuceno de. **Ganhe muito dinheiro criando abelhas: a técnica do apiário ao alcance de todos.** São Paulo: Nobel, 1983.

BARROS, Ana Isabel Ramos Novo Amorim de; NUNES, Fernando Hermínio Ferreira Milheiro; COSTA, Miguel Maia Ferreira da. **Manual de Boas Práticas na Produção de Cera de Abelha: Princípios Gerais.** Portugal: Fnap, 2009.

CASAFERREIRA. **Propriedades Térmicas dos Sólidos, Líquidos e Gasosos.** 2014. Disponível em: <http://www.casaferreira.com.br/aquecimento/resistencias/inform_proprisoli.asp> Acesso em: 28 ago. 2014.

CERELLO. **Catálogo de Engrenagens e Correntes.** 2014. Disponível em: <<http://www.cerello.ind.br/index.php>> Acesso em: 28 set. 2014.

CORRÊA, Maria Pinheiro Fernandes. **Produção de Mel.** Embrapa. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mel/SPMel/>> Acesso em: 13 nov. 2014.

COSTA, Paulo Sérgio Cavalcanti; OLIVEIRA, Juliana Silva. **Manual Prático de Criação de Abelhas.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 424 p.

GEREMIA REDUTORES, 2014. Disponível em: <<http://www.geremiaredutores.com.br/>> Acesso em: 16 set. 2014.

HALLIDAY, David, RESNICK, Robert, WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas, Termodinâmica.** 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

HOSSAIN, M. Enamul; KETATA, Chefi; ISLAM, M. Rafiqul. Proceedings of the Third International Conference on Modeling, Simulation and Applied Optimization, 2009, U.a.e. **Experimental Study of Physical and Mechanical Properties of Natural and Synthetic Waxes Using Uniaxial Compressive Strength Test.** 2009. 5 p.

HUERTAS, Alfredo Alcides Goicochea; GARAY, Luís Gustavo; SÁ, Veríssimo Gibran Mendes de. **Cera de Abelhas.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009.

IMESUL METAL APÍCOLA LTDA. **Cilindro Alveolador de Cera.** Lages, SC. 2014. Disponível em: <<http://www.imesul.com.br/produto.php?id=76>> Acesso em: 16 set. 2014.

KÖSTER, Joel Eduardo Matschinske. **Sistema de controle automático de corte para produção de lâminas alveoladas para colméias apícolas.** 2009. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Departamento de Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Positivo, Curitiba, 2009.

LAPEFER. **Catálogo de chapas galvanizadas.** Disponível em: <http://www.lapefer.com.br/prod_chapas_galvaniz.asp> Acesso em: 12 ago. 2014.

LOSTLAKEGARDENS. **Beekeeping Equipment.** 2013. Disponível em: <<http://lostlakegardens.wordpress.com/2013/05/16/beekeeping-equipment/>>. Acesso em: 13 nov. 2014.

METÁLICA. **Catálogo de tubos retangulares.** Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/tubos-acos-retangulares>> Acesso em: 12 ago. 2014.

NUNES, Lorena Andrade et al. **Produção de Cera.** Universidade de São Paulo. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2012. (Série Produtor Rural, nº 52).

PORTAL METALICA. **Equacionamento da força de corte.** 2014. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/equacionamento-da-forca-de-corte>> Acesso em: 24 set. 2014.

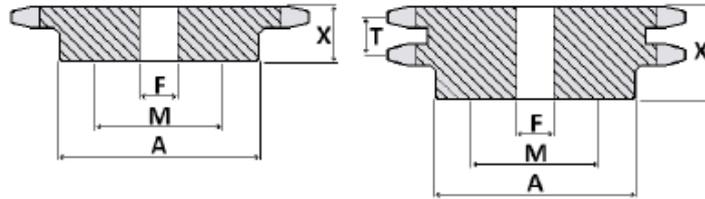
SCHNEIDER. **Catálogo de Bombas.** 2014. Disponível em: <<http://www.schneider.ind.br/catalogo/>> Acesso em: 16 set. 2014.

WEG. **Seleção de Motores Elétricos.** 2014. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/TEC_CAT/tech_motor_dat_web.asp> Acesso em: 16 set. 2014.

WIESE, Helmuth. **Apicultura: novos tempos.** Guaíba: Agrolivros, 2005. 378 p.

ANEXO B - TABELA DE ENGRENAGENS PARA CORRENTES

ENGRENAGENS PARA CORRENTE PASSO 5/8", SIMPLES E DUPLA - ANSI 50.

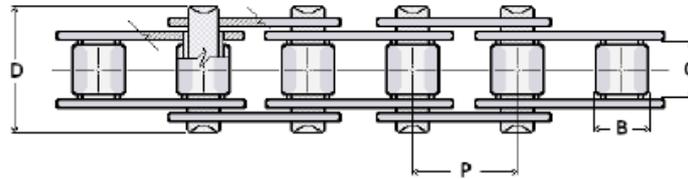


DIMENSÕES DAS ENGRENAGENS

| Nº de Dentes | Ø Primitivo | Ø Externo | Tipo | Ø Do Cubo A | Furo Normal F | Furo Máximo M | Referência cereollo | Altura Total X | Referência cereollo | Altura Total X | Passo Transversal T |
|--------------|--|-----------|------|-------------|---------------|---------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|---------------------|
| Z | MEDIDAS ENCONTRADAS NAS ENGRENAGENS SIMPLES E DUPLAS | | | | | | SIMPLES | DUPLA | | | |
| 09 | 46,42 | 53 | B2 | 28 | 15 | 19 | 10A-1/09 | 25 | 10A-2/09 | 45 | 18,11 |
| 10 | 51,37 | 58 | B2 | 33 | 15 | 22 | 10A-1/10 | 25 | 10A-2/10 | 45 | 18,11 |
| 11 | 56,35 | 64 | B2 | 38 | 15 | 25 | 10A-1/11 | 25 | 10A-2/11 | 45 | 18,11 |
| 12 | 61,34 | 69 | B2 | 44 | 15 | 29 | 10A-1/12 | 25 | 10A-2/12 | 45 | 18,11 |
| 13 | 66,34 | 74 | B2 | 48 | 15 | 32 | 10A-1/13 | 25 | 10A-2/13 | 45 | 18,11 |
| 14 | 71,34 | 79 | B2 | 53 | 17,50 | 35 | 10A-1/14 | 25 | 10A-2/14 | 45 | 18,11 |
| 15 | 76,36 | 84 | B2 | 59 | 17,50 | 39 | 10A-1/15 | 25 | 10A-2/15 | 45 | 18,11 |
| 16 | 81,37 | 89 | B2 | 64 | 17,50 | 43 | 10A-1/16 | 25 | 10A-2/16 | 45 | 18,11 |
| 17 | 86,40 | 94 | B2 | 69 | 17,50 | 46 | 10A-1/17 | 25 | 10A-2/17 | 45 | 18,11 |
| 18 | 91,42 | 100 | B2 | 74 | 17,50 | 49 | 10A-1/18 | 25 | 10A-2/18 | 45 | 18,11 |
| 19 | 96,45 | 105 | B2 | 79 | 17,50 | 53 | 10A-1/19 | 30 | 10A-2/19 | 45 | 18,11 |
| 20 | 101,48 | 110 | B2 | 84 | 20 | 56 | 10A-1/20 | 30 | 10A-2/20 | 45 | 18,11 |
| 21 | 106,51 | 115 | B2 | 89 | 20 | 59 | 10A-1/21 | 30 | 10A-2/21 | 45 | 18,11 |
| 22 | 111,55 | 120 | B2 | 94 | 20 | 63 | 10A-1/22 | 30 | 10A-2/22 | 45 | 18,11 |
| 23 | 116,59 | 125 | B2 | 99 | 20 | 66 | 10A-1/23 | 30 | 10A-2/23 | 45 | 18,11 |
| 24 | 121,62 | 130 | B2 | 100 | 20 | 67 | 10A-1/24 | 34 | 10A-2/24 | 45 | 18,11 |
| 25 | 126,66 | 135 | B2 | 100 | 20 | 67 | 10A-1/25 | 34 | 10A-2/25 | 45 | 18,11 |
| 26 | 131,70 | 140 | B2 | 110 | 20 | 73 | 10A-1/26 | 34 | 10A-2/26 | 45 | 18,11 |
| 27 | 136,74 | 145 | B2 | 110 | 20 | 73 | 10A-1/27 | 34 | 10A-2/27 | 45 | 18,11 |
| 28 | 141,79 | 150 | B4 | 86 | 20 | 57 | 10A-1/28 | 37 | 10A-2/28 | 51 | 18,11 |
| 30 | 151,87 | 161 | B4 | 86 | 20 | 57 | 10A-1/30 | 37 | 10A-2/30 | 51 | 18,11 |
| 31 | 156,92 | 166 | B4 | 86 | 20 | 57 | 10A-1/31 | 37 | 10A-2/31 | 51 | 18,11 |
| 32 | 161,96 | 171 | B4 | 86 | 20 | 57 | 10A-1/32 | 37 | 10A-2/32 | 51 | 18,11 |
| 33 | 167,01 | 176 | B4 | 86 | 20 | 57 | 10A-1/33 | 37 | 10A-2/33 | 51 | 18,11 |
| 34 | 172,05 | 181 | B4 | 86 | 20 | 57 | 10A-1/34 | 37 | 10A-2/34 | 51 | 18,11 |
| 35 | 177,10 | 186 | B4 | 86 | 20 | 57 | 10A-1/35 | 37 | 10A-2/35 | 51 | 18,11 |
| 36 | 182,15 | 191 | B4 | 86 | 20 | 57 | 10A-1/36 | 37 | 10A-2/36 | 51 | 18,11 |
| 38 | 192,24 | 201 | B4 | 86 | 25 | 57 | 10A-1/38 | 37 | 10A-2/38 | 51 | 18,11 |
| 40 | 202,34 | 211 | B4 | 86 | 25 | 57 | 10A-1/40 | 40 | 10A-2/40 | 55 | 18,11 |
| 45 | 227,58 | 237 | B4 | 86 | 25 | 57 | 10A-1/45 | 40 | 10A-2/45 | 55 | 18,11 |
| 48 | 242,73 | 252 | B4 | 98 | 25 | 65 | 10A-1/48 | 40 | 10A-2/48 | 55 | 18,11 |
| 54 | 273,03 | 282 | B4 | 98 | 25 | 65 | 10A-1/54 | 40 | 10A-2/54 | 55 | 18,11 |
| 57 | 288,18 | 298 | B4 | 98 | 25 | 65 | 10A-1/57 | 40 | 10A-2/57 | 55 | 18,11 |
| 60 | 303,33 | 312 | B4 | 98 | 25 | 65 | 10A-1/60 | 40 | 10A-2/60 | 55 | 18,11 |
| 76 | 384,15 | 394 | B4 | 98 | 30 | 65 | 10A-1/76 | 40 | 10A-2/76 | 55 | 18,11 |
| 95 | 480,14 | 490 | B4 | 110 | 30 | 73 | 10A-1/95 | 40 | 10A-2/95 | 55 | 18,11 |
| 114 | 576,13 | 586 | B4 | 110 | 30 | 73 | 10A-1/114 | 40 | 10A-2/114 | 55 | 18,11 |

ANEXO C - TABELA DE CORRENTES

CORRENTE SIMPLES



| Referência ANSI E ISO | Referência ABTN | P X C | Passo | Entre Placas | Ø do Rolo | Largura Total | Altura Placas | Carga Ruptura | Peso |
|--------------------------|--------------------|---------------|----------|--------------|-----------|---------------|---------------|---------------|-------|
| | | | P | C | B | D | H | | |
| | | | Polegada | mm | mm | mm | mm | kg | Kg./m |
| 25-1 | 04C-1 | 1/4 X 1/8 | 6,35 | 3,18 | 3,30 | 9,7 | 5,7 | 450 | 0,12 |
| 35-1 | 06C-1 | 3/8 X 3/16 | 9,53 | 4,77 | 5,08 | 11,8 | 7,3 | 950 | 0,33 |
| 40-1 | 08A-1 | 1/2 X 5/16 | 12,70 | 7,95 | 7,92 | 16,4 | 10,2 | 1.700 | 0,60 |
| 50-1 | 10A-1 | 5/8 X 3/8 | 15,88 | 9,53 | 10,16 | 20,3 | 13,0 | 2.800 | 1,01 |
| 60-1 | 12A-1 | 3/4 X 1/2 | 19,05 | 12,70 | 11,91 | 25,5 | 18,0 | 3.800 | 1,43 |
| 80-1 | 16A-1 | 1 X 5/8 | 25,40 | 15,88 | 15,88 | 33,5 | 24,0 | 6.600 | 2,53 |
| 100-1 | 20A-1 | 1.1/4 X 3/4 | 31,75 | 19,05 | 19,05 | 40,4 | 29,6 | 10.800 | 4,02 |
| 120-1 | 24A-1 | 1.1/2 X 1 | 38,10 | 25,40 | 22,23 | 50,5 | 36,0 | 15.400 | 5,96 |
| 140-1 | 28A-1 | 1.3/4 X 1 | 44,45 | 25,40 | 25,40 | 54,5 | 42,0 | 20.800 | 7,75 |
| 160-1 | 32A-1 | 2 X 1.1/4 | 50,80 | 31,75 | 28,58 | 64,5 | 48,0 | 26.200 | 10,13 |
| 200-1 | 40A-1 | 2.1/2 X 1.1/2 | 63,50 | 38,10 | 39,67 | 78,5 | 57,2 | 43.000 | 16,10 |
| 240-1 | 48A-1 | 3 X 1.7/8 | 76,20 | 47,63 | 47,62 | 94,5 | 71,8 | 59.000 | 25,10 |
| 05B-1 | 05B-1 | .315 X .118 | 8,00 | 3,00 | 5,00 | 7,7 | 7,2 | 400 | 0,16 |
| 06B-1 | 06B-1 | 3/8 X .225 | 9,53 | 5,72 | 6,35 | 12,5 | 8,3 | 1.000 | 0,39 |
| 08B-1 | 08B-1 | 1/2 X .305 | 12,70 | 7,75 | 8,51 | 16,3 | 11,8 | 1.900 | 0,69 |
| 10B-1 | 10B-1 | 5/8 X .380 | 15,88 | 9,70 | 10,16 | 19,2 | 14,0 | 2.500 | 0,89 |
| 12B-1 | 12B-1 | 3/4 X .460 | 19,05 | 11,70 | 12,07 | 22,1 | 18,0 | 3.000 | 1,24 |
| 16B-1 | 16B-1 | 1 X .670 | 25,40 | 17,00 | 15,88 | 36,0 | 21,0 | 6.000 | 2,70 |
| 20B-1 | 20B-1 | 1.1/4 X .770 | 31,75 | 19,60 | 19,05 | 41,0 | 25,5 | 7.800 | 3,70 |
| 24B-1 | 24B-1 | 1.1/2 X 1.00 | 38,10 | 25,40 | 25,40 | 54,0 | 33,7 | 15.000 | 6,70 |
| 28B-1 | 28B-1 | 1.3/4 X 1.22 | 44,45 | 31,00 | 27,94 | 66,0 | 34,5 | 19.000 | 8,20 |
| 32B-1 | 32B-1 | 2 X 1.22 | 50,80 | 31,00 | 29,21 | 65,0 | 40,5 | 23.000 | 9,20 |
| 40B-1 | 40B-1 | 2.1/2 X 1.50 | 63,50 | 38,10 | 39,37 | 80,0 | 53,0 | 39.000 | 15,50 |
| 48B-1 | 48B-1 | 3 X 1.80 | 76,20 | 45,70 | 48,26 | 100,0 | 63,9 | 60.000 | 24,50 |