# DESENVOLVIMENTO E DIMENSIONAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DA *NOODLE MACHINE*

Development and dimensioning for the construction of the Noodle Machine

**NOBRE, Nicholas C.**
Centro Universitário de Jaguariúna

**COSTA, Lucas Ferrari de Carvalho**
Centro Universitário de Jaguariúna

**RESUMO:** Com o crescimento e a popularização das *Vending Machines* no Brasil, houve um aumento significativo no ramo destas máquinas que oferecem outro tipo de alimentos. Graças a isso houve uma intensificação, por parte do setor alimentício, para o desenvolvimento de meios que atendam esta nova demanda. Entretanto para a construção de tais equipamentos é necessário que haja um pré-projeto para ser seguido, buscando os melhores métodos para o desenvolvimento, além de garantir a segurança do usuário contra falhas estruturais.

Considerando isto, o projeto tem por objetivo realizar o dimensionamento e as simulações de esforços sobre a estrutura, por meio de representações tridimensionais em software. Através de modelamentos tridimensionais é possível também prever possíveis obstáculos que serão encontrados na fase de construção, tornando assim um método muito eficaz na otimização do tempo e a redução nos custos de produção.

**Palavras-chave:** Simulações; Dimensionamento; Modelamento tridimensional.

**Abstract:** Considering the growth of vending machines in Brazil, the improvements and expansion of this sector are eminent. Due to this expansion, linked to the food business, the market needs to encompass these demands. However, to build these types of equipment, a pre-project must have been

designed to be followed, seeking the best methods of development, and beyond that, ensure the users' safety.

This project aims to perform the dimensioning and efforts of the structure, through 3D portrayals. Over these 3D portrayals, it is possible to forecast possible
obstacles that might be found on the assembling stage; thus, making it an effective method of optimizing time and reducing the manufacturing costs.

**Key-words:** Simulations, dimensioning, 3D portrayals

## INTRODUÇÃO

Devido a necessidade que os seres humanos têm de otimização do tempo em dias atuais, traz-se à tona a indispensabilidade de métodos mais rápidos e práticos para a realização do preparo de alimentos. É notório que a redução destas e outras atividades ao longo do dia, pode proporcionar ao indivíduo um melhor aproveitamento do tempo para a realização de tarefas que necessitam de uma maior demanda.

Impulsionado pelo aumento da utilização de *Vending Machine* por todo o Brasil, onde “A conveniência das *vending machines* movimentou, em 2014, R$1 bilhão de reais e a previsão de crescimento do segmento para 2015 é de 12%. ” (Surek et al., 2016, p. 38), nota-se que o crescimento do uso destes tipos de equipamentos acontece por se tratarem meios práticos e rápidos para obtenção de alimento, porém estes em sua grande parte fornecem apenas os lanches mais comuns.

Avaliando estes pontos, percebe-se que a aplicação dos meios tecnológicos utilizados por *Vending Machine* são os métodos mais atrativos para as pessoas que buscam agilidade; portanto novas opções de produtos podem agregar ainda mais o crescimento deste tipo de negócio no país. Logo buscando uma ideia que se encaixa nestes pontos foi pensado em uma máquina de preparo autônoma de macarrão instantâneo, uma saída encontrada estrategicamente para trazer um novo modelo de negócio baseado em preparo rápido e vendas ágeis de um produto popularmente consumido no

mundo todo.

A *Noodle Machine* foi projetada para fornecer até quatro sabores do produto, tem por finalidade atingir os gostos mais diversificados, contando com um sistema de dois reservatórios de água interligados entre si, fornecendo uma alimentação contínua de água, garantindo assim uma rapidez de preparo.A implementação de um sistema de controle, responsável por manter a temperatura da água constante para o preparo e mais um sistema para realizar o controle da quantidade de líquido injetado no alimento, tem por objetivo o cozimento completo do macarrão atingindo as condições necessárias para o consumo.

## OBJETIVO

O principal objetivo deste projeto consiste na elaboração do dimensionamento e das simulações por elementos finitos através de modelamentos tridimensionais da *Noodle Machine,* por meio do software SolidEdge 2020 (Siemens). Esta abordagem trata-se de uma metodologia, para avaliar e premeditar as direções mais eficazes para a construção, determinando os materiais que melhor se adequam e o estabelecimento de métodos de fabricação mais eficazes para a construção. Através da modelagem tridimensional evita-se também desperdícios de tempo e matéria prima; portanto é de grande importância que haja um projeto a ser seguido.

Sobre o recurso de prototipagem sabe-se que:

> O recurso à prototipagem fornece aos designers informações importantes sobre requisitos do mundo real, servindo de método para explorar ideias preliminares de forma mais rápida e mais económica, visualizar, avaliar, organizar qualidades, aprender, testar e melhorar as especificações do projeto antes da concretização final. (PALHAIS, 2015, p. 29)

## DESENVOLVIMENTO

Para a realização do desenvolvimento da estrutura foi necessário determinar os componentes utilizados, como sensores, atuadores, e a capacidade que os reservatórios devem comportar, esta foi a primeira etapa

para  realizar a elaboração de um modelamento tridimensional.

A estrutura desenvolvida tem por objetivo a sustentação dos tanques de água, abrigando os componentes eletromecânicos, eletrônicos e mecânicos.



**Figura 1**: Noodle Machine

**Fonte**: Desenvolvido pelo autor

Após a escolha dos componentes em conjunto com o restante do grupo foi preciso determinar quais materiais seriam necessários para a confecção da estrutura (Figura 1); no caso foram utilizados para a montagem da estrutura de sustentação, barras de metalon com dimensões de 20 milímetros de largura, 40 milímetros de altura e com parede interna de um milímetro e meio, cantoneiras de aço com abas de mesmo tamanho, medindo três quartos de polegada e um oitavo de polegada de espessura, conforme visto na Figura 2, para proteção externa será utilizada chapas de acrílico de um milímetro. Os elementos

dimensionados serão empregados devido aos seus aspectos físicos e mecânicos que por sua vez atendem aos critérios para a construção da estrutura.

Levando-se em conta a finalidade alimentícia deve-se garantir a higiene dos equipamentos e a proteção das partes em madeira caso haja algum vazamento dos tanques, portanto a base que sustenta os reservatórios será feita em chapa de MDF (*Medium Density Fiberboard*), com 12 milímetros de espessura, com o revestimento em verniz de madeira.

Após a escolha dos materiais, foi realizado o desenho tridimensional da estrutura de acordo com os parâmetros de construção; logo as dimensões gerais do projeto ficaram com 69 centímetros de altura, 45 centímetros de largura e 40 centímetros de profundidade, para realizar a construção da estrutura será implementado técnicas de usinagem convencionais por se tratar de uma montagem complexa e de grande escala, realizando também ajustes durante o processo caso seja necessário.



**Figura 2:** Estrutura de sustentação

**Fonte**: Desenvolvido pelo autor

Dividindo a estrutura em duas partes, inferior e superior, para melhor compreensão, a parte inferior foi projetada para abrigar o carrossel de opções, contendo as quatro embalagens do macarrão instantâneo e todo o restante do mecanismo para a movimentação. Para realizar tal movimentação foi introduzido em uma das extremidades da base do carrossel uma polia dentada, 48 XL 037, acoplada a um motor de passo, conforme pode ser visto na Figura 3; a base por
sua vez estará envolvida com uma correia dentada invertida, onde a face sem os dentes está fixada em todo o perímetro externo da circunferência.

Esse sistema foi pensado para a otimização da altura do projeto em 20 centímetros e para garantir também que a rotação do sistema seja feita de maneira suave e constante. A correia utilizada em torno da base é a Correia Sincronizadora 370 XL 037, a escolha desta foi dada devido ao seu perímetro externo ser de mesmo tamanho que a circunferência da base. Assim, uma relação de engrenagens é formada, sendo que a polia motora conta com 48 dentes e a polia movida conta com 185 dentes.

A construção do carrossel feita em placa de MDF de 12 milímetros além possuir os elementos físicos necessários que atendem ao projeto, tem por finalidade a redução do peso final na montagem, a polia feita em impressão tridimensional com o material PLA, garante uma redução nos custos finais para a fabricação. O motor de passo estipulado gera uma força de 4,6 Kgf.cm, e garante a movimentação suave de toda a estrutura rotativa. Para realizar a construção do carrossel, será utilizado o fresamento de placas em MDF na CNC (*Computer Numeric Control*), para assegurar que o eixo de rotação formado, através dos encaixes das peças que o compõem, sejam de forma mais retilínea possível e que a circunferência da base do carrossel seja a mais uniforme possível para a fixação da correia.

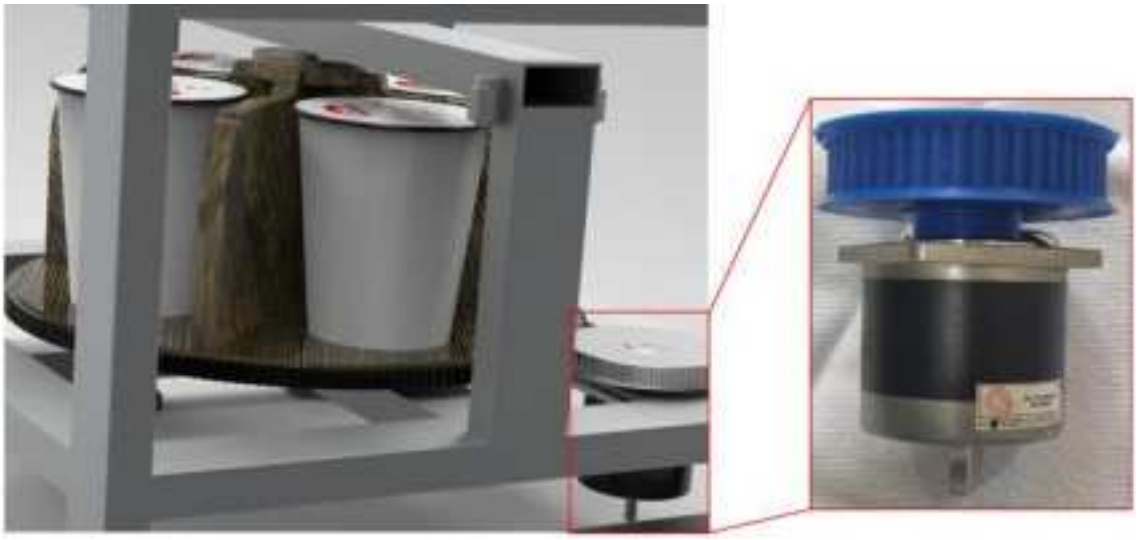


**Figura 3:** Carrossel de opções e mecanismo giratório

**Fonte**: Desenvolvido pelo autor

Na parte superior do projeto está o local onde abrigará os reservatórios, o de água fria e outro quente, possuindo a capacidade de cinco litros e dois litros respectivamente. Considerando-se apenas a água, o peso da massa aplicada na estrutura está por volta de sete quilogramas, daí a necessidade de uma base forte e resistente.

Ainda sobre a parte superior, o projeto contará com presença dos aparelhos de medição de nível, fluxo de água e temperatura com seus respectivos atuadores, bombas para a movimentação do fluído e o sistema de aquecimento de água.

Nota-se na Figura 4, a presença de tubulações na cor azul e vermelha, essa representação foi colocada para facilitar o entendimento do fluxo da água através dos processos, sendo que a coloração azul representa a temperatura ambiente do fluido e a coloração vermelha após a etapa de aquecimento, as tubulações utilizadas serão as mesmas encontradas em bebedouros devido a sua composição atóxica.

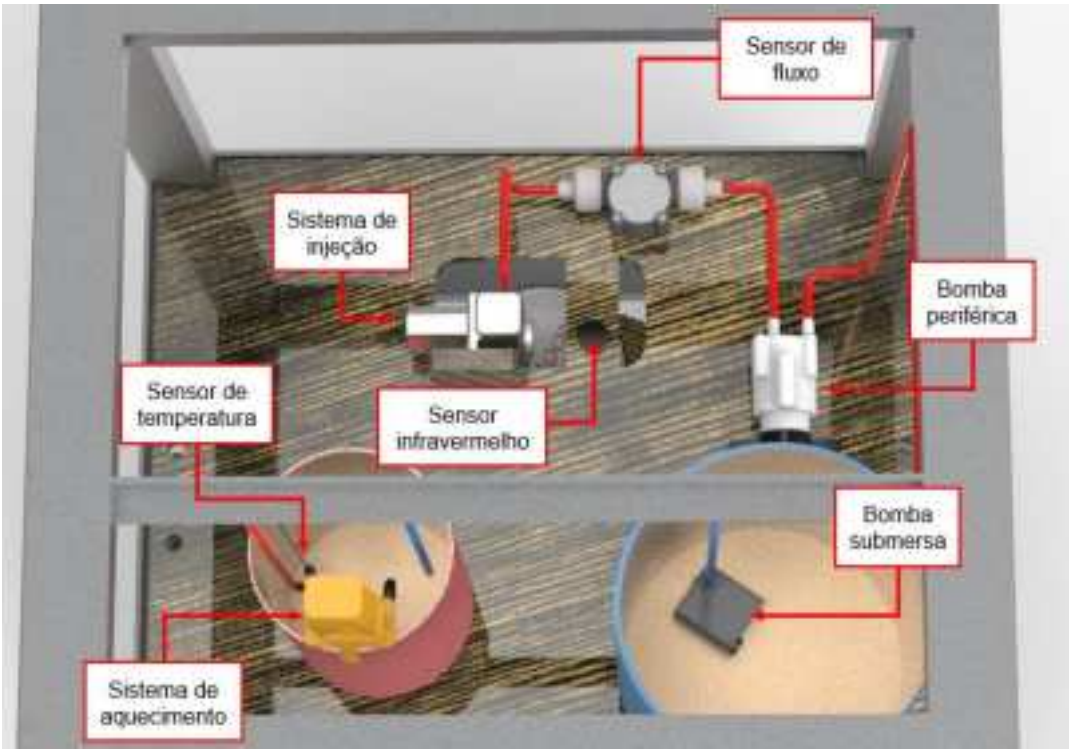



**Figura 4:** Parte superior

**Fonte**: Desenvolvido pelo autor

A injeção da água aquecida no macarrão é realizada por uma agulha de inserção, fixada a um motor DC (*Direct Current*), que por sua vez possui um sistema de cremalheira e engrenagem realizando um curso retilíneo. Portanto a agulha, construída em aço inoxidável, realizará um movimento linear perfurando o lacre da embalagem do macarrão e assim possibilitando a injeção da água. Esse sistema projetado é localizado em uma abertura da plataforma que separa as duas partes da estrutura, interligando-as em um só fluxo, ver Figura 5.

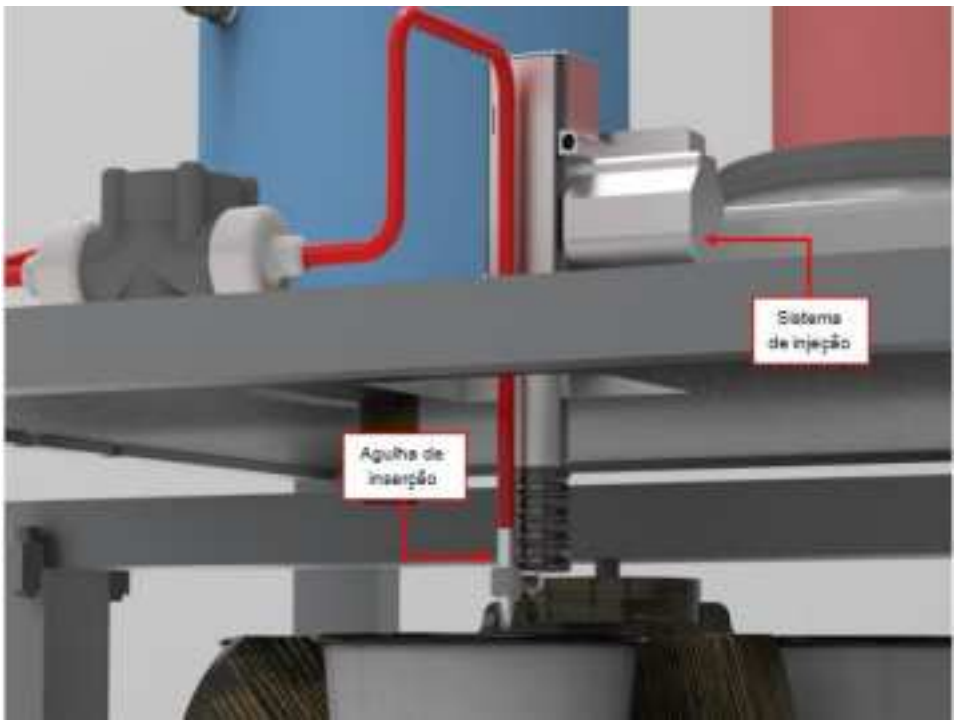



**Figura 5:** Processo de inserção
**Fonte**: Desenvolvido pelo autor

**SIMULAÇÕES**

Para realizar as simulações, foi utilizado o estudo estático linear através do método dos elementos finitos (MEF), com finalidade de calcular as deformações, deslocamentos e os demais efeitos das forças que agem sobre o objeto. A configuração da malha utilizada é a do formato tetraédrica devido a sua representação mais próxima ao mundo real detalhando assim o efeito das forças sobre o material.

Para Azevedo (2003, p. 3), antes de realizar o estudo através do MEF é necessário que haja uma fase que antecede as análises, um esboço a ser seguido, levando-se em consideração o tipo de análise (dinâmica ou estática), se o modelamento será linear ou não linear e o tipo da estrutura empregada.

Para que a realização de uma simulação mais precisa, a mesma será dividida em partes, já que o efeito causado pela força sobre cada tipo de material se comporta de maneira diferente. A primeira peça a ser analisada é a base que sustenta os reservatórios, o sistema de aquecimento e os demais componentes, a sua construção em MDF com revestimento em alumínio,

permite que todo o peso seja distribuído para as arestas da chapa de MDF. Portanto aplicando as forças de 39,24 N, referente ao peso do reservatório de água quente junto com o sistema de aquecimento e 49,05 N referente ao segundo tanque (Figuras 6 e 7), ambos em sua capacidade máxima, o deslocamento máximo que peça pode sofrer é de 0,0435 milímetros, tomando como base o tamanho da malha aplicada de 7,08 milímetros.

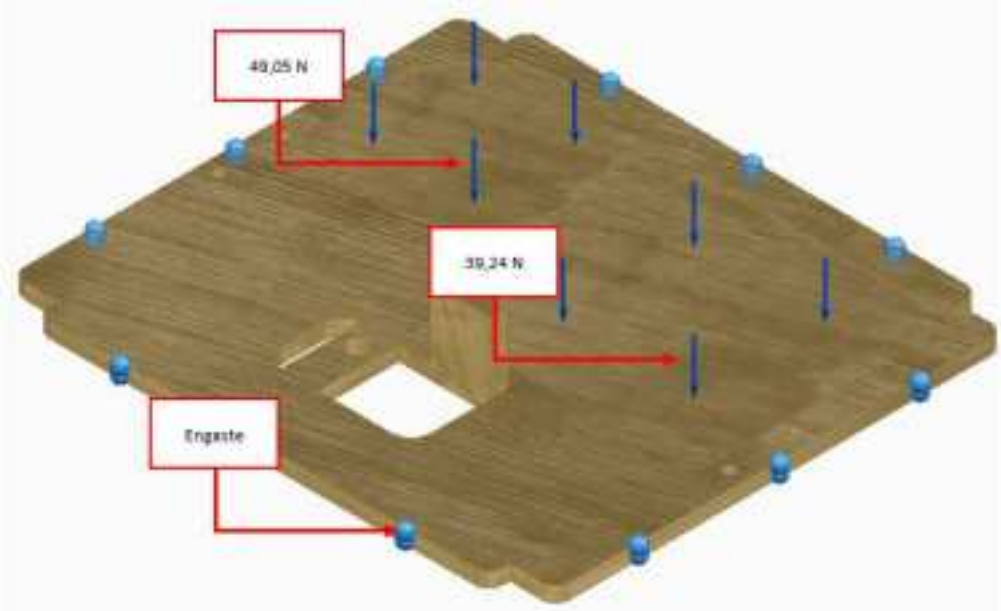



**Figura 6:** Simulação 1 - Aplicação das forças
**Fonte**: Desenvolvido pelo autor

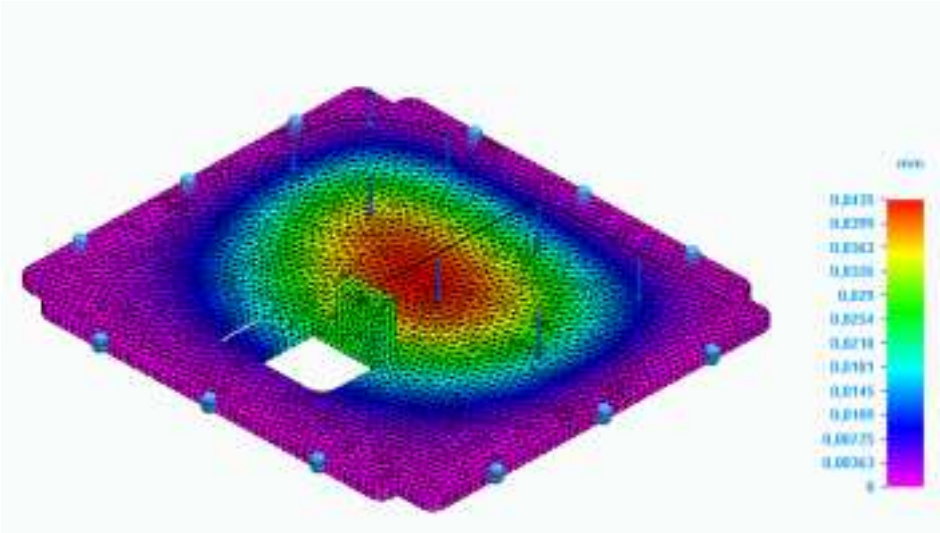


**Figura 7:** Simulação 1 - Resultado
**Fonte**: Desenvolvido pelo autor

A seguir será apresentado o resultado das simulações aplicadas sob a

estrutura de sustentação. Ao somar o peso da estrutura junto com o da base, que por sua vez já foi calculado anteriormente, encontra-se o valor de 225,63 N ou 23 Kg no total. Ressaltando que o aço é o material principal utilizado na construção da estrutura, a análise realizada dos esforços é dada em cima deste.

A força aplicada nas cantoneiras é de 88,29 N, equivalente ao peso dos reservatórios, na parte inferior da base refere-se ao peso restante da estrutura, compondo-se em 10,53 Kg referente a massa do metalon e 3,47 Kg o restante das peças (Figuras 8 e 9), como o carrossel de opções, componentes eletrônicos  dentre outros. Para realizar as simulações foi empregado o uso da malha de 9,62  mm de tamanho e com o engastamento na parte inferior.

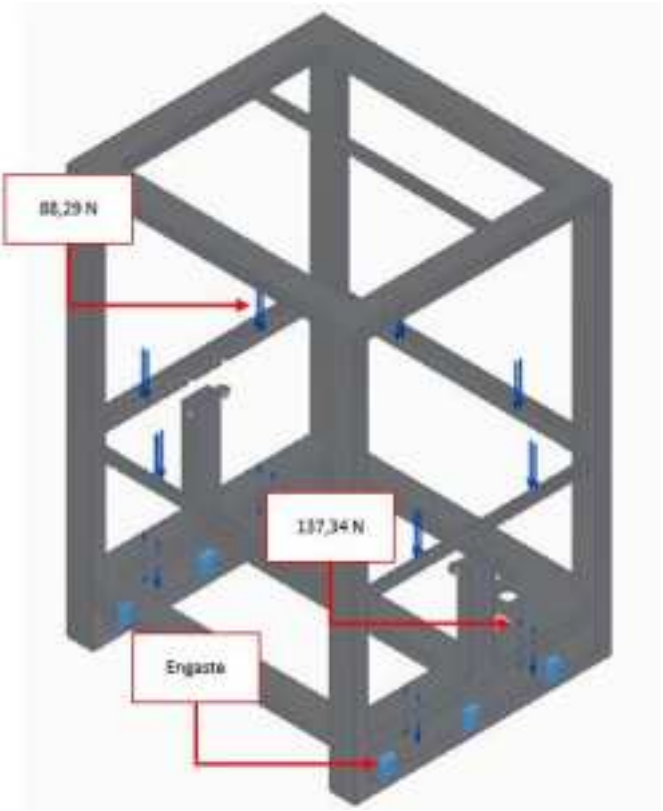



**Figura 8:** Simulação 2 - Aplicação das forças
**Fonte**: Desenvolvido pelo autor

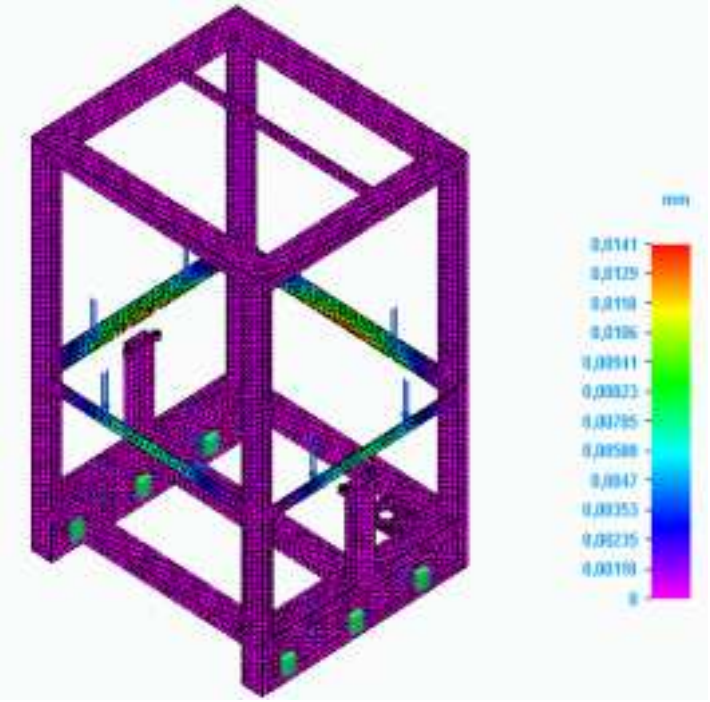


**Figura 9:** Simulação 2 - Resultado

**Fonte**: Desenvolvido pelo autor

## CONSTRUÇÃO

A etapa de construção será dividida em usinagem um, usinagem dois, pré-montagem e montagem final. É essencial estabelecer estas fases, já que durante o processo de construção pode ser que haja alguma modificação importante, mesmo que o desenvolvimento tridimensional já previna que haja algumas falhas, a divisão em etapas no processo de construção permite a pessoa buscar os métodos mais eficientes para a fabricação.

A usinagem um, foi composta pela fabricação das peças em MDF usinadas por uma CNC fresadora, para a formação do carrossel de opções. O sistema de encaixes, o alinhamento concêntrico das peças e a qualidade são os critérios de máxima importância nesta etapa, logo a necessidade de se trabalhar com uma ferramenta CNC. Após realizado o fresamento das partes do carrossel foi necessário montar o sistema e validar se todas as peças se encaixam corretamente e se estavam de acordo com as especificações do projeto desenhado e se atendiam aos critérios comentados (Figura 10).

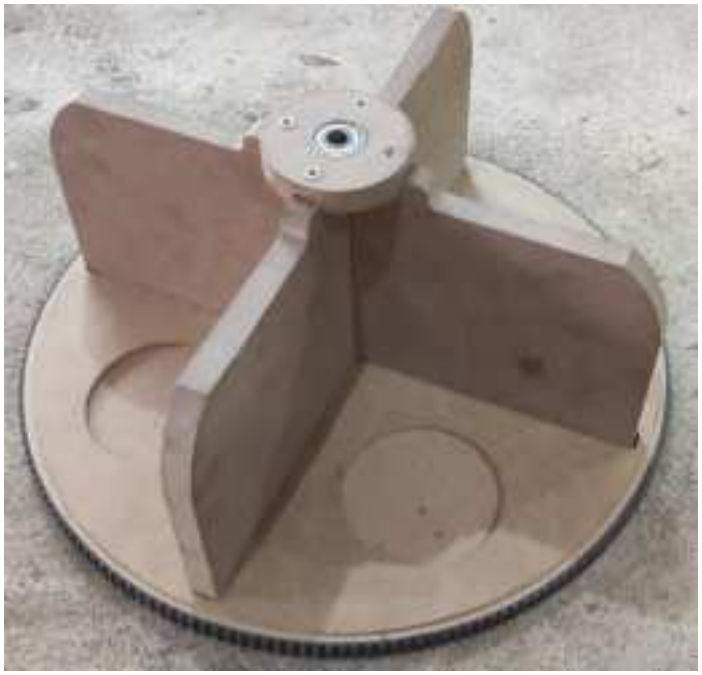


**Figura 10:** Carrossel de opções - Montagem

**Fonte**: Desenvolvido pelo autor

A usinagem dois, foi a mais trabalhosa e que exigiu a maior cautela possível durante a construção para se manter dentro dos parâmetros propostos anteriormente, nesta parte foi usinada toda a estrutura metálica de sustentação, ou seja, toda a parte constituída em metalon e cantoneiras.

Dividir esta fase em duas etapas entre cortes e soldagem, ajuda o responsável pela fabricação evitar desperdícios de materiais, devido ao erro humano que faz parte das considerações de um projeto.

Na primeira subdivisão foi preciso realizar todos os cortes necessários para a construção da estrutura, assegurando que o corte dos metalons e cantoneiras sejam os mais precisos, após realizar esta etapa, será possível realizar a soldagem dos materiais de forma segura, entre linha gerais o tipo de solda utilizada foi a solda por eletrodo revestido, devido ao fácil acesso e maior experiência, além de atender os pré-requisitos. Após realizar os subprocessos citados tem-se o seguinte resultado retratado na Figura 11.



**Figura 11:** Estrutura de sustentação - Montagem

**Fonte**: Desenvolvido pelo autor

A pré-montagem como o nome sugere é uma etapa que antecede a etapa de montagem propriamente dita. Nesta etapa foi importante fazer uma análise dos encaixes entre o carrossel de opções, estrutura de sustentação, alinhamento do carrossel, alinhamento do suporte do motor de passo e alinhamento da polia dentada com o carrossel, com isso, caso seja necessário pode-se realizar pequenos ajustes que ajudarão a manter todos as peças funcionando. Na Figura 12 vê-se a pré-montagem realizada.



**Figura 12:** Pré-montagem

**Fonte**: Desenvolvido pelo autor

Realizado os ajustes entre as partes móveis, pode-se realizar a desmontagem do material e iniciar a preparação da estrutura de sustentação e chapas de MDF para receber uma camada protetora de tinta e verniz que serve de proteção contra oxidações e deformações dos materiais. Para preservar a segurança dos componentes internos como: tanques de água, bombas, tubulações, demais estruturas e também proteger o usuário consumidor contra possíveis queimaduras devido ao sistema de aquecimento de água; Será aplicado uma proteção acrílica, onde há uma pequena abertura para a retirada do produto, certificando que o contato usuário e máquina ocorra de forma segura e confortável, para garantir esses requisitos e a uniformidade do trabalho de acordo com o projeto as chapas acrílicas foram usinada através de corte a laser. Na Figura 13, vê-se uma foto da estrutura.

**Figura 13:** Montagem do acrílico

**Fonte**: Desenvolvido pelo autor

Finalizado os ajustes do acrílico de proteção na estrutura de sustentação pode se iniciar a montagem dos equipamentos em seus devidos lugares.

Durante o processo de posicionamento é comum que se torne necessário realizar o remanejamento de suportes, sistema de aquecimento, sensores e bombas, pois é mandatório encontrar o melhor posicionamento dos mesmo para que o projeto funcione em harmonia, sem nenhuma obstrução ou interferência externa.

Fixado os tanques de água, inicia-se a construção do sistema hidráulico da malha, na qual é constituído por: uma bomba submersa com vazão de 220 l/h, uma bomba periférica de 120 l/h, mangueiras atóxicas de seis e oito milímetros.

Conexões de engate rápido de seis e oito milímetros, abraçadeiras de aço inoxidável e dois tubos de aço inoxidável que foram alocados no tanque de

água quente para prevenir possíveis deformações da tubulação por exposição prolongada à alta temperatura da água.

Um tubo em forma de agulha foi feito de aço inox para poder furar o lacre da embalagem e fazer a inserção de água quente no condimento. Na Figura 14 encontra-se o projeto após ser realizada a fixação dos elementos mecânicos, eletromecânicos, hidráulicos e aquecimento.

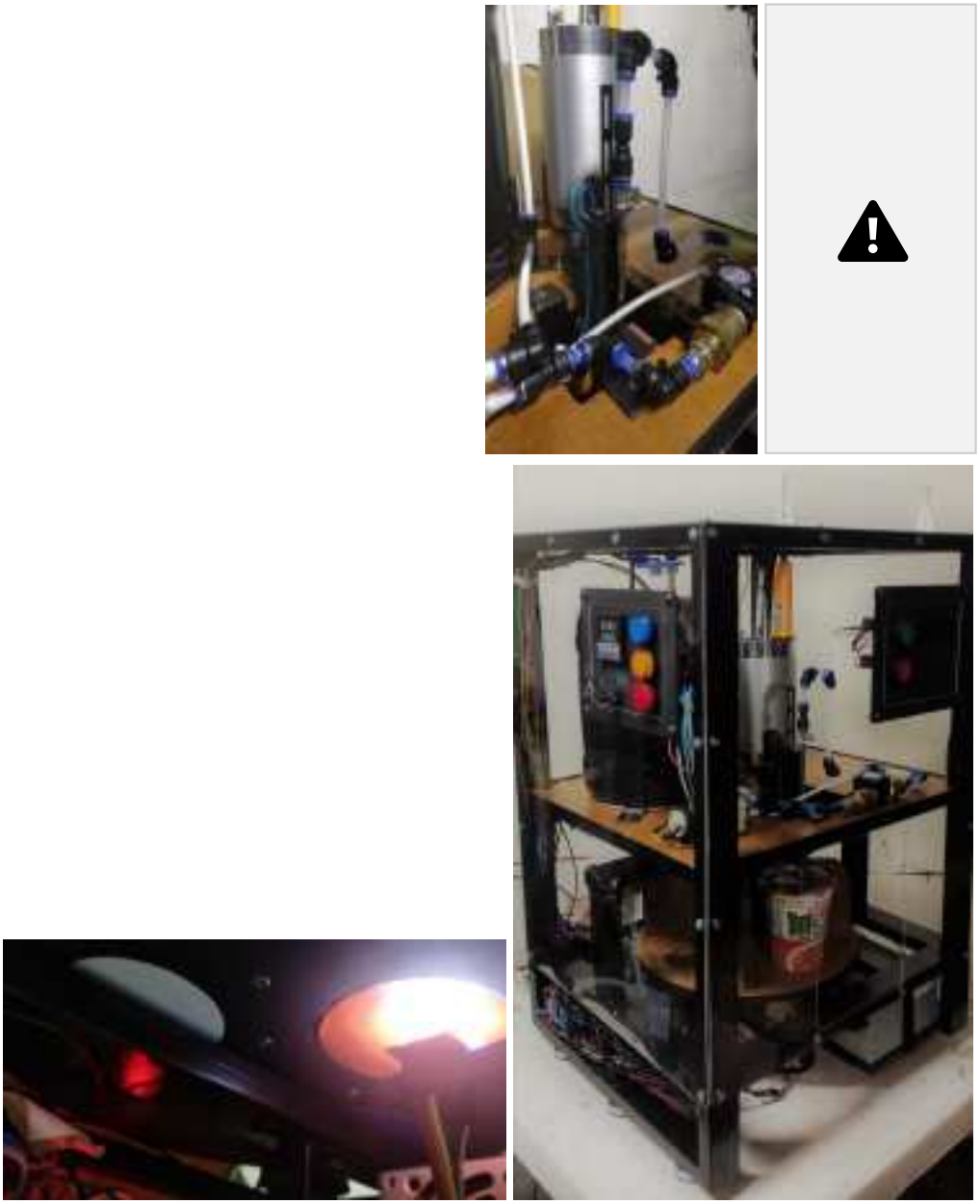


**Figura 14:** Montagem dos elementos

**Fonte**: Desenvolvido pelo autor

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Durante a elaboração do projeto é notável a quantidade de variáveis que são previstas em modelamento tridimensional e simulação pelo método dos elementos finitos.

A aplicação destes garantiram a segurança de um trabalho mecânico totalmente funcional que atenda aos requisitos pré-estabelecidos, além de prever possíveis falhas, otimizar o tempo de fabricação, reduzir custos, dimensionar corretamente os materiais, dentre outros.

Comparando-se a funcionalidade final do projeto com as simulações em software, nota-se que o sistema projetado não possui nenhuma falha e cumpre seu papel conforme desenvolvido.

O sistema de movimentação do carrossel de opções opera de forma totalmente funcional e sem nenhuma obstrução, ou seja, executa de forma precisa a movimentação dos exemplares do condimento e garante ao usuário uma experiência diferente na escolha do seu produto, a movimentação suave do carrossel é devido uma relação entre engrenagens de 50/13 que proporciona uma rotação constante com baixa velocidade e alto torque.

Em linhas gerais a estrutura de sustentação atende o projeto desenvolvido. O pré-dimensionamento em software das dimensões do metalon e espessura de MDF, assegura que não haveriam deformações devido ao peso total dos equipamentos somado aos tanques de água em sua capacidade máxima.

Logo é essencial que haja um desenvolvimento prévio em software para evitar surpresas indesejadas e garantir que todas as peças se encaixem corretamente.

Realizado os todos os testes, por parte dos três principais fatores, mecânica, programação e elétrica a *Noodle Machine* atende aos requisitos pré estabelecidos de funcionamento projetado. De maneira geral os testes realizados foram promissores e o equipamento desenvolvido pode ser uma opção no leque do mercado *vending machines*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SUREK, A. C, et all. Vending machines, uma análise do Mercado brasileiro. **Revista FAE,** Curitiba, Edição Especial, v. 1, p. 27-45, 2016.

AGOSTINHO, O. L.; VILELLA, R. C.; BUTTON, S. T. Processos de fabricação e planejamento de processos. **Departamento de engenharia de fabricação e departamento de engenharia de materiais**, Campinas: Universidade estadual de Campinas, p. 5-47, 2004.

PALHAIS, C. B. C. **Prototipagem: uma abordagem ao processo de desenvolvimento de um produto**. Tese (MESTRADO EM DESIGN DE EQUIPAMENTO COM ESPECIALIZAÇÃO EM DESIGNE DE PRODUTO) – Faculdade de belas-artes, Universidade de Lisboa, Lisboa, p. 29-34, 2015.

AZEVEDO, A. F. M. **Método dos elementos finitos.** Faculdade de engenharia da Universidade do Porto, Porto, v. 1, p. 3-30, 2003.

## SOBRE O AUTOR

**Nicholas Cavallari Nobre**

Graduando em Engenharia de Controle e Automação pelo Centro Universitário de Jaguariúna

Estagiando no setor de Engenharia de Transmissão pela SKY SERVIÇOS DE BANDA LARGA LTDA

E-mail para contato: nick-nobre@hotmail.com