

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO DE APOIO À HEMODIÁLISE

Data de aceite: 01/07/2024

João Pedro Uglione Da Ros

Engenharia Mecânica

Patrícia Magnago

Engenharia Mecânica

RESUMO: As balanças são equipamentos de pesagem essenciais para diversos produtos e processos, dentre eles, na medicina, no procedimento de hemodiálise. Neste, a pesagem dos pacientes é fundamental para a prescrição correta do procedimento, bem como a análise de sua eficácia quanto a remoção de líquido. Este trabalho tem como objetivo utilizar o Modelo Referencial de Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) de Rozenfeld et al. (2006) para desenvolver e aplicar um protótipo de equipamento de pesagem de pacientes, visando uma otimização do processo de hemodiálise. Para isso, foi elaborado um protótipo em CAD (*Design Auxiliado por Computador*), bem como simulação em CAE (*Engenharia Auxiliada por Computador*) antes da fabricação de um protótipo físico. Esse foi implementado na Clínica Nefrocor, onde teve seu funcionamento analisado em reunião com os *stakeholders*. Sua utilização se mostrou satisfatória, de forma a justificar a fabricação de mais unidades.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto de Produto; Balança; Pesagem; Hemodiálise; Protótipo.

ABSTRACT: Mass scales are weighing equipment essential for an array of products and processes, as well as medicine in hemodialysis treatment. In this procedure, the patient's weight is critical for a correct dialysis prescription, along with the patient's liquid loss. This study aims to utilize Rozenfeld et al.'s (2006) Referential Model for Product Development Process to develop a prototype of an equipment for weighing patients, to continually control the liquid loss of patients throughout the hemodialysis procedure. To achieve that, a prototype was developed in CAD and its mechanical behavior was simulated in CAE before fabricating a functional prototype to be utilized in a dialysis clinic, and have its operation analyzed. The prototype produced satisfactory results that justified the production of further units.

KEYWORDS: Product Project; Mass Scale; Weighing; Hemodialysis; Prototype.

INTRODUÇÃO

A Doença Renal Crônica (DRC) é a perda progressiva e irreversível das funções renais, de forma que os rins não

conseguem manter a homeostase metabólica e hidroeletrólítica do organismo (OLIVEIRA et. al., 2015; ROMÃO JUNIOR et. al., 2004). A DRC é um problema de saúde pública mundial, graças a alta taxa de incidência e prevalência. Estima-se que a prevalência da DRC seja de 7-10% dos adultos com mais de 30 anos, e de 23-36% em indivíduos acima de 64 anos, sendo que aproximadamente 4 milhões de pessoas ao redor do mundo necessitam de diálise (VERONESE et. al., 2019). Isso se deve principalmente ao aumento das doenças crônicas não transmissíveis, principalmente Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) e Diabetes Mellitus (DM), além de outros fatores como envelhecimento, obesidade, tabagismo e sedentarismo (OLIVEIRA et. al., 2015; VERONESE et. al., 2019).

O manejo do paciente com doença renal terminal é feito através de hemodiálise, diálise peritoneal ou transplante renal. Na hemodiálise convencional, o paciente é conectado a um equipamento que atua de forma similar aos rins, filtrando o sangue removendo metabólitos e líquidos, três vezes por semana, durante quatro horas. (OLIVEIRA, et. al., 2015; VERONESE et. al., 2019)

Para que o tratamento de hemodiálise seja efetivo, é de extrema importância realizar um rigoroso controle de líquido corporal, antes e depois de uma sessão de hemodiálise. Para a realização desse controle, deve ser realizada uma avaliação do paciente para se determinar seu peso-seco (pós-diálise) e seu peso-molhado (pré- diálise). A partir disso, o médico nefrologista irá prescrever a sessão de diálise com uma perda de líquido adequada à necessidade do paciente (DAUGIRDAS et. al., 2017). Atualmente, a forma utilizada de analisar a efetividade da diálise quanto a remoção de líquido, é realizando a pesagem do paciente antes e ao final da sessão em balanças convencionais.

Os pacientes portadores de insuficiência renal crônica que necessitam hemodiálise frequentemente apresentam restrições de mobilidade devido às doenças de base, bem como a evolução natural da doença. As causas mais comuns de DRC são HAS e DM, com incidência de 35% e 30%, respectivamente. Essas enfermidades têm como complicações, além da DRC, perda de visão, acidente vascular cerebral e amputações de membros (VERONESE et. al., 2019). Dessa forma, é recorrente que os pacientes necessitem auxílio dos técnicos de enfermagem para a locomoção até as balanças, e muitas vezes fazem o uso cadeiras de rodas, inclusive durante a pesagem. Ocorrem também, erros de pesagem quando esta é feita pelo próprio paciente, o que induz a prescrição inadequada de tratamento.

É proposta então, uma alternativa para avaliar a efetividade da remoção de líquido na sessão de diálise, na qual o paciente é pesado durante o tratamento, permitindo que o médico realize adequações na prescrição. A utilização desse método minimiza complicações interdialíticas e pós-dialíticas, como câibras, hipotensão, sobrecarga cardíaca e congestão, decorrentes de uma retirada de líquido inadequada (SANCHO et. al., 2013).

Para solução do problema, o estudo se propõe a aplicar a metodologia de Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) para desenvolver um protótipo de equipamento a ser utilizado na Clínica Nefrocor, uma clínica nefrológica especializada em hemodiálise,

localizada na cidade de Cachoeirinha, RS, que atende pacientes do Sistema Único de Saúde e principais convênios de saúde privados do estado. Como objetivo específico, o trabalho se propõe a avaliar a percepção dos envolvidos sobre a utilização do protótipo final desenvolvidos, visualizando se traz uma redução de erros de leitura de pesagem, um aumento na facilidade do processo de pesagem e um aumento na qualidade e efetividade do tratamento dialítico.

Para o desenvolvimento do equipamento, foi utilizado o Modelo Referencial de Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) de Rozenfeld et al. (2006). Esse é composto por três macro fases: Pré-projeto, Desenvolvimento e Pós-projeto. Para o projeto do protótipo foi utilizada a ferramenta CAD (*Computer Aided Design, ou Desenho Assistido por Computador*). Essa ferramenta, é considerada como uma das mais importantes ferramentas utilizadas no PDP no cenário atual (AZEMI et. al., 2018). Após validação do protótipo em CAD, foi fabricado um protótipo funcional para avaliação da técnica *in situ*.

O problema a ser resolvido não é um problema exclusivo da Clínica Nefrocor; é um problema relatado em diversos centros de diálise ao redor do mundo. Dessa forma, caso o projeto seja realizado com sucesso, esse visa ser patenteado e estudado a possibilidade de iniciar produção para a venda de unidades para a Nefrocor e para outros estabelecimentos de saúde que se mostrarem interessadas em adquirir o equipamento desenvolvido.

O trabalho está delimitado temporalmente em um período de seis meses, entre janeiro e junho de 2022. Durante esse período, foi realizada a parte teórica, o desenvolvimento do protótipo, os testes do protótipo e a avaliação de sua utilização.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção são abordados conhecimentos e aspectos sobre equipamentos de pesagem, soluções existentes para a pesagem de objetos e de pacientes, o histórico e evolução de equipamentos de pesagem, bem como suas formas de utilização e sua calibração. As balanças e equipamentos de pesagem são utilizados pela indústria, comércio e medicina há séculos, e são de importância fundamental para diversos processos, produtos e procedimentos. Elas garantem não apenas a precisão, mas também possibilitam a existência de diversos processos e produtos.

A balança mecânica de dois pratos foi o primeiro instrumento de medição criado pelo homem, e é usada há aproximadamente quatro mil anos. Esta utiliza a comparação entre a massa de um objeto conhecido para determinar a massa de outro objeto. É baseada nos princípios de uma alavanca e o equilíbrio de momentos de inércia, em que uma haste oscilante se movimenta em frente de uma escala graduada. Para que se faça a pesagem de um objeto em uma balança de dois pratos, deve ser colocado em um dos pratos o objeto a ser pesado, e em outro prato são colocados pesos de massa conhecida, até que se alcance o equilíbrio entre os dois lados da balança (AFONSO, 2004).

A evolução dos equipamentos de medição de massa fez com que as balanças de dois pratos fossem sendo fabricadas de materiais mais leves e mais resistentes, de forma que pudessem ser mais facilmente transportadas. O uso de diferentes metais possibilitou também que novos métodos de fabricação fossem utilizados, permitindo configurações diferentes de apoio do braço de alavanca, de forma que as balanças puderam ter um aumento de sensibilidade, trazendo resultados mais fidedignos (JENSEN, 1965).

Por volta de 1870, o alemão Florenz Sartorius desenvolveu um equipamento que revolucionou mundo das balanças; a primeira utilização de uma balança enclausurada em uma caixa de vidro, montada na própria estrutura da balança. Essa característica, bem como a utilização de alumínio para sua construção e braços de alavanca pequenos, trouxeram ganhos de precisão não vistos desde a criação da primeira balança de dois pratos. Esse modelo introduzido pelo alemão passou a ser o modelo de referência, e foi adotado amplamente no mercado. Foi o principal modelo utilizado, até ser substituída no século XX (AFONSO, 2004).

A partir do século XX, o modelo “cavaleiro” passou a ser muito utilizado por ser uma balança que dispensava o uso de pesos demasiadamente pequenos. Ainda assim, as balanças que utilizavam este sistema conseguiam detectar variações de massa na casa de 0,0001 grama. Essas balanças empregavam um sistema de apoio em 3 pontos, reduzindo assim erros de pesagem por vibrações no ambiente (AFONSO, 2004; JENSEN, 1965).

A próxima evolução no mercado das balanças foi o desenvolvimento das balanças de um prato, ou eletromecânicas. Essas foram amplamente adotadas, apesar de seu custo de fabricação mais elevado do que as balanças puramente mecânicas. Ela utiliza, ao invés de um prato com pesos gabaritados, contrapesos suspensos. Quando um objeto é posicionado no prato para ser pesado, os contrapesos são retirados de seu eixo para que o contrapeso tenha a mesma massa que o objeto a ser pesado. Esse mecanismo é atuado por um botão, de forma que essa seja a única interação do utilizador com a balança (AFONSO, 2004).

Desde 1946, são utilizadas majoritariamente as balanças eletrônicas, que já têm custos de fabricação bastante competitivos, e têm probabilidades de falhas mecânicas muito menores do que as balanças puramente mecânicas, além de serem menos sensíveis a vibrações mecânicas durante a medição. Seu princípio de funcionamento é baseado em uma bobina e um ímã. Ao colocar um objeto sobre o prato de medição, o ímã é deslocado através da bobina causando uma alteração no campo eletromagnético dessa, gerando uma corrente elétrica interpretada por um microprocessador. Esse, mostrará o valor na escala selecionada, referente à corrente que foi gerada.

Por sua facilidade de uso e sua grande precisão, as balanças eletrônicas são as mais usadas em linhas de fabricação, consultórios médicos e hospitais (AFONSO, 2004). Um resumo da evolução das balanças pode ser visualizado na Figura 1.

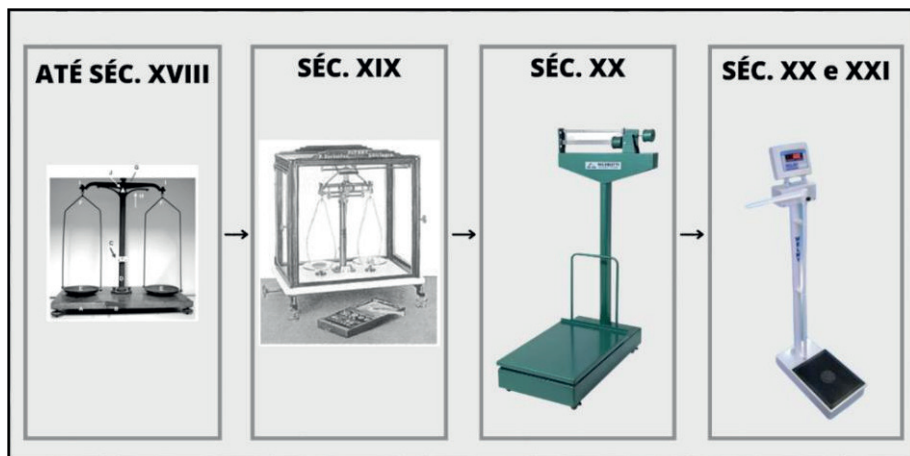


Figura 1: Linha do tempo com balanças representativas de cada grupo de equipamento descrito.

Estas balanças eletrônicas utilizam poucos componentes para funcionamento, ao contrário das antigas balanças mecânicas, reduzindo assim o desgaste mecânico e probabilidades de falhas. As balanças atualmente são compostas, em geral, por uma plataforma sobre a qual se coloca o objeto a ser pesado; uma célula de carga; e um sistema eletrônico de aquisição e display de dados. A utilização é extremamente simples, havendo apenas botões de liga/desliga e zeragem, deixando a utilização mais acessível para qualquer usuário (AFONSO, 2004).

Os componentes das balanças atuais podem ser comprados prontos, de forma que precisam apenas ser instalados e calibrados. Alguns destes componentes estão apresentados na Figura 2. Ainda assim, existe muito espaço no mercado para se fazer inovação utilizando esses módulos de componentes pré-prontos, dispensando assim fabricá-los do zero. Isso reduz o custo de fabricação e desenvolvimento de produtos, melhorando a atratividade do valor final.

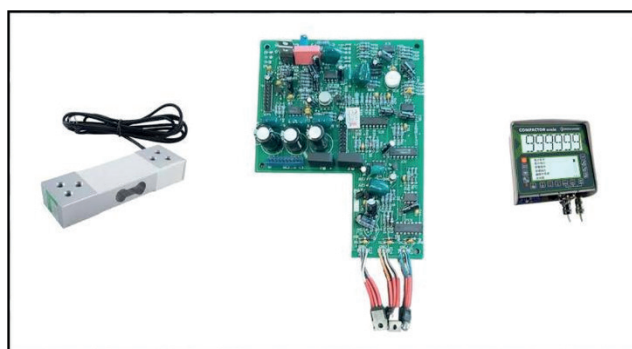


Figura 2: Célula de carga, sistema embarcado de aquisição de dados e display de LCD

Como qualquer equipamento de medição, as balanças também estão sujeitas a perderem sua calibração à medida que são utilizadas. Desse modo, para que apresentem o melhor desempenho, devem passar pelo processo de calibração periodicamente. Esse processo se dá através da utilização de pesos-padrão para a verificação dos erros de leitura do equipamento. Assim, o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) regulamenta não só a fabricação, mas também a utilização, manutenção e calibração de balanças, atualmente através da Portaria 236/1994.



Figura 3: Exemplo de pesos-padrão utilizados para calibração de balanças.

Cada equipamento possui uma classificação, que irá influenciar o erro máximo permitido na leitura de um peso-padrão, ilustrados na Figura 3, e estão divididos em 7 classes distintas: E1, E2, F1, F2, M1, M2 e M3, cada um com seus erros máximos permissíveis conforme a Tabela 1. A classe E1 é a que apresenta a maior exatidão nas médias, e a M3 é a que apresenta os valores menos precisos (CAMPOS, 2013).

É importante saber utilizar as classes de pesos-padrão corretas quando se está realizando a calibração de um equipamento, pois se for selecionado uma classe incorreta, pode se tornar impossível de detectar o erro, ou de classificar se o erro de medição encontrado é da balança ou do peso-padrão utilizado (CAMPOS, 2013).

| Erros Máximos Permitidos (+- em mg) | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Valor Nominal | E ₁ | E ₂ | F ₁ | F ₂ | M ₁ | M ₂ | M ₃ |
| 50 kg | 25 | 75 | 250 | 750 | 2.500 | 7.500 | 25.000 |
| 20 kg | 10 | 30 | 100 | 300 | 1.000 | 3.000 | 10.000 |
| 10 kg | 5 | 15 | 50 | 150 | 500 | 1.500 | 5.000 |
| 5 kg | 2,5 | 7,5 | 25 | 75 | 250 | 750 | 2.500 |
| 2 kg | 1 | 3 | 10 | 30 | 100 | 300 | 1.000 |
| 1 kg | 0,5 | 1,5 | 5 | 15 | 50 | 150 | 500 |
| 500 g | 0,25 | 0,75 | 2,5 | 7,5 | 25 | 75 | 250 |
| 200 g | 0,1 | 0,3 | 1 | 3 | 10 | 30 | 100 |
| 100 g | 0,05 | 0,15 | 0,5 | 1,5 | 5 | 15 | 50 |
| 50 g | 0,03 | 0,1 | 0,3 | 1 | 3 | 10 | 30 |
| 20 g | 0,025 | 0,08 | 0,25 | 0,8 | 2,5 | 8 | 25 |
| 10 g | 0,02 | 0,06 | 0,2 | 0,6 | 2 | 6 | 20 |
| 5 g | 0,015 | 0,05 | 0,15 | 0,5 | 1,5 | 5 | 15 |
| 2 g | 0,012 | 0,04 | 0,12 | 0,4 | 1,2 | 4 | 12 |
| 1 g | 0,01 | 0,03 | 0,1 | 0,3 | 1 | 3 | 10 |
| 500 mg | 0,008 | 0,025 | 0,08 | 0,25 | 0,8 | 2,5 | |
| 200 mg | 0,006 | 0,02 | 0,06 | 0,2 | 0,6 | 2 | |
| 100 mg | 0,005 | 0,015 | 0,05 | 0,15 | 0,5 | 1,5 | |
| 50 mg | 0,004 | 0,012 | 0,04 | 0,12 | 0,4 | | |
| 20 mg | 0,003 | 0,01 | 0,03 | 0,1 | 0,3 | | |
| 10 mg | 0,002 | 0,008 | 0,025 | 0,08 | 0,25 | | |
| 5 mg | 0,002 | 0,006 | 0,02 | 0,06 | 0,2 | | |
| 2 mg | 0,002 | 0,006 | 0,02 | 0,06 | 0,2 | | |
| 1 mg | 0,002 | 0,006 | 0,02 | 0,06 | 0,2 | | |

Tabela 1: Tabela representativa de erros máximos permitidos por classe de equipamento

Fonte: <https://blog.labstore.com.br/peso-padroao/>

MATERIAIS E MÉTODO

Este estudo visa a aplicar a metodologia desenvolvida e descrita por Rozenfeld et al. (2006) para fabricar um protótipo de equipamento de pesagem para pacientes de hemodiálise. Serão descritas todas as etapas do desenvolvimento do projeto, bem como os marcos que deverão ser atingidos ao final de cada etapa, de forma a liberar o desenvolvimento para a etapa seguinte. Na Figura 4, estão expostas as quatro principais etapas do método utilizado, bem como suas principais características. As etapas são abordadas e expostas individualmente.

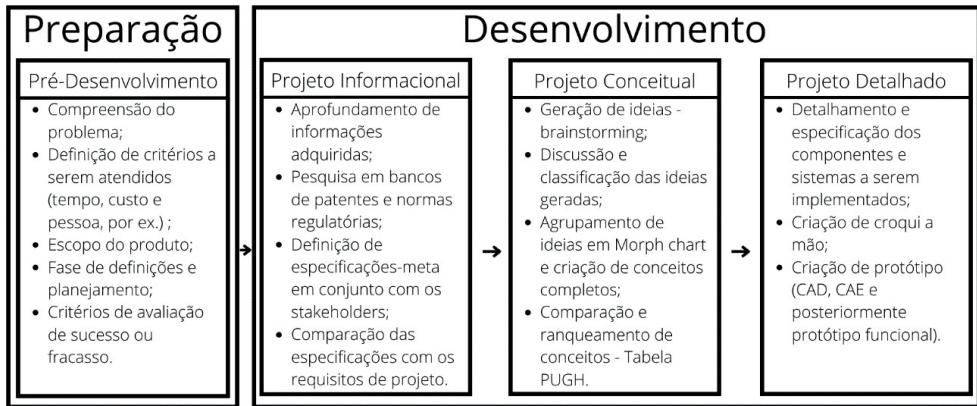


Figura 4: Quadro descritivo das etapas de desenvolvimento.

Pré-desenvolvimento - Preparação

A primeira etapa do desenvolvimento do produto envolve a compreensão do problema a ser resolvido, de forma a definir critérios do produto que devem ser atendidos para que seja desenvolvido um protótipo adequado. Para que essa fase inicial de planejamento de um produto seja realizada com sucesso, o escopo do produto, as necessidades para seu desenvolvimento (tempo, custo e pessoal) devem ser definidas e detalhadas. A partir dessas informações, é decidida a atratividade do projeto, para se definir se ele será desenvolvido ou não. Esta etapa do processo não gera ganho capital direto para o cliente; é uma fase de definições e planejamento somente (ROZENFELD et.al. 2006).

O pré-desenvolvimento de um projeto é baseado em definir seu escopo e o escopo do produto, as atividades realizadas e o cronograma de desenvolvimento, os critérios de avaliação do sucesso ou fracasso do produto, bem como sua qualidade. A minuta do projeto é definida como a documentação que combina as premissas e os elementos necessários no projeto para que ele seja bem-sucedido, e para que seja de fato utilizado (ROZENFELD et. al., 2006).

Desenvolvimento - Geração

A segunda macro fase do desenvolvimento de produto seguindo a metodologia desenvolvida por Rozenfeld et al. (2006) é a de desenvolvimento, abrangendo: Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Detalhado, Preparação para Produção e Lançamento do Produto. As fases aplicáveis ao desenvolvimento do projeto deste artigo serão descritas a seguir.

Para que uma fase seja definida como concluída, um *Gate* (objetivo) previamente determinado deve ser atingido. Esses objetivos podem ser entregáveis que devem ser avaliados, de forma a validar a etapa realizada e preparar a equipe de desenvolvimento para a etapa a seguir.

O objetivo geral dessa macro fase do PDP é gerar especificações que deverão ser atendidas pelo protótipo e conseqüentemente, pelo produto. Essas especificações vão desde as requisições do cliente (estéticas, dimensões, funcionamento), até normas técnicas que devem ser atendidas e se existem produtos similares no mercado (ROZENFELD et.al. 2006).

Projeto informacional

Partindo das informações coletadas na etapa anterior, de planejamento, será desenvolvido um conjunto de especificações para que o produto seja desenvolvido com sucesso. Essas especificações são utilizadas ao longo do desenvolvimento do projeto para gerar soluções, para desenvolver ideias e servir de parâmetro de avaliação do sucesso do protótipo. É importante entender plenamente o problema que se deseja resolver, de forma que será necessário aprofundar todas as informações que foram previamente coletadas. Caso as informações que foram levantadas sejam incorretas ou desviem do problema a ser resolvido, pode ser desenvolvido um projeto que não soluciona o problema inicial (ROZENFELD et.al. 2006)

Foi realizada também, uma busca e análise sobre as tecnologias a serem utilizadas para o desenvolvimento em bancos de patentes e normas regulatórias. Essa etapa mostra-se particularmente importante, pois é nela que se descobre métodos de fabricação que podem ser utilizados, e se já existem produtos similares no mercado, de forma a não ferir nenhuma patente.

Os requisitos do produto foram definidos em conjunto com os *stakeholders* (partes interessadas no projeto), sendo esses os 5 colaboradores da linha de frente da referida clínica de hemodiálise de interesse na solução, sendo técnicos de enfermagem, enfermeiros e médicos. Já as especificações-meta foram desenvolvidas pelo próprio autor a partir de sua interpretação dos requisitos. As especificações-meta do produto devem ser comparadas com os requisitos de projeto, para garantir que estas irão sanar o problema que foi proposto para resolução. Se estiverem de acordo, a próxima etapa do desenvolvimento poderá ser iniciada (ROZENFELD et. al., 2006).

Projeto conceitual

A seguinte fase do desenvolvimento do produto é a de geração de ideias através de *brainstorming* (técnica de geração de ideias). Este, serve para elaborar novas ideias sobre como solucionar o problema, sem julgá-las como factíveis ou não, pois a intenção desta etapa é elaborar o maior número possível de ideias. Após a conclusão do *brainstorming*, as ideias geradas devem ser discutidas, classificadas e agrupadas (ROZENFELD et. al., 2006).

Seguindo o processo, deve ser criada uma matriz morfológica, *Morph Chart*, utilizando as ideias geradas, e agrupando-as em categorias dependentes de seus atributos ou suas funções específicas. A Matriz Morfológica oferece uma forma estruturada para abordar a geração de conceitos completos para um problema bem- definido. Ela faz isso de forma visual e explorando diversas combinações com as ideias obtidas através do *brainstorming*, de forma a obter a melhor funcionalidade (ROZENFELD et. al., 2006).

Para fazer a determinação de qual é a configuração que será levada adiante no desenvolvimento, deve ser realizada a *Pugh Screening e Scoring* (Análise e Ranqueamento pelo método PUGH). Essa metodologia serve para comparar os conceitos de solução que foram elaboradas com o sistema que é utilizado atualmente. Para isso, é atribuído um sistema de pesos para cada uma das requisições do projeto, de forma criar um *ranking* as soluções. A solução com a maior pontuação será a escolhida para ser desenvolvida e detalhada, de forma que será testada em forma de protótipo (ROZENFELD et.al., 2006).

Ao fazer essa pontuação e *ranking* dos conceitos, somente um deles é levado adiante, de forma que será prototipado e terá sua utilização analisada e avaliada. Neste estudo o *brainstorming* e a organização da Morfológica acabou sendo desenvolvido pelo autor junto a um técnico graduado em automação. Já a atribuição de valores de Pugh foi por escolha do próprio autor.

Projeto detalhado

Na fase do projeto detalhado do desenvolvimento de um produto, já foram determinados os componentes, os sistemas e subsistemas que devem ser implementados, faltando apenas o detalhamento das formas de viabilizar e tangibilizar as especificações. Ao final da fase do projeto detalhado, o entregável que permitirá a passagem para a próxima etapa é, portanto, o protótipo funcional, o qual deverá ter sido aprovado pela equipe (ROZENFELD et.al., 2006).

O croqui feito a mão é um recurso frequentemente utilizado em desenvolvimento de produtos para iniciar o desenvolvimento do protótipo, e realizar a primeira representação visual de como será o produto. O croqui serve como base para desenvolver o protótipo em CAD. Devido ao grande uso de ferramentas como *CAD*, torna-se mais direta a etapa de desenvolvimento do protótipo, pois permite um maior dinamismo nas alterações do projeto.

Isso ocorre pela fluidez e facilidade de gerar alterações em um protótipo em *CAD*, de forma que se possa adaptar o projeto às realidades de produção à medida que o projeto avança, assim como adaptar o projeto a novos requisitos que possam surgir. Além disso, a utilização de simulação em *CAE* (*Engenharia Auxiliada por Computador*) adiciona mais uma etapa no desenvolvimento, mas permite que sejam reduzidas as falhas de produção e utilização do produto, uma vez que seu comportamento mecânico é extensamente analisado (AZEMI et. al., 2018). Tal projeto de *CAD* e *CAE* foi desenvolvido pelo próprio autor, já utilizando a matéria-prima selecionada para o projeto, servindo como uma etapa de validação. Por fim, foi realizado pelo autor uma avaliação da percepção de ganho obtida com a adoção do sistema, de forma a determinar os aspectos positivos e negativos do projeto.

MÉTODO

Foi utilizada a metodologia desenvolvida por Rozenfeld et. al (2006) para realizar o desenvolvimento de um sistema de pesagem de pacientes de hemodiálise para a Clínica Nefrocor. A metodologia, descrita nas seções 3.1 e 3.2, foi cumprida em sua integralidade. Para o desenvolvimento do projeto, foi desenvolvido um croqui feito à mão, um protótipo feito em *CAD*, bem como um protótipo físico, que foi aplicado na empresa mencionada.

RESULTADOS

Resultado do pré-desenvolvimento

Em conversa com médicos da Clínica Nefrocor, foi constatado um problema recorrente nas clínicas de diálise, o qual consiste em o paciente precisar se levantar no final da sessão de hemodiálise, ir se pesar e conversar com o enfermeiro para ser liberado. Esse procedimento é amplamente adotado, porém acarreta riscos para o paciente e erros de pesagem, de forma que não se obtém as melhores métricas para avaliação da efetividade da diálise, tratando de perda de líquido; além de acarretar filas para pesagem e morosidade para a liberação dos pacientes. Logo, é uma problemática que afeta a eficiência do procedimento, pois no procedimento de hemodiálise cada paciente tem uma máquina de HD para utilização, e podem ter até 36 pacientes dialisando simultaneamente na mesma sala.

Também foi constatado que a diálise pode ser considerada um procedimento engessado, por não haver hoje uma maneira metodológica direta de avaliar se o procedimento está tendo o efeito desejado antes de seu término, portanto permitindo poucas adaptações e ajustes personalizadas pela resposta dos pacientes as condições configuradas no equipamento ao longo das aproximadamente quatro horas ao qual está realizando a hemodiálise. Neste sentido, é inviabilizado o monitoramento em tempo real do indicador de eficácia.

Foi discutida então que o escopo do projeto seria resolver ambos os problemas com uma solução só. Assim, foi organizada a minuta de abertura do projeto indicando o escopo de resolução de problema e demais definições. A minuta está apresentada na Figura 5.

| | | | | | | |
|--|---|---|---|---|--------------------|---|
| Empresa / Órgão / Setor/ Programa: Clínica Nefrocor | | | | | | |
| Gerente do projeto: Técnico de Manutenção dos Equipamentos | | | | | | |
| Elaborado por: Técnico de Manutenção dos Equipamentos | | | | | Versão: 1.0 | |
| Escopo do Projeto | | | | | | |
| Solução passível de realizar a pesagem do paciente durante toda a sessão de diálise, para que se possa avaliar a perda de líquido em tempo real (ganho de eficácia), e para que, no final da sessão, o paciente não precise levantar-se para se pesar (ganho de eficiência). | | | | | | |
| Período | | | | Envolvidos | | |
| | J | F | M | A | M | J |
| Pré-desenvolvimento | ■ | ■ | | | | |
| Projeto Informacional | | | ■ | | | |
| Projeto Conceitual | | | | ■ | ■ | |
| Projeto Detalhado | | | | | ■ | ■ |
| | | | | <ul style="list-style-type: none"> - Médica – 26 anos de experiência na área - Enfermeiro – 23 anos de experiência, atua 10 turnos por semana - Técnicos de Enfermagem – atuam 6 turnos por semana | | |
| CrITÉRIOS de Aceitação | | | | Restrições | | |
| Para avançar em cada etapa as validações ocorreram com apoio da orientadora do projeto aferido sobre o andamento; Conferência com stakeholders para aprovações de passagem de etapas. | | | | <ul style="list-style-type: none"> - Questões de custos não estão incorporados; - Possibilidade de conectividade | | |

Figura 5: Minuta de projeto.

RESULTADOS DO DESENVOLVIMENTO

Resultados do projeto informacional

Em entrevista com os *stakeholders* foi possível delimitar os problemas mais comuns ao se utilizar o sistema atualmente empregado. Nessa conversa foram definidos alguns critérios que devem ser atendidos para que o produto possa atender os pacientes da melhor forma possível, e que facilite o trabalho dos enfermeiros e técnicos de enfermagem, que são os responsáveis por monitorar a diálise e auxiliar o paciente.

A partir destas informações, é possível avançar o projeto para a próxima etapa, a de desenvolvimento do projeto. Alguns requisitos foram trazidos como: determinar um custo máximo para o protótipo; a necessidade de acoplar o protótipo às poltronas já utilizadas hoje para a diálise; reduzir o tempo de pesagem dos pacientes; não colocar o paciente em risco com o equipamento e suportar cargas de até 180kg. Na Tabela 2, é possível encontrar a lista consolidada dos requisitos de projeto, com identificador, descrição, especificação -meta.

| Identificação | Descrição | Especificação | Origem | Flexibilidade de Cumprimento |
|---------------|--|--|--------------------------|------------------------------|
| R1 | Fácil de usar e movimentar | Uma pessoa faça a movimentação | Gestão, Limpeza | Obrigatório |
| R2 | Baixa manutenção | Mesma manutenção de outras balanças | Gestão, Serviços Gerais | Opcional |
| R3 | Custo Baixo | Abaixo de R\$2.000,00 | Gestão, | Obrigatório |
| R4 | Resistente à limpeza | Resistir à hipoclorito | Limpeza, Serviços Gerais | Opcional |
| R5 | Compatível com as poltronas utilizadas | HERVALHT3705; Medidas da base: 460mm x 540mm | Gestão | Obrigatório |
| R6 | Manter a altura do assento da poltrona dentro da norma | Entre 550mm e 850mm | Gestão | Obrigatório |

Tabela 2: Tabela de Requisitos de projeto.

Com estas informações, foi realizada uma pesquisa em banco de patentes para determinar se existe algum produto que cumpra o que foi requisitado do projeto, e não foi encontrado nenhum. Para tal etapa, foi realizada pesquisa no Instituto Nacional da Propriedade Industrial, utilizando as palavras-chave: pesagem de pacientes, balança, hemodiálise. No dia 17/06/2022 foi realizada a mesma pesquisa, e novamente não foram encontradas soluções existentes. Assim, o desenvolvimento do projeto pode ser continuado.

Resultados do projeto conceitual

Foi realizado uma sessão de *brainstorming* para determinar ideias de funcionamento do equipamento, de componentes a serem utilizados e formas de utilização do equipamento. Após o término do *brainstorming*, as ideias geradas foram analisadas e avaliadas, para determinar a viabilidade de utilização delas. As ideias que se mostraram mais promissoras, foram separadas em grupos, de acordo com o sistema da qual fazem parte.

Tendo em mãos as requisições do cliente para o produto, é possível iniciar o processo de geração de ideias e classificação delas. Esse processo foi realizado utilizando a técnica de *Morph Chart*, ou matriz morfológica, que permitiu o agrupamento de possíveis soluções de acordo com o sistema do qual fazem parte – foram organizados em 6 sistemas – aferição, leitura, fixação, energia, material e acabamento. A seguir, na Tabela 3 é possível encontrar a tabela com as alternativas de ideias agrupadas.

| | Aferição | Leitura | Fixação | Energia | Material | Acabamento |
|---|--|---|------------------------------|--|----------------|---|
| 1 | 1x Célula de Carga  | Display LCD  | Base removível | Bateria  | Aço Inoxidável | Galvanização  |
| 2 | 4x Células de Carga  | Conexão com Computador  | Base fixa na poltrona | Rede Elétrica  | Alumínio | Pintura Eletrostática  |
| 3 | Adaptar sistema de aferição de outra balança | Conexão por aplicativo  | Fixação na furação existente | | Polímero | Pintura Martelada  |
| 4 | Sistema mecânico  | Escala Analítica  | | | Aço Carbono | Sem acabamento |

Tabela 3: Ideias agrupadas a partir do Brainstorming

Partindo das ideias agrupadas, foram elaborados conceitos de soluções completas, utilizando uma ideia de cada agrupamento da tabela anterior. Foram elaborados diversos conceitos diferentes, mas após análise de viabilidade, foram selecionados 3 conceitos para serem analisados em maior profundidade. Esses 3 conceitos estão expostos na Tabela 4. Os elementos que envolvem a interatividade por meio de conexões são os que apresentam maior variação entre os conceitos, uma vez que existem diversas opções de conectividade que podem ser utilizadas no produto, dependendo das necessidades.

| Conceito 1 | Conceito 2 | Conceito 3 |
|---|---|--|
| 1 Célula de Carga  | 4x Células de Carga  | Sistema adaptado de outra balança |
| Conexão com Computador  | Conexão por aplicativo  | Display de LCD  |
| Base removível | Base fixa na poltrona | Base fixa na poltrona |
| Rede Elétrica  | Bateria  | Rede Elétrica  |
| Alumínio | Aço Inoxidável | Aço Carbono |
| Sem Acabamento | Pintura Martelada | Pintura Eletrostática |

Tabela 4: Detalhamento dos conceitos gerados

A partir dos conceitos foram encontradas diversas configurações que podem ser soluções para o problema que se está tentando solucionar. Eles então foram levados para a próxima etapa, que é a *PUGH SCREENING & SCORING*.

Para a construção da Tabela *PUGH*, Tabela 5, foram utilizados os requisitos de projeto previamente determinados, além de uma pontuação atribuída a cada um. Essa pontuação é determinada de acordo com a importância que cada um dos requisitos tem no produto, definido pelo próprio autor a partir do que foi interpretado juntos aos stakeholders.

A partir dessa pontuação, cada um dos conceitos é avaliado em “+”, “-” ou “0”, se for superior, inferior ou igual ao conceito de referência, que nesse caso é o procedimento utilizado hoje para pesagem dos pacientes. No final, a pontuação de cada conceito é somada, para que seja definido qual dos conceitos será desenvolvido na próxima etapa.

| Requisito de Projeto | Pontuação | Conceito 1 | Conceito 2 | Conceito 3 |
|---------------------------|-----------|------------|------------|------------|
| R1: Facilidade de Uso | 2 | 0 | 0 | 2 |
| R2: Baixa Manutenção | 2 | 0 | -2 | 2 |
| R3: Precisão | 1 | 1 | 1 | 1 |
| R4: Custo de Fabricação | 1 | -1 | -1 | 0 |
| R5: Resistência à limpeza | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Total | 8 | 2 | 0 | 7 |

Tabela 5: Tabela PUGH de ranking de conceitos.

Aplicando o método de análise de conceitos *PUGH*, como visto na Tabela 5, foi possível chegar à conclusão que o conceito 3 é o mais adequado à realidade da empresa em que o produto será utilizado. O conceito 1 não foi selecionado por necessitar um computador para cada sistema, de forma a deixar inviável sua utilização. Já o conceito 2, não foi satisfatório por ser difícil de fazer a calibração de 4 células de carga simultaneamente, e seria um sistema caro de implementar. Também, foi descartado pela dificuldade de implementar um sistema por aplicativo em celular.

Dessa forma, o conceito selecionado para desenvolvimento é composto por um sistema de medição adaptado de uma balança comercial, com um *display* de LCD para fácil leitura dos resultados, fixado na base das poltronas, alimentado por fonte 12V e bivolt (110V/220V), será fabricado em aço carbono 1020 e apresentará pintura. Após esse processo de criação dos conceitos completos, foi realizada uma reunião de conferência com os *stakeholders*, de forma a validar os conceitos e as ideias que foram empregadas. A visão do cliente e do usuário durante o desenvolvimento é crítico para que se elabore um produto que atenda as demandas e que seja de fato utilizado. Durante essa reunião, foi confirmado que o projeto desenvolvido até essa etapa apresenta potencial para resolver o problema existente, e o desenvolvimento foi liberado para prosseguir para a próxima etapa.

RESULTADO DO PROJETO DETALHADO

De acordo com a etapa anterior, ficou definido que o conceito a ser levado adiante para ser desenvolvido e aprofundado consiste em adaptar um sistema de aferição já existente, sendo este alimentado pela rede elétrica da clínica, o protótipo será fabricado em aço carbono 1020, será fixado na estrutura já existente das poltronas, de forma a manter a mobilidade delas, e contará com uma tela de *LCD* para a leitura dos resultados da medição. Devido a facilidade de fabricação e manutenção, o protótipo será composto por uma base plana, que será fixada a estrutura da poltrona, e na base serão fixados os outros componente. Para a definição da estrutura básica do equipamento, foi realizado um croqui feito à mão – Vide Figura 5.

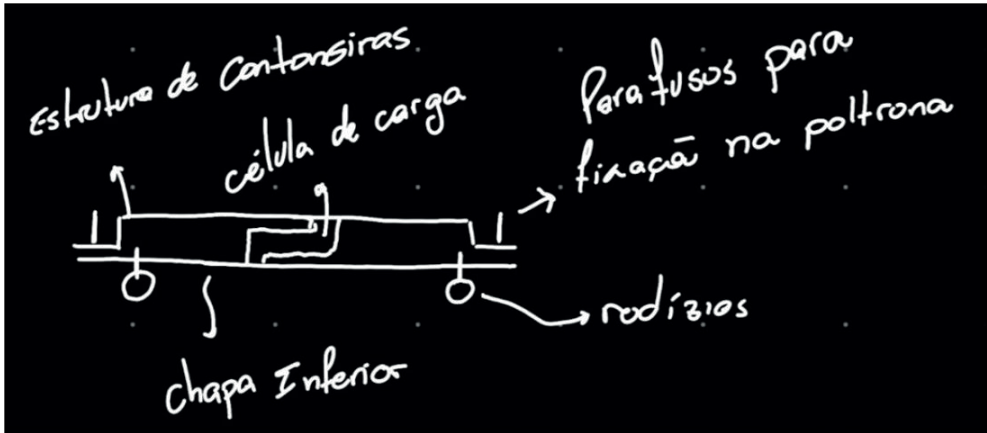


Figura 6: Croqui feito à mão, representando a vista lateral da estrutura do equipamento.

Após a definição básica da estrutura, foi iniciado o projeto em *CAD*, para estudar a viabilidade do protótipo. Ao finalizar o projeto em *CAD*, é realizado um estudo em *CAE*, de forma a validar a resistência do equipamento.

O material selecionado para o protótipo foi aço carbono 1020 e tem propriedades mecânicas conforme a Tabela 6. Esse material foi selecionado pois apresenta propriedades mecânicas compatíveis com as necessidades do projeto, apresenta boa soldabilidade e tem custo de aquisição compatível com o orçamento.

| Propriedades mecânicas dos aços nas condições: laminados a quente: normalizado e recozido. | | | | | | | | | |
|---|----------|-------------|----------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------|-------------|-------------|
| Qualidade | | Condições | Temperatura de austemização (°C) | Resist. à tração (MPa) | Limite de escoamento (MPa) | Alongamento (%) | Redução de área (%) | Dureza (HB) | Impacto (J) |
| AFP | AISI (1) | | | | | | | | |
| 1015 | 1015 | Laminado | - | 420 | 315 | 39,0 | 61 | 126 | 111 |
| | | Normalizado | 925 | 425 | 325 | 37,0 | 70 | 121 | 115 |
| | | Recozido | 870 | 385 | 285 | 37,0 | 70 | 111 | 115 |
| 1020 | 1020 | Laminado | - | 450 | 330 | 36,0 | 59 | 143 | 87 |
| | | Normalizado | 870 | 440 | 345 | 35,8 | 68 | 131 | 118 |
| | | Recozido | 870 | 395 | 295 | 36,5 | 66 | 111 | 123 |

Tabela 6: Propriedades mecânicas dos aços 1015 e 1020, nas condições de laminado, normalizado e recozido.

Fonte: Catálogo FG Steel, disponível em: <http://lgsteel.com.br/propriedades-mecanicas-do-carbono.htm>

Após a chapa inferior ser validada, o processo de desenvolvimento seguiu com o projeto da base. Esse, utiliza cantoneiras de abas iguais no mesmo material, aço carbono 1020 nas dimensões 3/16" x 1.1/4". Na Tabela 7 é possível encontrar o catálogo de dimensões disponíveis de cantoneiras de abas iguais.

| Bitola | Peso teórico kg/m | Bitola | Peso teórico kg/m | Bitola | Peso teórico kg/m | Bitola | Peso teórico kg/m |
|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|----------|-------------------|
| 1/8 x 1/2" | 0,55 | 3/16 x 1.3/4" | 3,15 | 1/4 x 4" | 9,81 | 3/8 x 6" | 22,20 |
| 1/8 x 5/8" | 0,71 | 3/16 x 2" | 3,63 | 5/16 x 2" | 5,83 | 1/2 x 3" | 13,90 |
| 1/8 x 3/4" | 0,87 | 3/16 x 2.1/2" | 4,52 | 5/16 x 2.1/2" | 7,44 | 1/2 x 4" | 19,05 |
| 1/8 x 7/8" | 1,04 | 3/16 x 3" | 5,52 | 5/16 x 3" | 9,07 | 1/2 x 5" | 24,10 |
| 1/8 x 1" | 1,19 | 1/4 x 1" | 2,29 | 5/16 x 3.1/2" | 10,70 | 1/2 x 6" | 29,20 |
| 1/8 x 1.1/4" | 1,50 | 1/4 x 1.1/4" | 2,86 | 5/16 x 4" | 12,19 | 5/8 x 4" | 23,42 |
| 1/8 x 1.1/2" | 1,83 | 1/4 x 1.1/2" | 3,48 | 3/8 x 2" | 6,99 | 5/8 x 5" | 29,80 |
| 1/8 x 1.3/4" | 2,14 | 1/4 x 1.3/4" | 4,12 | 3/8 x 2.1/2" | 8,78 | 5/8 x 6" | 36,00 |
| 1/8 x 2" | 2,46 | 1/4 x 2" | 4,75 | 3/8 x 3" | 10,72 | 5/8 x 8" | 48,78 |
| 3/16 x 1" | 1,73 | 1/4 x 2.1/2" | 6,10 | 3/8 x 3.1/2" | 12,50 | 3/4 x 5" | 35,10 |
| 3/16 x 1.1/4" | 2,20 | 1/4 x 3" | 7,30 | 3/8 x 4" | 14,58 | 3/4 x 6" | 42,70 |
| 3/16 x 1.1/2" | 2,68 | 1/4 x 3.1/2" | 8,63 | 3/8 x 5" | 18,30 | 3/4 x 8" | 57,80 |

Tabela 7: Catálogo de dimensões de cantoneiras de abas iguais.

Fonte: Catálogo Aços Riograndense, disponível em: <https://www.acosriograndense.com.br/cópia-tabela-barra-chata-1>

Após a pré-seleção dos materiais a serem utilizados, o equipamento deve ser projetado em CAD e simulado em CAE, de forma a validar a seleção dos materiais.

Protótipo em CAD

Para a realização do protótipo em CAD, foi utilizado o software AUTODESK INVENTOR 2022, utilizando uma licença de estudante obtida através da PUCRS. Ao iniciar a prototipagem, os componentes de pesagem e os componentes eletrônicos foram medidos, bem como as poltronas utilizadas na Clínica Nefrocor. Essa etapa foi realizada para garantir a compatibilidade entre todos os componentes. O desenho em CAD está representado na Figura 7.

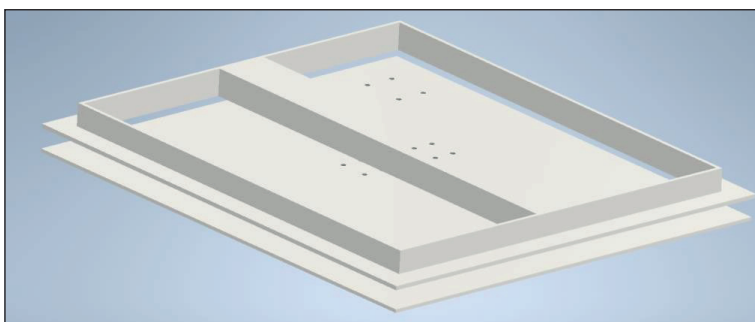


Figura 7: Protótipo em CAD realizado no software AUTODESK INVENTOR 2022.

Foram realizados projetos de cada um dos componentes que fazem parte do protótipo, sendo eles: chapa inferior, base superior fabricada com cantoneiras, travessas de fixação da célula de carga e sistema de fixação dos rodízios.

A chapa inferior metálica de aço 1020 que serve como base e ponto de fixação da célula de carga e dos rodízios foi projetada e foi realizada análise em CAE. Conforme a Figura 8 a seguir, foi possível determinar que a chapa na espessura de 3mm não seria suficiente para suportar a carga de 180 kg determinada no projeto (160kg do paciente + 20kg da poltrona e equipamento).

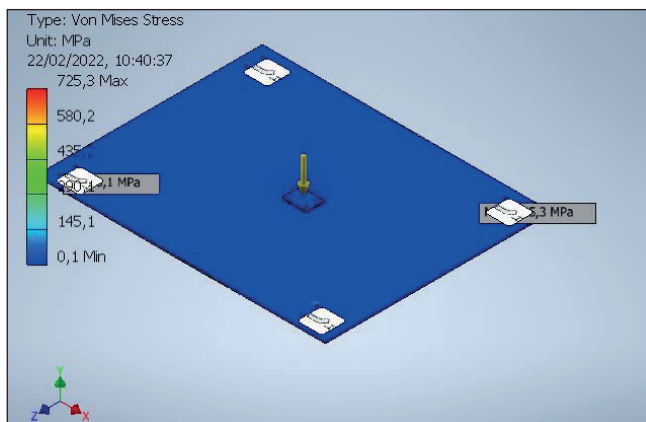


Figura 8: Simulação CAE da chapa inferior de aço 1020 com 3mm de espessura, tensão máxima de 725,3 MPa.

A simulação mostrou que a chapa estaria sujeita a tensões na ordem de 725 MPa, muito acima da tensão de escoamento do material. Os pontos que apresentaram acúmulos de tensão se deram nos pontos de furação para fixação da célula de carga e rodízios. Dessa forma, a espessura da chapa foi aumentada para 4mm, e o posicionamento dos rodízios foi alterado, mais para o centro da chapa, de forma a distribuir melhor o carregamento. Foi realizado novamente a simulação, e dessa vez os resultados foram satisfatórios para que o equipamento suporte as cargas determinadas para o projeto. Os resultados da nova simulação estão na Figura 9.

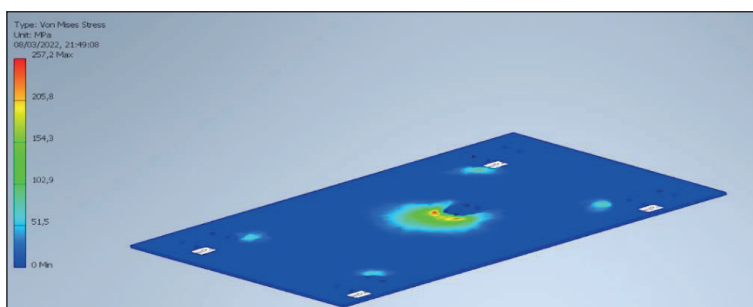


Figura 9: Simulação da chapa inferior de aço 1020 com espessura de 4mm.

Após a chapa inferior ser validada, o processo de desenvolvimento seguiu com o projeto da base. Esse, utiliza cantoneiras de abas iguais no mesmo material, aço carbono 1020 nas dimensões 3/16" x 1.1/4". Para a união das cantoneiras em forma de retângulo, serão realizadas soldas na extensão total da face de contato entre as peças. Para a fixação da célula de carga, serão utilizados oito parafusos milimétricos, fixados à chapa inferior e estrutura superior. A soldagem, realizada de forma correta, garante que as peças soldadas se comportem da mesma forma que uma peça única. A mesma simulação em CAE foi utilizado para prever o comportamento do componente, demonstrando que o dimensionamento estava correto.

A Figura 10 é o resultado da simulação da estrutura superior, e mostra que a tensão máxima no componente é na ordem de 126,8 MPa, bastante abaixo da tensão de escoamento do material, conforme Tabela 6. Dessa forma, o componente está corretamente dimensionado, e resistirá às tensões necessárias.

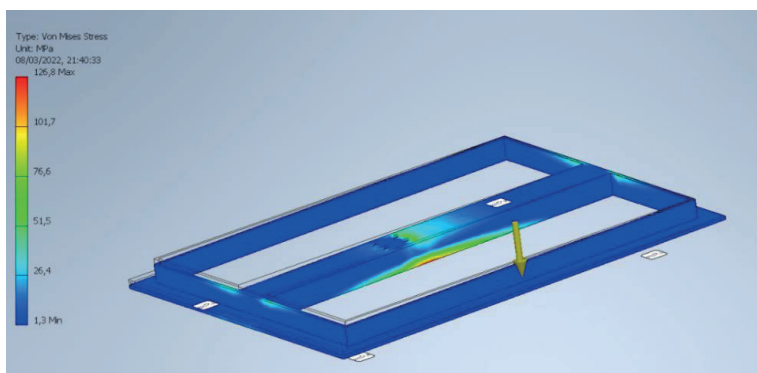


Figura 10: Simulação da base feita de cantoneiras de aço carbono 1020, e dimensões 3/16" x 1.1/4".

O sistema de fixação do *display* foi projetado no mesmo software, mas foi projetado para ser fabricado em MDF utilizando um Corte à Laser. Isso garante facilidade e rapidez, permitindo maior flexibilidade na fabricação do protótipo.

Com os projetos e as simulações finalizadas e devidamente validadas, é possível seguir com o processo de desenvolvimento de produto e partir para a fabricação de um protótipo funcional. Esse será aplicado e terá seu funcionamento analisado na prática.

Protótipo funcional

Assim que o protótipo foi elaborado nos softwares de CAD e CAE, atingindo com sucesso as metas que foram desenvolvidas para ele, foi iniciado o desenvolvimento do protótipo funcional.

Para isso, foi adquirida uma balança da marca Filizola, modelo Personal, com capacidade de 180kg, para ser desmontada e ter suas peças utilizadas para a fabricação do protótipo. Foram aproveitadas a célula de carga, o microcontrolador e o *display LCD*. Esses componentes foram todos medidos e levados em consideração na hora de realizar o protótipo em *CAD*, de forma a garantir a compatibilidade entre as peças adquiridas e as peças projetadas.

O processo de fabricação foi iniciado ao desmontar a balança adquirida para medição e análise de seus componentes. As peças não utilizadas foram descartadas, ficando somente com o material necessário. Conforme foi decidido durante a etapa de projeto detalhado, o material utilizado para o protótipo foi aço carbono 1020, tanto para a chapa inferior quanto para a base de cantoneiras. Para o sistema de movimentação do sistema, foram selecionados rodízios comerciais com capacidade de carga individual de 50kg, totalizando 200kg de carga do sistema, e são da marca Colson e modelo 6236.

Na fabricação do protótipo, foram realizados cortes em 45 graus nas cantoneiras para formar a base que a ser encaixada na poltrona já existente. Para isso, foi utilizada uma serra fita ajustada para o corte em ângulo. A seguir, foi realizada a furação da chapa inferior, de modo a fixar os rodízios e a célula de carga. Em seguida, foi realizada a solda das cantoneiras formando a base. Para a solda, foi utilizado o método *TIG* em corrente contínua com polo negativo e fonte de alta frequência para abertura de arco.

O sistema de fixação do *display* de *LCD* foi fabricado nos laboratórios da PUCRS utilizando uma máquina de corte à laser. As peças foram cortadas em 3 partes, de forma que foram montadas com o uso de parafusos para garantir sua união. Os componentes foram instalados no interior do sistema de fixação, e este foi instalado na base do equipamento. Em seguida, foram realizados testes de pesagem para garantir que o sistema estava funcionando como um todo. A Figura 11 mostra o equipamento montado e sendo testado pela primeira vez.

Após a finalização da prototipação, foi realizada mais uma reunião com os *stakeholders* antes da implementação do equipamento para conferência de que este está em conformidade com os requisitos. Durante a reunião, o projeto foi aprovado, e liberada a implementação do protótipo para utilização.



Figura 11: Vista inferior, lateral e frontal do equipamento sendo instalado e testado.

Análise de funcionamento

Após a liberação dos *stakeholders*, a última etapa do processo de desenvolvimento de projeto foi iniciada, de forma que o protótipo foi implementado na Clínica Nefrocor. Esse teve seu funcionamento analisado e avaliado por todos os *stakeholders* do projeto.

Foi, então, elaborada uma tabela contendo os pontos fortes e pontos fracos do projeto e do protótipo que foram elencados pelos *stakeholders*. Os pontos fracos foram listados de forma descendente em importância, de forma que os itens que devem ser alterados com mais urgência encontram-se no topo da lista.

A Tabela 8 traz as características do protótipo que devem ser mantidas para a fabricação de próximas unidades. Também, foram expostos problemas e características indesejáveis que devem ser revistas para melhorar ainda mais o equipamento. A partir destas informações coletadas, ficou evidente que os resultados obtidos com o protótipo foram satisfatórios para justificar a fabricação de mais unidades para serem implementadas na Clínica.

| Pontos Fortes | Pontos Fracos |
|--|---|
| Fácil de usar | Fonte de alimentação exposta à líquidos |
| Permite pesagem de pacientes acamados e com baixa mobilidade | Pesado para movimentação entre andares |
| Fácil de movimentar | Poderia ter integração com computador |
| Ganho de tempo na pesagem | Rodinhas com freio |
| Melhora na qualidade de vida dos funcionários e pacientes | |

Tabela 8: Tabela de análise de resultados.

CONCLUSÕES

Ao utilizar o método de desenvolvimento de projetos idealizado por Rozenfeld et al. (2006) o processo de criação e fabricação do equipamento proposto se mostrou bastante objetivo, por se ter uma metodologia completa e abrangente a ser seguida. Isso possibilitou que o protótipo fosse desenvolvido seguindo todos os requisitos de projeto e dentro do prazo estipulado, de forma que seu desenvolvimento teórico foi validado. Sua idealização e desenvolvimento abrangeram os objetivos do projeto: aumentar a facilidade de pesagem dos pacientes e reduzir a incidência de erros de pesagem.

Assim, é possível concluir que o projeto serviu para validar o conceito proposto, de forma que a realização do registro de propriedade intelectual para possibilitar a comercialização de uma versão mais refinada do produto é recomendada, tendo o prazo de um ano a partir do dia 01 de julho de 2022. O protótipo já fabricado seguirá em funcionamento, e mais unidades serão fabricadas para utilização na Clínica Nefrocor.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que me apoiaram ao longo de minha jornada acadêmica. Agradeço aos meus pais, Angela Uglione e Carlos Teodósio Da Ros, pela oportunidade e pelo apoio incondicional ao longo do curso, e ao meu irmão Lucas Uglione Da Ros, por todo o apoio e incentivo. Agradeço aos meus chefes, que se tornaram amigos, Luciano de Azevedo Peixoto e Antônio de Azevedo Eick, pelos ensinamentos e pelas oportunidades. Por fim, agradeço aos meus professores, em especial minha orientadora Patrícia Magnago, sem a qual este trabalho não teria sido possível.

REFERÊNCIAS

AFONSO, J.C. A evolução da balança analítica. **Química Nova** n.27, p6, 2004.

AZEMI, Fatmir; MEHMETI, Xhemajl; MALOKU, Bekim. **The Importance of CAD/CAE systems in development of Product Design and Process of Optimization**. In: **University for Business and Technology International Conference**, 2018.

CUNHA, V. P. (2011). **Análise da gestão de ideias de produtos para apoiar o planejamento da inovação** (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

DAUGIRDAS, John T.; BLAKE, Peter G.; ING, Todd S. **Manual de Diálise**. Rio de Janeiro, 2017, Quinta Edição.

DE CAMPOS, C. A. Instituto de Pesos e Medidas do Estado do Paraná. **Classificação de Pesos Padrão**. Paraná, 2013.

JENSEN, M.W et al. **The Examination of Weighing Equipment**. National Bureau of Standards, Handbook 94. Washington, Superintendent of Documents U.S. Government Printing Office 1965.

OLIVEIRA, P. M. et al. Complicações do tratamento hemodialítico em indivíduos com doença renal crônica. **J Bras Nefrol**, Salvador, v. 37, n. 2, Supl. 1, p. 8-50, 2015.

PAHL, G., et al. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. São Paulo: Edgar Blücher, 2005.

PIEROBOM, F. M., & ANDRADE, J. J. O. "Application of product development tools in equipment design for a technology-based small business. **Gest. Prod.** v. 27 n. 2 • 2020

ROMÃO JUNIOR, J. E. Doença renal crônica: definição epidemiologia e classificação. **J. Bras. Nefrol**, São Paulo, v. 26, n. 3, supl. 1, p. 1-3, 2004.

ROZENFELD, H., et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**, São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

Sancho POS, Tavares RP, Lago CCL. Assistência de enfermagem frente as principais complicações do tratamento hemodialítico em pacientes renais crônicos. **Rev. Enfermagem Contemporânea**, v. 2, n.12013

Veronese, F. V. et al. **Nefrologia na Prática Clínica**. Porto Alegre: Livraria Balieiro, 2019.