



**FACULDADE HORIZONTINA**

**EVERTON LUIS WÜNSCH**

**PROJETO CONCEITUAL DE UM DISPOSITIVO PARA  
ACONDICIONAMENTO DE PLATAFORMAS DE CORTE E MILHO**

**HORIZONTINA**

**2016**

**FACULDADE HORIZONTALINA**  
**Curso de Engenharia Mecânica**

**EVERTON LUIS WÜNSCH**

**PROJETO CONCEITUAL DE UM DISPOSITIVO PARA  
ACONDICIONAMENTO DE PLATAFORMAS DE CORTE E MILHO**

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 Horizontalina.

**ORIENTADOR:** Guilherme Jost Beras, Mestre.

**HORIZONTALINA-RS**

**2016**



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

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:**

**“Projeto conceitual de um dispositivo para acondicionamento de plataformas de corte e milho”**

**Elaborada por:**

**Everton Luis Wünsch**

**Aprovado em: 29/11/2016  
Pela Comissão Examinadora**

---

**Mestre. Guilherme Jost Beras  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

---

**Mestre. Francine Centenaro  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

---

**Mestre. Rafael Luciano Dalcin  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**HORIZONTALINA- RS  
2016**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha esposa, Elisiane Wunsch, por todo o apoio e incentivo que recebi durante o período acadêmico.

## **AGRADECIMENTO**

Aos meus pais, Dalirio e Edeltrudes, por todo o apoio e incentivo que tenho recebido.

A minha esposa, Elisiane, e filhos, Davi e Meline, pelo apoio nos momentos difíceis e pela compreensão e privação de minha companhia nos momentos de estudo, assim como nos demais momentos de minha vida.

Ao professor orientador Guilherme Jost Beras, pelo apoio na orientação do projeto e compartilhamento dos conhecimentos sobre o Processo de Desenvolvimento de Produto.

Aos professores da Fahor que fizeram parte de minha caminhada acadêmica, pela contribuição na minha formação.

Aos amigos e colegas que pude contar no decorrer dos estudos.

A empresa e todos os funcionários, pela possibilidade da execução do trabalho e colaboração.

“Conhecimento não é aquilo que você sabe, mas o que você faz com aquilo que você sabe”.

Aldous Huxley

## RESUMO

A crescente demanda do mercado agrícola por produtos que possam atender as necessidades do setor e elevar a produtividade nas operações, bem como garantir uma melhor qualidade e reduzir ao máximo as perdas na lavoura, leva as empresas ao desenvolvimento de novos produtos e também a trabalhos para que os produtos correntes possam ser melhorados. Estes desenvolvimentos requerem atividade de verificação e validação antes da implementação do produto no mercado, onde este precisa ser montado ou retrabalhado para possibilitar novos ciclos de testes. Desta forma o presente trabalho visa desenvolver o projeto conceitual de um dispositivo para acondicionar plataformas de corte e milho e permitir os retrabalhos nestes equipamentos. O dispositivo deve atender a todos os modelos de plataformas fabricados na unidade em questão e tem como principal objetivo tornar estes trabalhos mais efetivos, evitando movimentações e reposicionamentos das plataformas sobre o dispositivo durante os trabalhos. Ao longo do trabalho, referenciais foram citados detalhando os equipamentos, processo de verificação e validação, ergonomia e segurança, análise de elementos finitos, bem como a metodologia utilizada para direcionar o projeto e obter a concepção final do produto. Algumas ferramentas indicadas na metodologia foram aplicadas para auxiliar no entendimento e definição das propostas que atendam da melhor forma as necessidades e requisitos dos clientes, como exemplo podem ser citados o Diagrama de Mudge e a Matriz de Decisão. Com todas as fases do projeto concluídas o resultado foi um dispositivo funcional, que atende a todas as plataformas propostas, assim direcionado aos requisitos e necessidades expostas pelo cliente.

**Palavras-chave:** Plataformas. Projeto de produto. Dispositivo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Barra de corte de uma plataforma. ....	16
Figura 2 – Transportador helicoidal. ....	17
Figura 3 – Esteiras transportadoras. ....	17
Figura 4 – Plataforma para a cultura de milho. ....	18
Figura 5 – Fases PDP .....	19
Figura 6 – Alturas recomendadas para trabalhos em pé. ....	24
Figura 7 – Diagrama de Mudge .....	34
Figura 8 – Função global do dispositivo .....	37
Figura 9 – Estrutura funcional .....	37
Figura 10 – Dispositivo de acondicionamento de plataformas.....	41
Figura 11 – Vista superior do dispositivo de acondicionamento para plataformas.....	42
Figura 12 – Suporte fixo para apoio frontal .....	42
Figura 13 – Suportes móveis .....	43
Figura 14 – Sistema de travamento.....	44
Figura 15 – Plataforma com transportador helicoidal sobre o dispositivo.....	44
Figura 16 – Plataforma com esteiras transportadoras sobre o dispositivo.....	45
Figura 17 – Plataforma de milho sobre o dispositivo.....	45
Figura 18 – Dimensões do dispositivo.....	46
Figura 19 – Altura do equipamento em relação ao solo.....	47
Figura 20 – Distribuição das cargas.....	48
Figura 21 – Análise de deformação.....	49
Figura 22 – Análise de tensão.....	49

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ciclo de vida do produto .....	30
Quadro 2 – Requisitos dos clientes.....	31
Quadro 3 – Requisitos do projeto .....	32
Quadro 4 – Classificação dos requisitos do cliente .....	35
Quadro 5 – Especificações meta do produto .....	35
Quadro 6 – Descrição das funções .....	38
Quadro 7 – Matriz morfológica do dispositivo de acondicionamento para plataformas.....	38
Quadro 8 – Princípios de solução .....	39
Quadro 9 – Matriz de decisão.....	40

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 TEMA.....	12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	12
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA .....	13
1.4 JUSTIFICATIVA .....	13
1.5 OBJETIVO GERAL.....	13
1.6 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	14
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
2.1 EQUIPAMENTO FRONTAL.....	15
<b>2.1.1 Plataforma de corte .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.2 Plataforma para milho.....</b>	<b>18</b>
2.2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS - PDP.....	18
<b>2.2.1 Conceito .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.2 Planejamento do projeto .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3 Projeto informacional.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.4 Projeto conceitual .....</b>	<b>21</b>
2.3 ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS.....	22
2.4 ERGONOMIA E SEGURANÇA NO TRABALHO .....	23
2.5 VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO PRODUTO .....	24
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS .....	26
<b>3.1.1 Planejamento de projeto .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.2 Projeto informacional.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.3 Projeto conceitual .....</b>	<b>27</b>
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS .....	28
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
4.1 PLANEJAMENTO DO PROJETO .....	29
<b>4.1.1 Escopo do projeto .....</b>	<b>29</b>
4.2 PROJETO INFORMACIONAL.....	29

<b>4.2.1 Pesquisa de informações sobre o tema do projeto .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.2 Identificação das necessidades dos clientes .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2.3 Estabelecimento dos requisitos dos clientes .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2.4 Definição dos requisitos do projeto .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.5 Hierarquização dos requisitos do cliente.....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.6 Definir especificações meta do produto .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2.7 Avaliação e aprovação de fase .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3 PROJETO CONCEITUAL.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.1 Verificação do escopo do problema .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.2 Estabelecimento da estrutura funcional.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.3 Pesquisa dos princípios de solução.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.4 Combinação dos princípios de solução .....</b>	<b>39</b>
<b>4.3.5 Seleção das combinações .....</b>	<b>40</b>
<b>4.3.6 Evoluir em variantes de concepção .....</b>	<b>41</b>
<b>4.4 ANÁLISE ESTRUTURAL .....</b>	<b>458</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>51</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

A crescente necessidade de desenvolvimento de produtos e busca por soluções de problemas encontrados em produtos correntes, tendo como principal objetivo o atendimento as necessidades dos clientes e sua busca por novos produtos, cada vez mais tecnológicos e com potencial para aumentar a produtividade e qualidade dos serviços desempenhados na agricultura, requer emprego de várias iniciativas por parte de verificação e validação, sendo que são necessários testes em fases preliminares à implementação dos componentes ou produtos, afim de garantir a aplicação e desempenhar a função conforme requerimento dos clientes e determinações do projeto.

Algumas destas iniciativas requerem verificações em campo, necessitando de um modelo físico do equipamento ou componente, ou seja, a construção e montagem de um protótipo é requerida. Nestes casos a verificação pode ser determinada como funcional ou de durabilidade.

Na verificação funcional são observados os aspectos relacionados ao projeto, visando determinar se o produto atende adequadamente as especificações de projeto no que se refere a performance.

Para a verificação de durabilidade, usualmente o componente ou equipamento é exposto às condições normais de uso e um plano de acompanhamento é desenvolvido onde, são analisados aspectos como desgaste, quebra, trincas e perda de função. Todos relacionados à indicação de vida útil do componente ou equipamento observado.

As atividades de atualização de componentes em testes são constantes e determinadas pela necessidade de alterações de desenhos, sendo que estas atualizações podem ser de peças, conjuntos específicos ou no equipamento como um todo. Estas atualizações determinam o começo de um novo ciclo de verificação e a aprovação ou reprovação do componente ou equipamento em teste, e isto por sua vez irá determinar o final dos testes de validação e a implementação dos componentes ou a necessidade de alteração no desenho das peças e novos testes.

Condições e ferramentas adequadas visam garantir a qualidade dos serviços bem como a integridade e segurança dos colaboradores que desempenham as funções de montagem e atualização dos equipamentos destinados aos testes.

Empresas do ramo de máquinas agrícolas, frequentemente contam com departamentos dedicados à realização de testes em suas plantas fabris. Esta situação se aplica a uma

fabricante localizada no Noroeste do Rio Grande do Sul, onde produtos como plataformas de corte e milho são desenvolvidas e testadas.

As plataformas de corte e milho são equipamentos frontais, que associadas a uma colheitadeira, tem a finalidade de coletar o cereal do solo, direcionar para a colheitadeira para que seja submetido aos processos de trilha e separação e em processo seguinte disposto para que seja comercializado.

Para retrabalhos e novas montagens de plataformas não se tem a disponibilidade de um dispositivo adequado, o qual permita trabalhos em todas as áreas funcionais do equipamento sem a movimentação do mesmo sobre os dispositivos utilizados para a sustentação das plataformas.

O desenvolvimento de um dispositivo para sustentação deste tipo de equipamento se faz de grande importância para garantir a integridade física do time que desempenha as atividades de desenvolvimento e também para facilitar a realização das atividades de forma ergonômica.

## 1.1 TEMA

Desenvolvimento do projeto conceitual, utilizando como base a metodologia PDP, de um dispositivo capaz de acondicionar plataformas de corte e de milho e que permita os retrabalhos e montagens necessários para a atualização destes equipamentos.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O desenvolvimento do trabalho visa expor o projeto conceitual, não tratando das demais fases, ou seja, não serão abordados aspectos relacionados a implementação ou fabricação do dispositivo. O posicionamento da plataforma sobre o dispositivo será fixo e na posição horizontal, não serão contemplados dispositivos de tombamento para os equipamentos e a capacidade de acondicionamento do dispositivo se restringe a plataformas que apresentem peso de até 4500kg.

### 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Atualmente são utilizados dispositivos para armazenamento de peças para dispor as plataformas quando são necessários retrabalhos ou atualizações nos equipamentos. Como estes dispositivos não são específicos para esta aplicação, não atendem os requisitos de segurança e ergonomia, pois estão sendo utilizados de forma diferente ao que foram concebidos. Desta forma, o presente projeto de pesquisa tem a finalidade de indicar as etapas necessárias, com base na metodologia PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto), para o desenvolvimento do projeto conceitual de um dispositivo para o acondicionamento de plataformas de corte e milho, tendo em vista que na situação atual, o departamento não conta com um dispositivo adequado e formulado para este fim.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

As constantes atualizações e retrabalhos em equipamentos e a necessidade de desenvolver um dispositivo específico para os trabalhos em plataformas de corte e milho que atenda os requisitos de segurança e ergonomia atuam como justificativa para o desenvolvimento da presente pesquisa e posterior projeto.

Assim como desenvolvimento de projeto de produto, seguindo uma metodologia definida, é um assunto que irá acompanhar o Engenheiro Mecânico constantemente no desempenho de suas atribuições, e o conhecimento das etapas e entregas necessárias dentro do desenvolvimento do projeto é de extrema importância para a formação do profissional.

### 1.5 OBJETIVO GERAL

Aplicar a metodologia PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto) e desenvolver o projeto conceitual de um dispositivo capaz de sustentar uma plataforma, de forma segura, e otimizando o espaço necessário para seu armazenamento.

## 1.6 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudar as particularidades de cada modelo de plataforma e definir os pontos adequados para a sustentação;
- Determinar o peso dos equipamentos que serão acondicionados no dispositivo;
- Avaliação estrutural do dispositivo através da análise de elementos finitos, utilizando como carga de entrada o equipamento com maior peso;
- Exposição, avaliação e aprovação do projeto conceitual com os responsáveis pelo departamento.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

Como sequência do desenvolvimento da pesquisa proposta anteriormente, se faz necessário um aprofundamento a respeito dos assuntos que serão trabalhados e que devem servir de embasamento para o estudo proposto. A revisão da literatura exposta a seguir demonstra de forma sucinta os assuntos relevantes para o estudo.

### **2.1 EQUIPAMENTO FRONTAL**

O equipamento frontal, associado a colheitadeira, é utilizado com o princípio de realizar o corte do produto e o direcionar para os processos seguintes onde será processado e disposto de forma a ser comercializado. Estes mecanismos serão diferenciados conforme o cereal a ser processado (BALASTREIRE, 1990).

#### **2.1.1 Plataforma de corte**

Balastreire (1990) determina que estes equipamentos são projetados e concebidos para atender a sua função e seus principais componentes são os separadores, molinete, barra de corte e condutor helicoidal, este por sua vez pode ser substituído por esteiras transportadoras, que possibilitam maior eficiência e capacidade de transporte do cereal para a colheitadeira.

Os separadores são componentes localizados em ambas as extremidades das plataformas de corte, sua principal função é realizar a separação da faixa a ser cortada, estes componentes são muito importantes principalmente nas operações em áreas que apresentam uma cultura acamada, plantas entrelaçadas ou que tenham uma quantidade elevada de ervas daninhas, nestes casos os separadores irão ser determinantes para que o cereal seja recolhido do solo e as perdas nas extremidades do equipamento frontal sejam minimizadas (SANTOS FILHO; SANTOS, 2001).

Balastreire (1990) expõe que a função do molinete é apoiar a planta para que a barra de corte desempenhe a sua função, e ao mesmo tempo dispor a planta sobre a mesa da plataforma em direção ao transportador helicoidal ou de esteiras.

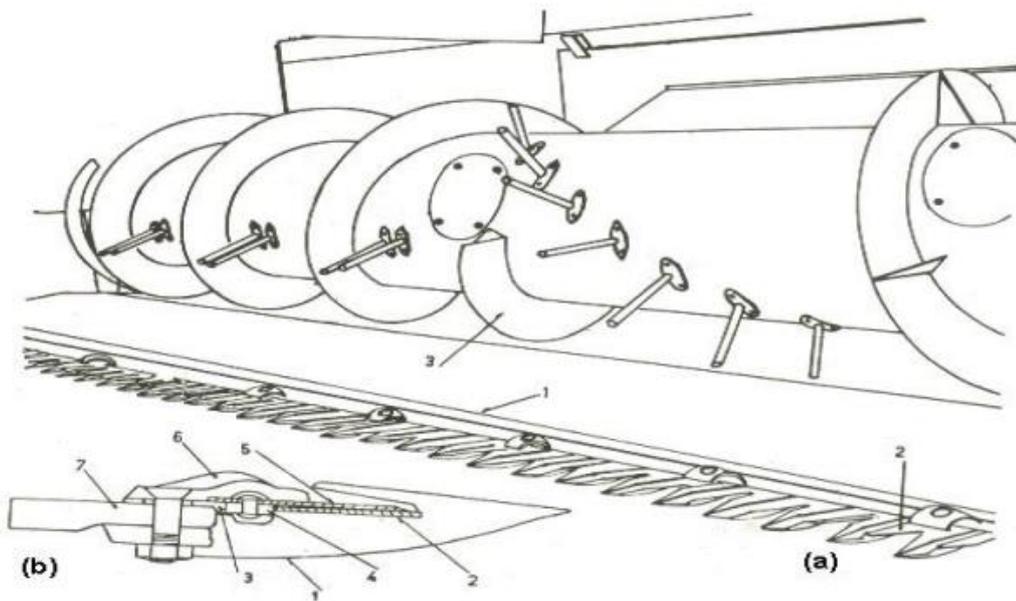
A barra de corte será constituída por facas, placas de apoio, placas de desgaste, grampos e barra guia. A barra de corte é associada a um componente com movimentos excêntricos e este possibilitará a barra de corte movimentos alternativos, em sentido de “vai e vem”. Com esta movimentação, e estando as navalhas associadas às suas guardas, o corte da planta do cereal acontece (BALASTREIRE, 1990).

Os componentes responsáveis pelo corte e transporte do cereal, na plataforma de corte com transportador helicoidal, estão representados na Figura 1, onde:

a) vista geral de uma parte da barra: 1. Barra, 2. Faca, 3. Conductor helicoidal.

b) detalhe de construção da barra: 1. Dedo duplo, 2. Placa de apoio, 3. Placa de desgaste, 4. Barra da faca, 5. Faca, 6. Grampo, 7. Barra.

Figura 1 – Barra de corte de uma plataforma.

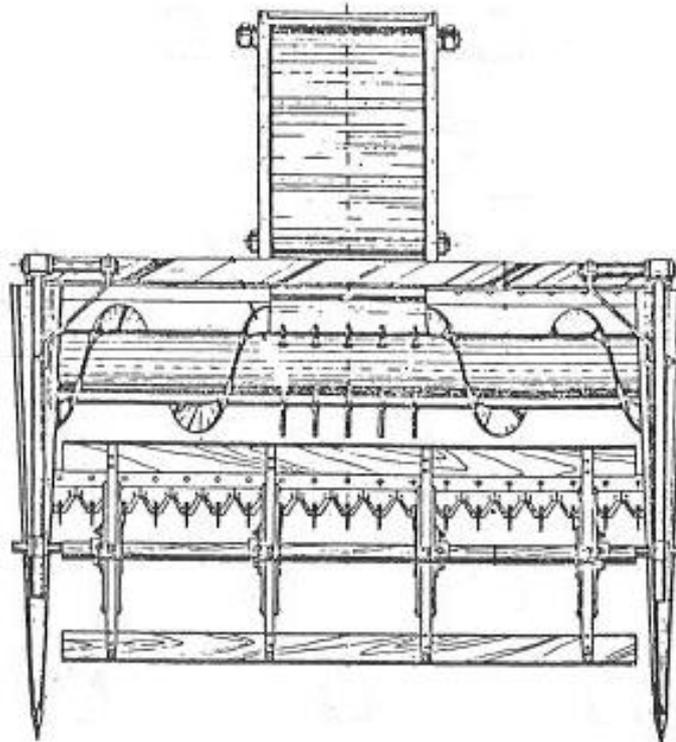


**Fonte:** Balastreire, 1990

O condutor helicoidal, conforme representado na Figura 2, é composto por um cilindro metálico que compreende toda a extensão da plataforma, Apresenta três seções, sendo duas laterais, onde os helicoides são posicionados de forma a transportar o cereal para o centro do equipamento, a seção central é responsável por direcionar o produto para a colheitadeira (SANTOS FILHO; SANTOS, 2001).

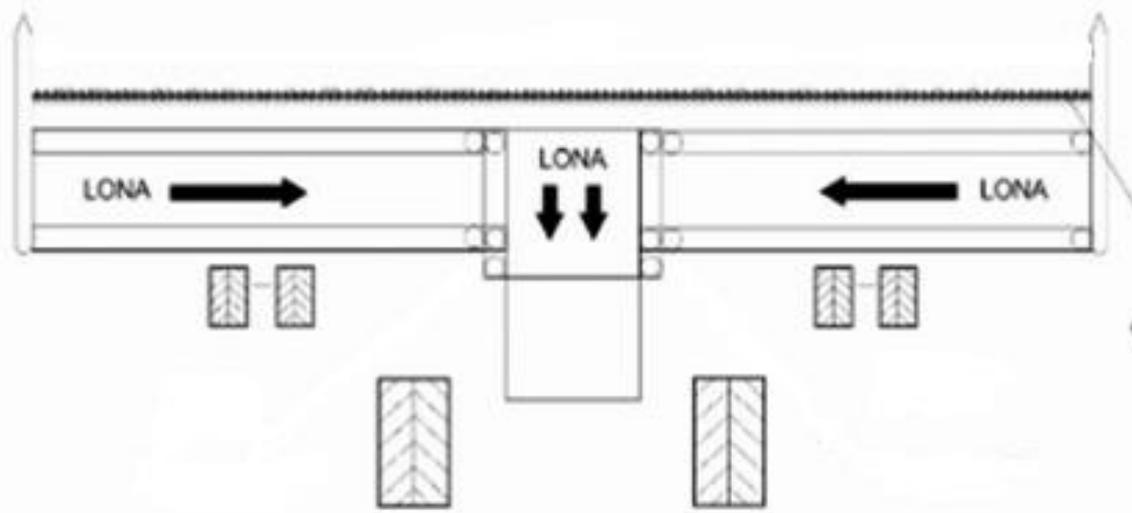
As esteiras transportadoras, equipamento representado na Figura 3, substituem os transportadores helicoidais e tem o mesmo princípio de funcionamento. Duas seções laterais conduzem o produto até uma terceira correia que será responsável por dispor o produto para a colheitadeira. A movimentação dos transportadores laterais será paralela a plataforma e a esteira da seção central irá apresentar movimento contínuo perpendicular a estrutura da plataforma (SANTOS FILHO; SANTOS, 2001).

Figura 2 – Transportador helicoidal.



Fonte: Silveira, 2001

Figura 3 – Esteiras transportadoras.



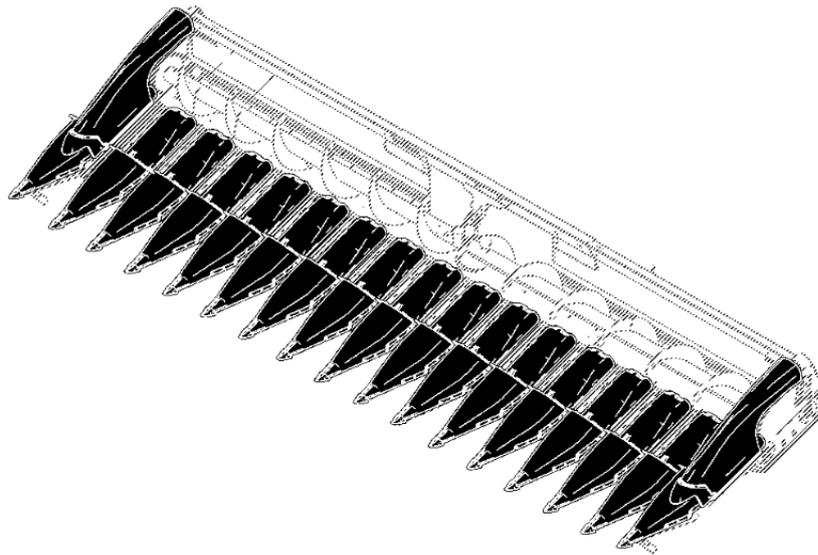
Fonte: Silveira, 2001

### 2.1.2 Plataformas para milho

A plataforma destinada para a cultura do milho, indicada na Figura 4, se difere bastante a apresentada anteriormente. Este equipamento dispõe de separadores para cada linha, a dimensão destes separadores será determinada pelo espaçamento entre linhas da cultura, ou seja, os divisores terão as mesmas dimensões que o espaçamento da cultura (BALASTREIRE, 1990).

Logo abaixo destes divisores, uma corrente com dentes irá realizar o trabalho de transportar as espigas para dentro da máquina, até o transportador helicoidal. Mais abaixo das correntes, cada linha da plataforma de milho, conta com dois rolos despigadores, que com seus movimentos de rotação em sentido contrário, irão empurrar os colmos das plantas para baixo, liberando as espigas que serão dispostas conforme descrito anteriormente. Na parte posterior está localizado o transportador helicoidal, que desempenha a mesma função do transportador nas plataformas de corte (SANTOS FILHO; SANTOS, 2001).

Figura 4 – Plataforma para a cultura de milho.



**Fonte:** Balastreire, 1990

## 2.2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS - PDP

### 2.2.1 Conceito

Com a crescente competitividade e a internalização dos mercados, os clientes possuem maiores possibilidades de escolha e estão cada vez mais exigentes, a demanda por novos produtos incita no desenvolvimento e visa atender as demandas específicas (BAXTER, 2003).

Este ambiente competitivo requer que as empresas sejam assertivas ao colocar um novo produto no mercado, e será isso que irá determinar a aceitação do produto e a saúde financeira do estabelecimento, em forma de retorno sobre as vendas (BACK, 2008).

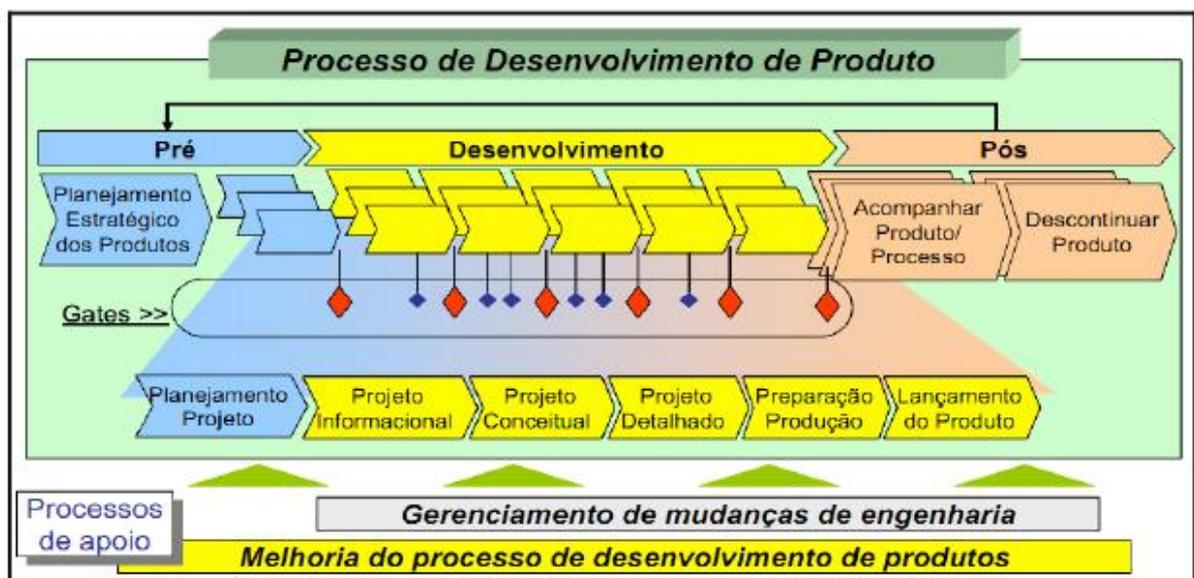
Com base nestes dados e a crescente importância do desenvolvimento de produtos, este tema foi fonte de pesquisa para vários autores, ficando assim definido uma metodologia organizada e composta por um conjunto de atividades determinadas e com valores de entrada e saída bem específicos facilitando a padronização do método (ROZENFELD *et al.* 2006).

O correto desenvolvimento das atividades propostas na metodologia PDP possibilita a antecipação das necessidades do mercado bem como a entrega de benefícios significativos aos consumidores, sendo que estão alinhados as suas expectativas e atendendo aos seus requisitos (AMARAL, 2006).

O processo não se limita somente ao desenvolvimento mas também acompanha todo o ciclo de vida do produto, desta forma, qualquer mudança nas especificações ou possíveis erros identificados pelo cliente final durante a aplicação poderá ser fonte de aprendizado e guia para alterações no produto (BAXTER, 2003).

A distribuição e também a quantidade de fases pode sofrer alterações conforme a complexidade do projeto e o autor da metodologia escolhida. As fases iniciais não sofrem alterações na maioria das metodologias e como fonte bibliográfica principal para o presente trabalho, as fases de Planejamento do Projeto, Projeto Informacional e Projeto Conceitual definida por Rozenfeld *et al.* (2006), conforme fluxo indicado na Figura 5, serão aplicadas.

Figura 5 – Fases PDP



Fonte: Rozenfeld *et al.* 2006

### **2.2.2 Planejamento do Projeto**

A primeira fase, conforme definido por Baxter (2003) é onde se dará início ao planejamento do projeto, o primeiro passo é determinar e indicar os interessados ou que podem sofrer influências, diretas ou indiretas, com o projeto. O planejamento deve identificar as necessidades, o grau de envolvimento com o projeto e as limitações de cada envolvido. Serão partes envolvidas no projeto os membros da equipe, o gerente do projeto do projeto, os clientes do produto, a organização ou departamento que irá financiar os custos do desenvolvimento do projeto, e os fornecedores diversos.

Outro documento relevante a esta etapa do projeto é a definição do escopo do produto. Neste documento deverão ser definidas todas as informações pertinentes ao produto ou serviço que visa se desenvolver, ou seja, o resultado deste documento deve indicar as características do produto, buscar parâmetros quantitativos pode auxiliar a compreender de forma clara o que será fornecido para o cliente (ROZENFELD *et al.*, 2006).

### **2.2.3 Projeto Informacional**

Com as informações coletadas na fase anterior, o objetivo desta segunda fase do desenvolvimento é levantar, com um nível mais completo possível, as especificações meta para o produto ou serviço em questão (BACK, 2008).

Nesta etapa os trabalhos do departamento de marketing são fundamentais, pois todas as expectativas dos clientes devem ser observadas e levadas ao projeto, para que este seja desenvolvido conforme estas necessidades e tenha sucesso na sua implementação (AMARAL, 2006).

Algumas atividades são requeridas, para que ao final da fase do Projeto Informacional, as saídas sejam consistentes e sirvam de base para as demais fases do desenvolvimento. (ROZENFELD *et al.* 2006).

O ciclo de vida do produto precisa ser definido e para isso é necessário mapear as fases deste ciclo, desde o desenvolvimento do produto passando por sua concepção, introdução no mercado e descarte, e indicar os envolvidos em cada etapa (BACK, 2008).

Conforme determina Amaral (2006) identificar os requisitos dos clientes é a próxima atividade a ser executada, este estudo irá levantar as necessidades funcionais, de desempenho e confiabilidade desejados pelo cliente para compor o produto. Após a coleta de todas as informações pertinentes, os requisitos precisam ser classificados e comparados para determinar a importância de cada tópico no sucesso do produto.

Como os requisitos dos clientes são apresentados, na maioria das vezes, de forma qualitativa dificultando mensurar o atingimento das especificações se faz necessário determinar os requisitos do produto de forma que possam ser mensurados. Todos os requisitos dos clientes devem ser transformados em requisitos de engenharia, onde números, tolerâncias, indicações qualitativas serão determinados, possibilitando assim, o acompanhamento e posterior avaliação do atingimento destas especificações (AMARAL, 2006).

Após o desenvolvimento das atividades citadas o autor indica a necessidade de avaliar e aprovar a fase. Onde o time do projeto irá avaliar os documentos criados e indicar a continuidade do desenvolvimento (BACK, 2008).

#### **2.2.4 Projeto Conceitual**

Com a etapa anterior completa e os requerimentos do projeto bem definidos, a fase do projeto conceitual visa determinar como o novo produto será concebido, afim de atingir os requerimentos. As necessidades dos clientes são a base para aos trabalhos da engenharia na concepção do produto (BAXTER, 2003).

Conforme Baxter (2003) os grandes esforços, nesta fase, devem ser direcionados a gerar o maior número possível de conceitos, que atendam as condições determinadas, e fazer a escolha pelo melhor deles. Nesta fase os trabalhos de engenharia de desenvolvimento serão bastante exigidos, assim como a criatividade para a geração de propostas.

O projeto conceitual tem a proposta de desenvolver um conjunto de princípios funcionais e de forma, sendo estes norteados pelo levantamento da oportunidade ou necessidade de um novo produto (BACK, 2008).

Além dos levantamentos de forma e função, nesta etapa uma análise de valores deve ser iniciada. Nesta análise não somente os aspectos de valor monetário, como custo de material, mão de obra, custos indiretos, devem ser levados em consideração.

A análise de valores procura aumentar o valor relativo (em relação aos custos) das peças e componentes e do produto como um todo, sem comprometer as suas funções, baseando-se nas seguintes funções:

- Identificar as funções de um produto
- Estabelecer valores para estas funções
- Procurar realizar essas funções ao mínimo custo, sem perda de qualidade (Baxter, 2003, p. 184).

Cabe ainda a esta fase do projeto a análise do ciclo de vida do produto, este estudo visa entender o ciclo de vida do produto, desde a fabricação até o seu descarte, e de que forma o processo ou produto pode ser melhorado para que tenha o menor impacto ambiental possível (ROZENFELD *et al.* 2006).

Baxter (2003) descreve que a manufatura deve estar presente nas decisões e trabalhos do conceito do produto, pois devem garantir que o que está sendo proposto poderá ser fabricado, levando em consideração aquisição de novas máquinas operatrizes, ferramentas ou dispositivos específicos.

Algumas atividades, indicadas pela metodologia, são requeridas para a conclusão desta etapa, e estas terão direta influência com o resultado do projeto. A primeira atividade a ser concluída é a análise dos dados coletados na fase anterior e a busca pela compreensão do problema ou possibilidade, visando a elaboração de propostas adequadas e que sejam soluções efetivas para o atendimento das metas, tanto de clientes quanto as especificações de projeto (ROZENFELD *et al.* 2006).

Na sequência das tarefas determinadas pelo PDP é necessário estabelecer o modelo funcional do produto, e nesta etapa será possível representar o produto através da definição de suas funcionalidades. Estas funcionalidades não irão restringir os estudos de indicação específica de solução, apenas será descrito o produto de uma forma abstrata e para cada função poderá ser trabalhado com uma ou mais propostas de solução (AMARAL, 2006).

O estudo e pesquisa por princípios de solução, para atender as funções determinadas na tarefa anterior, será o próximo passo no desenvolvimento do projeto. O autor indica algumas ferramentas para auxiliar na compilação dos dados estudados. A matriz morfológica é uma destas ferramentas de apoio e é aplicada para desdobrar de forma simples o problema, e assim buscar soluções por partes, estas soluções podem ser com concepção de componentes ou através da busca por componentes já existentes no mercado. Tendo as alternativas de solução para atender as funções que compõem a estrutura do produto, o próximo passo é escolher as soluções individuais e formar os princípios de solução totais (BACK, 2008).

Seguindo as orientações de Amaral (2006) e com as atividades citadas anteriormente percorridas, observando o ciclo de vida e as características críticas do produto será possível evoluir em variantes de concepção, possibilitando assim o detalhamento do produto e a verificação dos aspectos de custo, dimensões aproximadas, peso, formas de utilização.

### 2.3 ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS

A análise de elementos finitos tem várias aplicações na resolução de problemas de Engenharia. Amplamente utilizada para validações estruturais este método permite a aplicação de cargas em um componente modelado em software CAD e o retorno, calculado virtualmente por meio de equações diferenciais, das reações e concentrações de tensões no componente, possibilitando assim a alteração de design ou material, para que o componente

atinja as especificações a que foi concebido e não apresente falhas durante a sua vida (ALVES FILHO, 2012).

Com este método modelos físicos são substituídos por modelos matemáticos e as análises são executadas anteriormente a construção de modelos físicos, assim os custos para retrabalhos são reduzidos e a confiabilidade do componente elevada, pois mesmo que o modelo matemático guarde algumas aproximações em relação ao modelo físico original a solução é considerada exata (ALVES FILHO, 2012).

O componente ou elemento a ser analisado necessita ser dividido em subestruturas que recebem o nome de elementos finitos, através do software de FEA estes elementos e suas inter-relações são avaliados com o propósito de validação estrutural do componente. Como o resultado desta análise demonstra os pontos e regiões de concentração de tensão, é possível realizar as modificações no modelo do componente e designar a uma nova interação. Assim a produção de um modelo físico acontece somente após a validação virtual (SORIANO, 2003).

Para que as análises tenham um retorno confiável, as condições de contorno e a aplicação das cargas deve ser precisa, ou seja, o material deve ser determinado com exatidão e o conhecimento das cargas e ciclos a que o componente será exposto precisam ser conhecidas (SORIANO, 2003).

## 2.4 ERGONOMIA E SEGURANÇA NO TRABALHO

Os estudos no campo do conhecimento da ergonomia objetivam analisar a interação do trabalhador com o seu ambiente de trabalho, e possibilitam a definição das características do ambiente de trabalho, atividade executada, postura, e a adequação de dispositivos e ferramentas auxiliares. Iida (2005) indica que a ergonomia pode ser definida como a busca pela adequação do trabalho ao homem.

No ambiente de trabalho todas as características serão refletidas no trabalhador, um local adequado e que proporcione proteção irá refletir diretamente no desempenho e satisfação na execução das atividades. Estes fatores, na maioria das atividades, são relacionados ao ambiente onde o trabalho é realizado, a postura e os movimentos necessários, do trabalhador e a disponibilidade de ferramentas e dispositivos adequados para a execução das atividades (ALVAREZ, 1996).

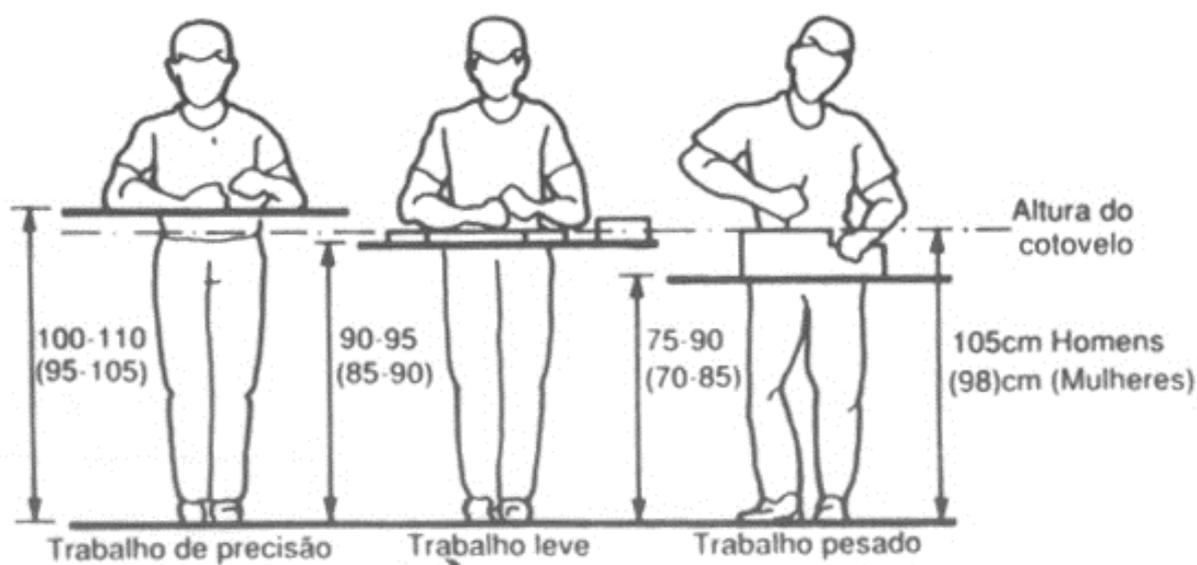
Ferramentas e dispositivos adequados visam proporcionar aos trabalhadores uma melhor postura para o desenvolvimento das atividades. Grandjean (1998) cita a biomecânica ocupacional como a parte da ergonomia e segurança no trabalho responsável pelos estudos da postura e relaciona o tipo de atividade com o grau de fadiga muscular.

Uma boa postura é definida na literatura como a posição do corpo que irá gerar o mínimo de sobrecarga, tendo um gasto energético baixo e máxima eficiência do ser humano no desempenho da atividade e indica também que a necessidade de variação de amplitude ou velocidade de movimentos pode identificar posturas desfavoráveis e de risco (GRANDJEAN, 1998).

Projetos inadequados de máquinas, ferramentas, bancadas de trabalho ou dispositivos podem obrigar os trabalhadores a assumir posições ergonômicas inadequadas, e estas, com longo período de exposição podem provocar dores, ou em casos extremos, lesões decorrentes da atividade (GRANDJEAN, 1998).

O autor indica ainda as alturas adequadas para cada tipo de atividade, considerando os trabalhos na posição em pé, conforme exposto na Figura 6.

Figura 6 – Alturas recomendadas para trabalhos em pé.



**Fonte:** Grandjean (1998)

## 2.5 VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO PRODUTO

As atividades de verificação e validação são etapas muito importantes no desenvolvimento de projetos, produtos podem apresentar restrições ou deficiências de qualidade, confiabilidade ou atendimento dos requisitos e isto pode acarretar em insatisfações funcionais, baixo desempenho, falhas, e decorrente de tudo isto, insatisfação do cliente com o produto. Assim atividades distintas são aplicadas para a verificação e validação de um

produto, onde o produto será exposto aos clientes e testado de forma a certificar o atendimento aos requisitos previamente definidos (ROZENFELD *et al.* 2006)

As atividades de validação serão completadas a fim de confirmar que o produto em desenvolvimento atenderá ao seu uso pretendido quando exposto as condições e no ambiente a que foi projetado, ou seja, a validação visa certificar que o produto atenda, e está de acordo, com as necessidades do cliente. A apresentação do produto, é na maioria dos casos, a forma usada para validação, onde o produto é exposto ao cliente e o mesmo indica se o projeto atende suas necessidades (BAXTER, 2003).

Para garantir que o produto está sendo construído corretamente as atividades de verificação são aplicadas. Atividades serão designadas e cada requisito e o produto será verificado a fim de garantir seus aspectos de durabilidade, funcionalidade, confiabilidade e segurança (BAXTER, 2003).

Os testes de verificação podem ser executados virtualmente, através de análises computacionais, e também após a construção de um modelo físico, denominado protótipo. Testes de componentes também são realizados a fim de se ter uma verificação específica, e estes testes pode apresentar inúmeras possibilidades, sendo realizados em ambiente controlado de laboratórios ou exposição no equipamento no ambiente real de uso (ROZENFELD *et al.* 2006).

A verificação virtual tem uma crescente aplicação, pois neste caso o modelo físico ainda não foi fabricado e os custos para retrabalhos são extremamente baixo se comparados aos custos com os testes de verificação de protótipos (ALVES FILHO, 2012).

Todos estes esforços visam garantir que o produto esteja de acordo com as necessidades do cliente, falhas e deficiências sejam encontrados antes da produção, e torne o produto confiável, diminuindo a probabilidade e custos decorrentes de garantias do produto (BAXTER,2003).

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS**

Para a execução da pesquisa foi aplicada a metodologia do PDP – Processo de desenvolvimento do produto, considerando somente as fases de Planejamento do Projeto, Projeto informacional e Projeto Conceitual. As demais etapas da metodologia não serão abordadas pois não estão englobadas na proposta inicial do estudo.

#### **3.1.1 Planejamento de projeto**

O planejamento do projeto determinará o passo inicial no desenvolvimento do produto, a definição do time de trabalho e indicação dos interessados do projeto deve ser a primeira etapa a ser concluída. Com o time de trabalho definido, reuniões para a formalização do projeto serão determinantes para a definição do escopo, este documento irá determinar de forma clara as intenções do projeto e formalizar a abertura do mesmo, para isso todas as áreas envolvidas precisam estar de acordo com as informações contidas neste documento. Com esta etapa concluída e o documento gerado e aprovado pela liderança do departamento pode-se avançar para a próxima fase do desenvolvimento.

#### **3.1.2 Projeto informacional**

Como forma de direcionar os trabalhos de desenvolvimento, algumas etapas são muito importantes no projeto de produto. Na fase do projeto informacional o primeiro passo indicado é a pesquisa e definição do ciclo de vida do produto onde fica definida a necessidade de pesquisar e determinar as fases da vida do projeto, bem como os clientes para cada uma destas fase do projeto.

A identificação das necessidades de cada cliente será o próximo passo, esta atividade será direcionada aos clientes finais do produto e visa determinar as especificações do mesmo. A coleta destas informações será executada em forma de grupo focado, onde questões diretas serão direcionadas aos técnicos do departamento e as informações coletadas serão dispostas para atender a atividade seguinte.

Munidos das informações coletadas com os clientes, o time de trabalho irá estabelecer os requisitos dos clientes. A disposição destes dados deve indicar as necessidade de cada cliente indicado no ciclo de vida do produto.

Com os requisitos dos clientes levantados e caracterizados o estudo é direcionado para a indicação dos requisitos de projeto, onde os requisitos oriundos dos clientes, e na maioria dos casos expostos de forma qualitativa, devem ser elaborados de forma técnica e quantitativa, permitindo assim a conferência e indicação de atingimento.

O diagrama de Mudge é uma das ferramentas indicadas para a hierarquização dos requisitos dos clientes. Esta ferramenta irá indicar, de forma decrescente, os aspectos de maior importância para o desenvolvimento do produto. Os requisitos são comparados em pares e um valor é associado a cada comparação, a soma destes valores indica a hierarquização dos requisitos dos clientes.

Após essa hierarquização valores meta serão associados a cada requisito e também a forma de validação para o atingimento destes valores será determinada, podendo assim certificar o atingimento das metas ao final do desenvolvimento.

Com estas etapas concluídas, e os documentos aprovados, o time de trabalho poderá dar seguimento ao processo e avançar para a fase seguinte.

### **3.1.3 Projeto Conceitual**

Nesta etapa os princípios de solução serão indicados e o produto passará a ganhar forma, as informações coletadas anteriormente servirão de base para estas definições e irão nortear as pesquisas desta fase.

A primeira etapa proposta pela metodologia é o estabelecimento da estrutura funcional do produto, com isto o time do projeto poderá descrever de forma abstrata a estrutura do produto sem restringir as pesquisas a soluções específicas.

De uma forma geral a estrutura funcional deve descrever as capacidades necessárias, ou desejadas, e que irão possibilitar ao produto, desempenhar as funções e objetivos determinados, bem como apresentar as características requisitadas pelos clientes.

A função global pode ser representada de forma a relacionar as entradas e saídas requeridas com a função principal do produto que está se desenvolvendo. Após a indicação da função global, esta precisa ser decomposta e as funções específicas serão indicadas.

Com as funções listadas, os trabalhos de pesquisa, para determinar as soluções devem ser iniciados. Estes princípios devem ser indicados e representados de forma aproximada, não tendo a necessidade de expor características específicas ou informações dimensionais.

A matriz morfológica é uma forma estruturada para a geração de alternativas de solução para as funções do produto, assim este método permite a combinação de parâmetros e a combinação destes irá prover a adequada solução para o problema do projeto.

As pesquisas serão realizadas de forma direta em busca de soluções já existentes no mercado e também a possível aplicação de itens existentes na empresa onde o projeto está sendo desenvolvido.

Tendo as propostas de solução definidas será necessário determinar a associação das soluções para atender as especificações e requisitos do cliente. Os possíveis itens informados na matriz morfológica devem ser analisados e confrontados com os requisitos do cliente e do projeto, afim de selecionar a proposta de solução que melhor se enquadre na concepção do produto.

Para a escolha da concepção do produto a matriz de decisão será aplicada. Com todos os requisitos listados, as propostas devem receber um valor para determinar o nível de importância para o produto, sendo que o mais importante deve receber o maior valor e aos demais a associação de valores em ordem decrescente. Após estes valores definidos as propostas de concepção devem ser comparadas, valores de 1 à 5 precisam ser determinados para cada proposta, onde 5 define o requisito de maior importância e 1 o requisito de menor importância. Com todos os valores determinados o somatório será realizado e o conceito com maior pontuação será o que melhor atenderá os requisitos do projeto.

A conclusão das etapas anteriores irá determinar a concepção do produto e a possibilidade de evoluir em suas variante, expondo a concepção do produto final.

### 3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para o modelamento do produto o software de CAD SolidWorks foi utilizado, bem como as análises estruturais do dispositivo foram realizadas no mesmo software. Informações relevantes para a análise estrutural foram coletadas em manuais dos equipamentos frontais do fabricante em questão.

## **4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **4.1 PLANEJAMENTO DO PROJETO**

Conforme previsto na sequência determinada pelo processo de desenvolvimento de produto, os trabalhos de desenvolvimento tiveram início com a determinação do time de projeto onde foram definidos os integrantes e também a responsabilidades de cada membro com o desenvolvimento do projeto conceitual exposto.

Com o time formado e as funções definidas, iniciaram-se as reuniões para definição do escopo do projeto, o qual torna o projeto claro e direciona os esforços da equipe para o atingimento do objetivo.

#### **4.1.1 Escopo do projeto**

Desenvolver o projeto conceitual de um dispositivo capaz de acondicionar, de forma segura e ergonômica, plataformas de corte e milho, afim de possibilitar os trabalhos de montagem e atualização destes equipamentos pelo departamento de Validação e Verificação.

O dispositivo deve acondicionar as plataformas em posição de colheita, ficando excluído dos estudos qualquer mecanismo de tombamento.

Com posse destas definições a proposta foi exposta as lideranças do departamento e aprovada para o seguimento dos trabalhos, assim possibilitando o avanço do projeto para a segunda fase do desenvolvimento.

### **4.2 PROJETO INFORMACIONAL**

#### **4.2.1 Pesquisa de informações sobre o tema do projeto**

A primeira atividade na fase do projeto informacional proposta pela metodologia indica a necessidade da definição do ciclo de vida do produto em desenvolvimento, desta forma o Quadro 1 indica este ciclo e também a relação de cada cliente, e em cada fase, no desenvolvimento do projeto.

Quadro 1 – Ciclo de vida do produto

Fases do ciclo de vida	Clientes	
	Internos	Externos
<b>Projeto</b>	Departamento de verificação e validação do produto	
<b>Testes</b>	Departamento de verificação e validação do produto	
<b>Produção</b>		Fornecedor de dispositivos
<b>Utilização</b>	Técnicos do departamento de verificação e validação	
<b>Descarte</b>	Técnicos do departamento de verificação e validação	Fornecedor de dispositivos

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Cada projeto possui seu próprio ciclo de vida, com base nas informações coletadas, tipo de produto e em projetos similares foram determinadas cinco fases para o ciclo de vida do projeto em questão, e estas fases foram relacionadas com os clientes, que serão denominados de clientes internos e clientes externos.

Na fase de projeto o departamento de verificação e validação foi determinado como cliente, bem como na segunda fase do ciclo de vida que serão os testes de aplicação e funcionalidade.

Como não foram disponibilizados recursos internos para a fabricação do dispositivo, ficou determinado que a fabricação será executada por empresa especializada e externa à empresa.

O desenvolvimento se faz necessário devido uma necessidade interna específica, sendo assim o departamento de verificação e validação do produto será o usuário do dispositivo e também responsável por determinar o final da vida útil, e esta tarefa será compartilhada com o fabricante do produto.

#### 4.2.2 Identificação das necessidades dos clientes

O processo para a identificação das necessidades dos clientes foi direcionada exclusivamente ao cliente final, neste caso os técnicos do departamento responsável pelos testes, pois o dispositivo servirá de auxílio às atividades diárias destes colaboradores. Dez técnicos do departamento foram reunidos e se formou um grupo de foco para coletar as informações e identificar as necessidades, todas as opiniões e requerimentos foram coletados e dispostos como fonte de dados para o seguimento do processo.

#### 4.2.3 Estabelecimento dos requisitos dos clientes

Com a atividade anterior concluída e as necessidades dos clientes levantadas, o próximo passo foi compilar estas informações, agrupar, e distribuir de forma ordenada os requisitos e necessidades dos clientes.

Os clientes indicados no Quadro 1 foram transcritos para o Quadro 2 e para cada um destes clientes, as necessidades foram indicadas, tendo assim uma forma organizada e as necessidades distribuídas conforme os clientes do produto, o que irá contribuir para o segmento do projeto e os trabalhos nas fases seguintes.

Quadro 2 – Requisitos dos clientes

<b>Clientes</b>	<b>Requisitos</b>
<b>Projeto</b>	Atenda a todos os modelos e tamanhos de plataformas; Livre de manutenção;
<b>Testes</b>	Resistência estrutural adequada; Funcional;
<b>Produção</b>	Fácil fabricação; Itens de prateleira;
<b>Utilização</b>	Colheitadeira deve posicionar a plataforma sobre o dispositivo; Deve ser móvel; Fácil adequação ao modelo da plataforma; Possibilitar a retirada da plataforma com a colheitadeira; Barra de corte deve ficar livre; Altura da barra de corte deve possibilitar os trabalhos em posição ergonômica; Funcional;
<b>Descarte</b>	Material reciclável;

**Fonte:** Elaborado pelo autor

#### 4.2.4 Definição dos requisitos do projeto

Como o produto não será disposto no mercado para comercialização e visa atender uma necessidade específica de um grupo fechado de clientes, os requisitos do projeto estarão diretamente ligados as necessidades expostas pelos clientes, desta forma nesta etapa o time de projeto analisou as informações coletadas anteriormente e trabalhou para tornar as necessidades oriundas do cliente em requisitos do projeto, trazendo para o âmbito técnico e buscando metas mensuráveis para os requisitos oriundos dos clientes.

O Quadro 3 indica os requisitos do projeto, bem como, na sequência do trabalho estes requisitos são explanados e as informações necessárias para a continuação das atividades é exposta.

Quadro 3 – Requisitos do projeto

<b>Requisitos do projeto</b>
Ser compatível e permitir o acondicionamento de plataformas de corte e milho de todos os modelos fabricados na unidade.
Suportar a carga dos equipamentos sem apresentar falhas
Deve permitir o posicionamento e a remoção da plataforma utilizando a colheitadeira
Tubo superior do chassi da plataforma deve ficar paralelo em relação a estrutura do dispositivo
Altura ergonômica da barra de corte, linhas de colheita

**Fonte:** Elaborado pelo autor

A planta fabril em questão produz dois modelos de plataformas de corte, sendo estas, plataformas de corte com transportador helicoidal e plataforma de corte com transportados por correias. Os modelos de plataformas com sem-fim apresentam duas variações relacionadas a flexibilidade da barra de corte, podendo ser rígida ou flexível.

Para as plataformas com transportados helicoidal os tamanhos podem variar de 20 a 35 pés, já as plataformas com transportador de esteiras são fabricadas nos tamanhos de 35 a 45 pés. O peso destas plataformas irá variar proporcionalmente ao seu tamanho de área de corte.

Outro modelo fabricado na unidade são as plataformas para a cultura de milho, e estas podem variar de 9 a 17 linhas de colheita, dependendo do seu espaçamento, da mesma forma existe a variação do peso conforme se incrementa os números de linhas de colheita.

A colheitadeira será o equipamento utilizado para posicionar e remover a plataforma do dispositivo. Para que esta operação seja possível o produto deve ter um vão central de 1,20m livre, local onde o alimentador do cilindro, conjunto da colheitadeira responsável por sustentar o equipamento frontal, irá atuar para proceder o posicionamento e retirada da plataforma do dispositivo.

É importante também que a plataforma seja disposta sobre o dispositivo e permaneça com o tubo superior do chassi em paralelo com a estrutura do dispositivo, assim viabilizando e acoplamento do alimentador do cilindro com a plataforma no momento da remoção do equipamento.

Para que o dispositivo seja funcional, a barra de corte ou linhas de colheita das plataformas necessitam estar livres e não devem ser apoiadas em qualquer suporte, possibilitando os trabalhos nos componentes deste conjunto.

Visando atender as regras ergonômicas, a altura do equipamento em relação ao solo deve ser de 75 à 90cm. Para o dispositivo esta altura será relacionada a distância entre a barra de corte, linhas de colheita, da plataforma em relação ao solo.

#### **4.2.5 Hierarquização dos requisitos do cliente**

Como forma de classificar os requisitos por sua importância para o desenvolvimento do projeto, o Diagrama de Mudge foi aplicado. Assim todos os requisitos foram analisados de forma comparativa entre eles, para tanto uma pontuação foi associada a cada requisito, sendo que a soma destas pontuações irá determinar a hierarquização dos requisitos do cliente.

Para esta análise as letras A, B e C foram associadas no comparativo entre os requisitos, indicando assim o quanto um requisito é mais importante que o outro. A letra “A” evidencia que o requisito é muito mais importante que o outro no comparativo, a letra “B” representa um requisito medianamente mais importante e a letra “C” pouco mais importante.

Valores associados a estas letras permitem uma soma das classificações e ranqueamento conforme o valor total. A Figura 6 demonstra a aplicação do Diagrama de Mudge.

Figura 7 – Diagrama de Mudge

ID	Requisitos
1	Atenda todos os modelos e tamanhos de plataforma
2	Livre de manutenção
3	Resistência estrutural adequada
4	Fácil fabricação
5	Itens de prateleira
6	Colheitadeira deve posicionar o equipamento sobre o dispositivo
7	Ser móvel
8	Fácil adequação ao modelo de plataforma
9	Colheitadeira deve retirar a plataforma do dispositivo
10	Barra de corte/linhas de colheita livres
11	Altura ergonômica da barra de corte/linhas de colheita
12	Funcional
13	Material reciclável

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Soma	%	VC
1	1A	3C	1B	1A	1B	1A	8B	1B	1B	11B	1A	1A	37	16%	1
	2	3A	4C	2B	6A	7C	8B	9A	10B	11B	12C	2B	3	1%	11
		3	3A	3A	3C	3B	3C	3C	3B	11C	3B	3A	33	15%	2
			4	4A	6B	7C	8C	9B	10B	11B	12B	4B	9	4%	9
				5	6A	7B	8B	9A	10B	11A	12B	5B	3	1%	11
					6	6A	6C	6/9C	6C	11B	6B	6B	26	12%	4
						7	8B	9A	10B	11C	12C	7A	10	4%	8
							8	9C	10C	11C	8B	8A	21	9%	6
								9	9C	11B	9B	9B	26	12%	4
									10	11B	10B	10C	17	8%	7
										11	11B	11B	32	14%	3
											12	13C	8	4%	10
												13	1	0%	13
													226	100%	

A	5	Muito mais importante
B	3	Medianamente mais importante
C	1	Pouco mais importante

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4 – Classificação dos requisitos do cliente

Classificação por importância	
1º	Atenda todos os modelos e tamanhos de plataforma
2º	Resistência estrutural adequada
3º	Altura ergonômica da barra de corte/linhas de colheita
4º	Colheitadeira deve posicionar o equipamento sobre o dispositivo
4º	Colheitadeira deve retirar a plataforma do dispositivo
6º	Fácil adequação ao modelo de plataforma
7º	Barra de corte/linhas de colheita livres
8º	Ser móvel
9º	Fácil fabricação
10º	Funcional
11º	Livre de manutenção
11º	Itens de prateleira
13º	Material reciclável

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.6 Definir especificações meta do produto

Com os requisitos ranqueados conforme a importância para o produto, nesta etapa as especificações meta do produto foram definidas e serão utilizadas nas etapas seguintes, servindo como base para o desenvolvimento do projeto.

Estes requisitos e suas especificações irão atuar como guia durante a geração de soluções para o problema do projeto. O Quadro 5 apresenta as especificações metas bem como os critérios de avaliação para o atendimento do objetivo e também indica os aspectos indesejados e que podem afetar os aspectos funcionais e de durabilidade do produto.

Quadro 5 – Especificações meta do produto

	Requisito	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos Indesejados
1	Atenda a todos os modelos de plataforma	Plataformas de corte - de 20 a 45 pés Plataformas de milho - de 09 a 17 linhas	Virtual	Interferência ou incompatibilidade com modelo de plataforma
2	Resistência estrutural adequada	Carga de 4500kg	FEA	Pontos de concentração de tensão no dispositivo
3	Altura ergonômica da barra de corte em relação ao solo	Entre 75 e 90cm	Virtual	Medida fora da faixa especificada
4	Colheitadeira deve posicionar e remover a plataforma do dispositivo	Vão livre de 1,20m para acesso do alimentador	Virtual	Geometria do dispositivo prover interferência com o alimentador do cilindro ou rodas da colheitadeira
5	Fácil adequação ao modelo de plataforma	Troca rápida, < 5min	Virtual	Suportes fixos com parafusos, uso de ferramentas para a troca
6	Barra de corte/linhas de colheita livre	Apoio no chassi	Virtual	Dificuldade de trabalhos na barra de corte
7	Ser móvel	Deslocamento do dispositivo, sem a plataforma, de forma manual	Virtual	Necessidade de equipamento especial para o deslocamento do dispositivo

Fonte: Elaborado pelo autor

#### **4.2.7 Avaliação e aprovação de fase**

As etapas propostas pela metodologia foram cumpridas até a presente etapa do projeto, logo, ao final da fase uma aprovação para a continuação dos trabalhos é requerida.

Os requisitos dos clientes, bem como as especificações meta do projeto estão definidas de forma clara e alinhadas as expectativas, sendo assim as informações coletadas até o momento foram expostas pelo time de projeto, e a aprovação para a continuidade dos trabalhos foi concedida. Logo os trabalhos terão continuidade nas demais fases propostas pela metodologia.

### **4.3 PROJETO CONCEITUAL**

Nesta etapa do projeto, as informações coletadas anteriormente, servirão de base para o desenvolvimento de uma proposta de solução para o produto em desenvolvimento, determinando assim o conceito final do produto.

#### **4.3.1 Verificação do escopo do problema**

Para possibilitar a adequação do dispositivo aos diversos tipos de equipamentos frontais fabricados na unidade, dados claros e diretos relacionados aos requisitos dos cliente e projeto foram levantados na etapa anterior do trabalho. As ferramentas aplicadas permitem a aquisição destes dados de forma a excluir preconceitos e preferências pessoais, tornando os dados confiáveis.

#### **4.3.2 Estabelecimento da estrutura funcional**

A atividade executada nesta etapa do projeto consiste em descrever as funções e as capacidades desejadas ou necessárias para que o produto final possa ser concebido de forma a desempenhar seus objetivos conforme as especificações. Na Figura 8 serão indicadas as funções do produto, ficando definida a função total e também as entradas e saídas para o produto em desenvolvimento.

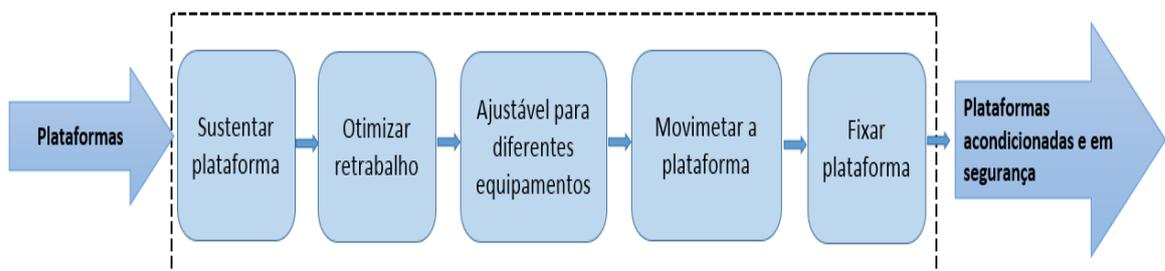
Figura 8 – Função global do dispositivo



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Com a decomposição da função global do produto, foi possível determinar e elaborar a sua estrutura simplificada, esta estrutura servirá de base para a determinação das soluções para a concepção do produto. A Figura 9 representa a esquematização da estrutura simplificada do dispositivo e indica que a função global foi decomposta em cinco funções específicas.

Figura 9 – Estrutura funcional



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Com as funções estruturadas, o próximo passo do desenvolvimento foi prover uma breve descrição para cada uma das funções listadas na estrutura funcional, possibilitando assim o preciso entendimento dos requerimentos e posteriormente os trabalhos nas propostas de solução para atender a cada uma das funções.

O Quadro 6 ilustrado na sequência traz a lista das funções e uma breve descrição para cada um dos requerimentos listados.

Quadro 6 – Descrição das funções

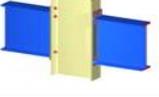
Função	Descrição
Sustentar a plataforma	O dispositivo deve ser estruturado para atender a carga peso das plataformas
Otimizar retrabalhos	Barra de corte deve permanecer livre
Ajustável	Permitir o acoplamento dos diversos tipos e modelos de equipamentos frontais
Movimentar a plataforma	Mobilidade do dispositivo para posicionamento
Fixar plataforma	Impedir movimentação do equipamento após disposição sobre o dispositivo

Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.3.3 Pesquisa dos princípios de solução

Nesta etapa os trabalhos foram direcionados a propor soluções para cada função determinada anteriormente, dando assim forma ao produto. A matriz morfológica foi aplicada e as possibilidades listadas no Quadro 7. A busca convencional e a consulta a itens já utilizados na empresa foram ferramentas de apoio para a definição das propostas de solução.

Quadro 7 – Matriz morfológica do dispositivo de acondicionamento para plataformas.

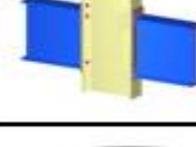
Funções	Matriz morfológica		
	1	2	3
Sustentar a plataforma			
Otimizar retrabalhos			
Ajustável			
Móvel			
Fixar equipamento			

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.3.4 Combinação dos princípios de solução

A matriz morfológica expõe os princípios de solução disponíveis para cada função, nesta atividade serão listados as propostas que mais se direcionam para o atendimento dos requisitos dos clientes, assim o Quadro 8 demonstra duas combinações possíveis para atingir os objetivos anteriormente propostos.

Quadro 8 – Princípios de solução

Funções	Matriz morfológica	
	1	2
Sustentar a plataforma		
Otimizar retrabalhos		
Ajustável		
Móvel		
Fixar equipamento		

**Fonte:** Elaborado pelo autor

A partir do levantamento das propostas de solução, os itens foram confrontados com os requisitos e especificações do projeto e algumas alternativas, que não apresentaram total compatibilidade com as especificações foram descartadas, além dos critérios e especificações levantadas na fase do projeto informacional, o custo, grau de tecnologia e a necessidade de recursos adicionais foram determinantes para a escolha das soluções.

Basicamente a diferença entre as duas concepções está na forma de ajuste para atender os determinados tipos de equipamentos frontais e também na solução para a fixação das plataformas sobre o dispositivo de acondicionamento. A solução para o ajuste na primeira alternativa acontece através de um sistema de encaixe possibilitando o deslocamento do suporte e posicionamento do mesmo, a segunda proposta trabalha com sistemas ajustáveis com fixação por parafusos. Para a proposta “1” a fixação ocorre através de um sistema de pino, similar ao sistema utilizado para fixar a plataforma a colheitadeira. Já na segunda proposta está fixação ocorre através de parafusos em “U”, capaz de fixar a plataforma a estrutura do dispositivo.

As demais propostas se mantiveram iguais para ambas as concepções, onde a estrutura do dispositivo de acondicionamento é composta por um chassi tubular e uniões soldadas. Os suportes para a plataformas ficaram definidos com perfil semicircular, que tem um perfeito encaixe com o chassi tubular cilíndrico dos equipamentos frontais. Os rodízios giratórios irão permitir o deslocamento do disposto em todas as direções e possibilitar o posicionamento do mesmo ao receber a plataforma, ficando definido da mesma forma para as duas concepções.

#### 4.3.5 Seleção das combinações

Como as duas propostas apresentam soluções que atendem aos requisitos e especificações do projeto e são classificadas como satisfatórias até o presente momento, é necessário definir qual a concepção que melhor atende as solicitações do projeto, assim o método utilizado para obter esta definição foi a matriz de decisão.

A opção por esta ferramenta se dá pela forma direta de comparação entre as concepções e também relacionados com os requisitos do cliente, logo apresentará a melhor concepção para o produto. O Quadro 9 expõe as comparações executadas e determina como melhor alternativa a concepção 1.

Quadro 9 – Matriz de decisão

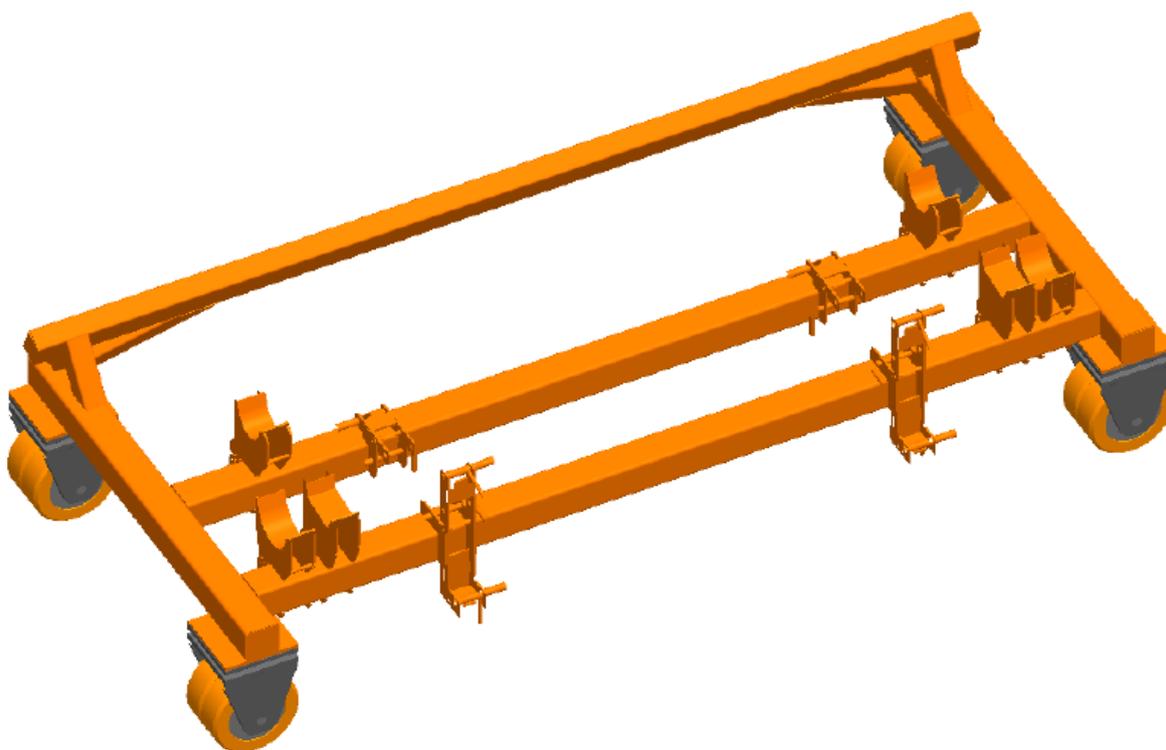
Requisitos	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2	
		Nota	Pond	Nota	Pond
Sustentar a plataforma	4	2	8	2	8
Otimizar retrabalhos	2	2	4	2	4
Ajustável	5	3	15	1	5
Móvel	1	3	3	3	3
Fixar equipamento	3	4	12	3	9
Total			<b>42</b>		<b>29</b>

**Fonte:** Elaborado pelo autor

#### 4.3.6 Evoluir em variantes de concepção

Com base nas informações coletadas até o momento e o desenvolvimento das etapas anteriores da metodologia definida, foi possível determinar e definir a concepção final do produto, atendendo plenamente a todos os requisitos e especificações do projeto. Assim a Figura 10 abaixo demonstra o esboço do produto.

Figura 10 – Dispositivo de acondicionamento de plataformas

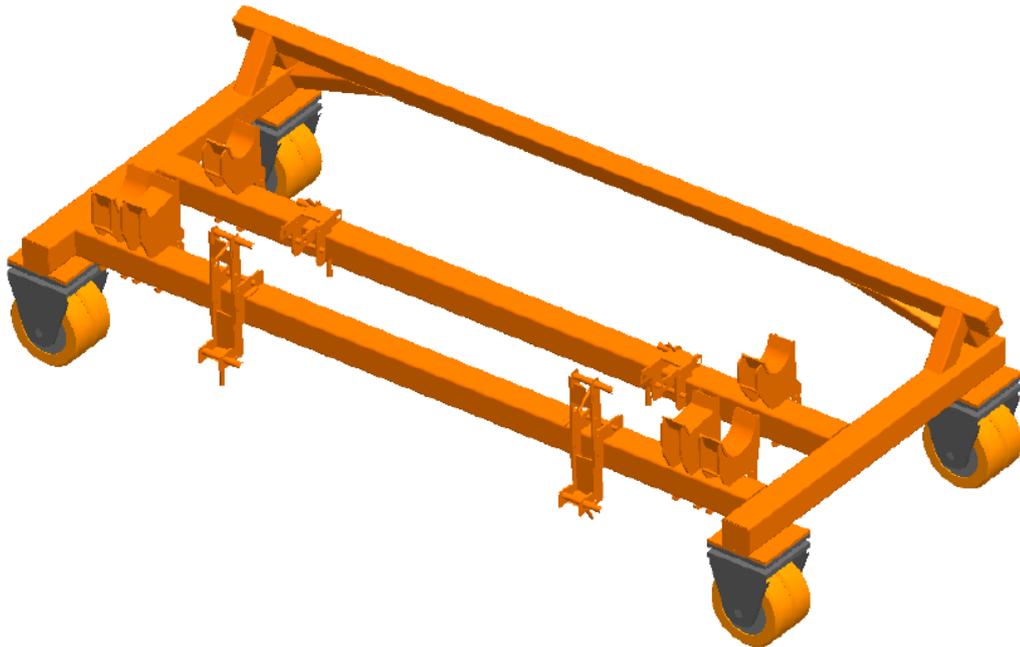


**Fonte:** Elaborado pelo autor

O dispositivo é composto basicamente por uma estrutura tubular soldada, suportes móveis para o assentamento das plataformas, sistema de fixação através de pinos e rodízios giratórios.

Na sequência, a Figura 11 demonstra os principais aspectos do produto, ficando claro a atendimento das funções, também informações básicas do produto serão demonstradas através de diferentes vistas.

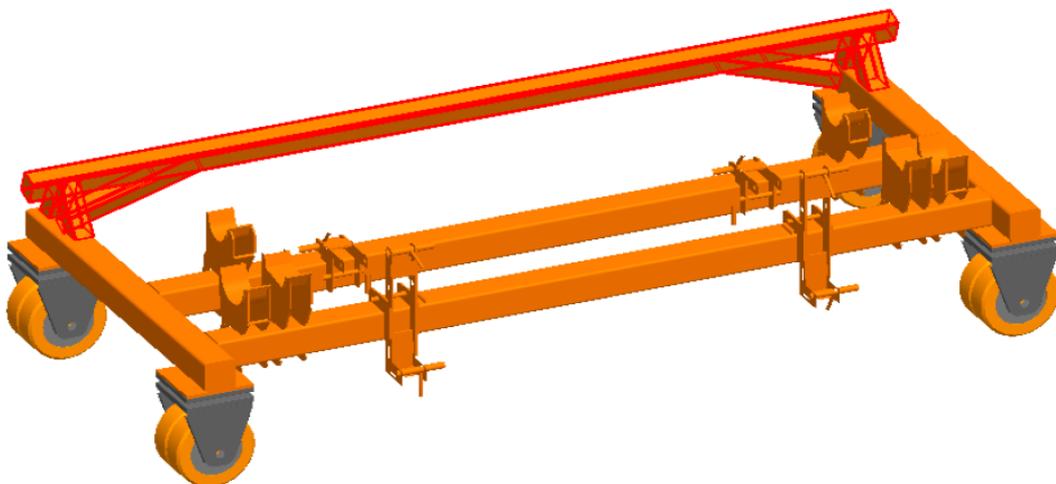
Figura 11 – Vista superior do dispositivo de acondicionamento para plataformas



**Fonte:** Elaborado pelo autor

O suporte fixo, conforme representado na Figura 12, é o componente responsável por apoiar os braços de flutuação ou linhas de colheita quando a plataforma estiver sobre o dispositivo, a posição do apoio foi determinada de forma a estabilizar o equipamento e possibilitar os trabalhos nos componentes da barra de corte ou linha de colheita. Outro limitante para o projeto deste suporte foi a altura da barra de corte em relação ao solo, visando atender as indicações de ergonomia para os trabalhos necessários no componente.

Figura 12 – Suporte fixo para apoio frontal



**Fonte:** Elaborado pelo autor

O dispositivo está preparado para receber três modelos de plataformas, como cada modelo possui suas particularidades estruturais e funcionais foi necessário a definição de três posições e três diferentes suportes conforme indicado na Figura 13. Os suportes serão utilizados conforme a plataforma que será acondicionada e será necessário remover os demais para evitar interferência com o equipamento. A partir deste princípio os suportes foram projetados para serem encaixados sobre a estrutura do dispositivo, proporcionando assim agilidade no posicionamento ou remoção dos mesmos, pois a operação pode ser realizada sem a necessidade de uso de qualquer ferramenta.

Figura 13 – Suportes móveis

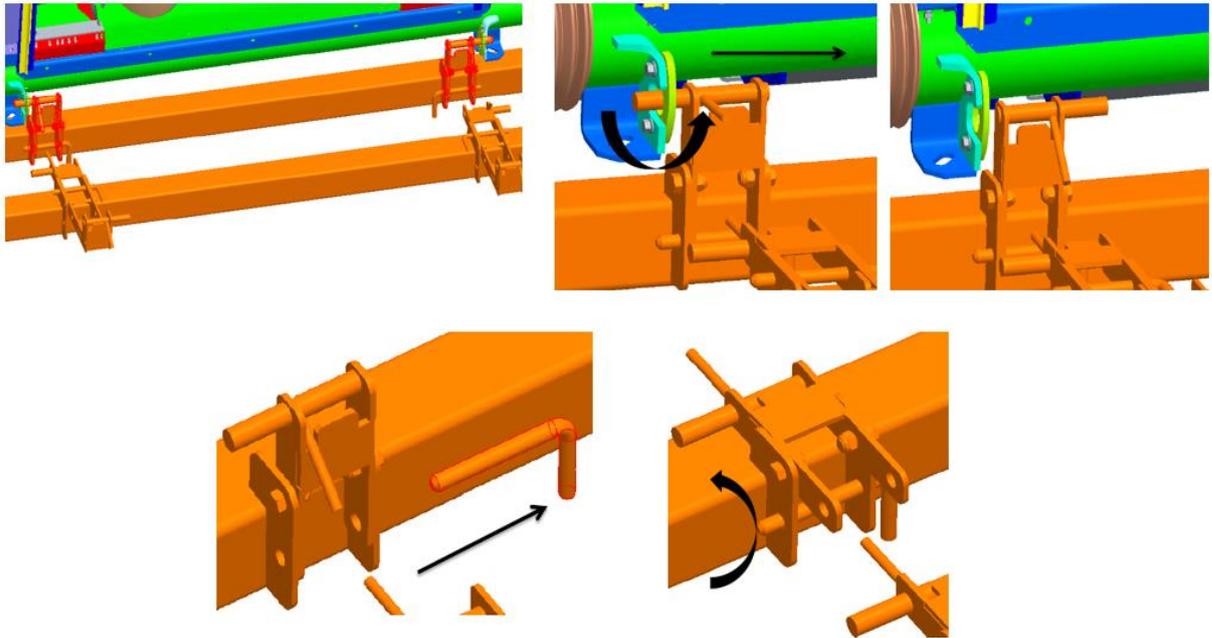


**Fonte:** Elaborado pelo autor

Um sistema de travamento através de pinos foi desenvolvido para garantir a fixação do equipamento ao dispositivo. A plataforma é fixada ao dispositivo da mesma forma utilizada na colheitadeira, onde pinos são estendidos no alimentador fixando a plataforma a este componente.

Os dispositivos de fixação são fixos ao dispositivo e possuem um sistema de basculamento, onde o suporte que não será utilizado ficará na posição horizontal e não irá interferir com o equipamento acondicionado no dispositivo. Detalhes do sistema de fixação estão representados na Figura 14.

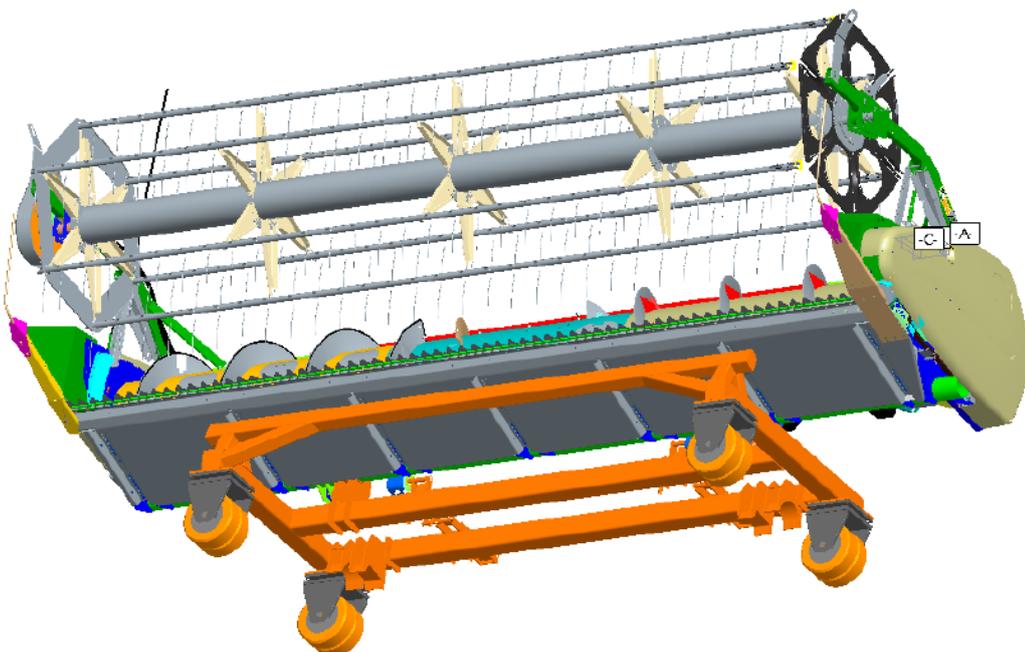
Figura 14 – Sistema de travamento



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A Figura 15 demonstra o posicionamento de uma plataforma de corte com transportados helicoidal acondicionada sobre o dispositivo. Para esta plataforma os suportes para o assentamento serão montados no tubo central da estrutura do dispositivo.

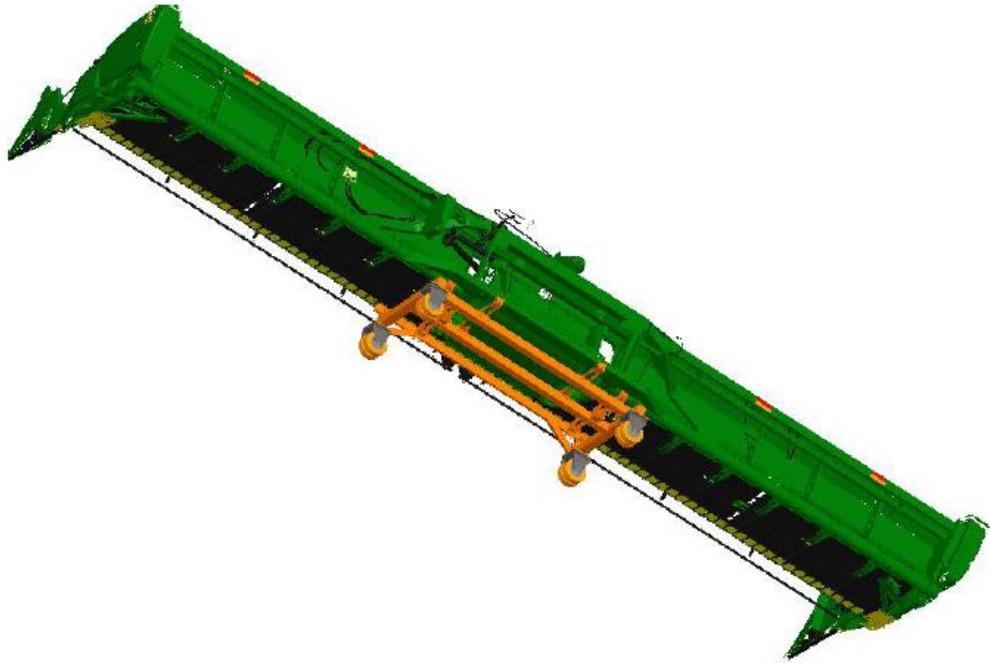
Figura 15 – Plataforma com transportador helicoidal sobre o dispositivo



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Para o acondicionamento de plataformas de corte com esteiras transportadoras os suportes de assentamento serão posicionados no tubo externo da estrutura do dispositivo, ficando posicionada conforme detalhado na Figura 16.

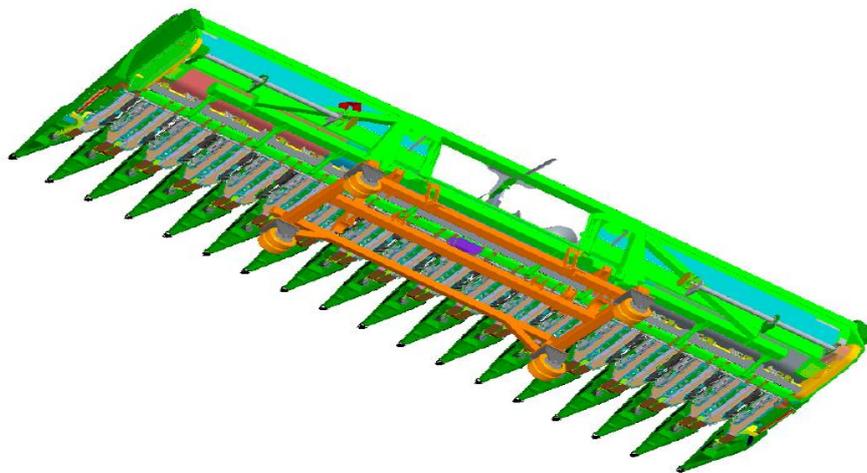
Figura 16 - Plataforma com esteiras transportadoras sobre o dispositivo



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A Figura 17 representa a plataforma de milho e seu posicionamento sobre o dispositivo, onde o tubo externo da estrutura é utilizado para o posicionamento do suporte de assentamento do equipamento.

Figura 17 – Plataforma de milho sobre o dispositivo

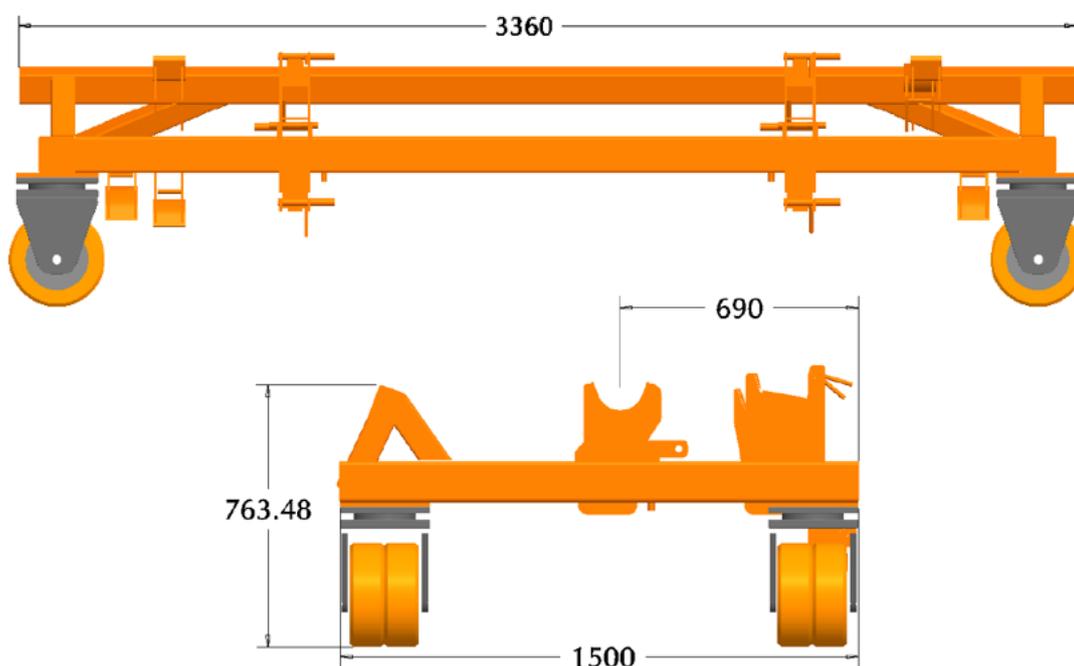


**Fonte:** Elaborado pelo autor

Com a concepção do modelo do dispositivo, vale demonstrar alguns pontos e dimensões relevantes. Estes pontos serão explanados a fim de documentar o direto realcionamento com as especificações e requisitos do projeto.

A Figura 18 indica as dimensões de largura, comprimento e altura do dispositivo, estas foram determinadas a fim de sustentar as plataformas de forma segura, sem a possibilidade de tombamento do dispositivo.

Figura 18 – Dimensões do dispositivo

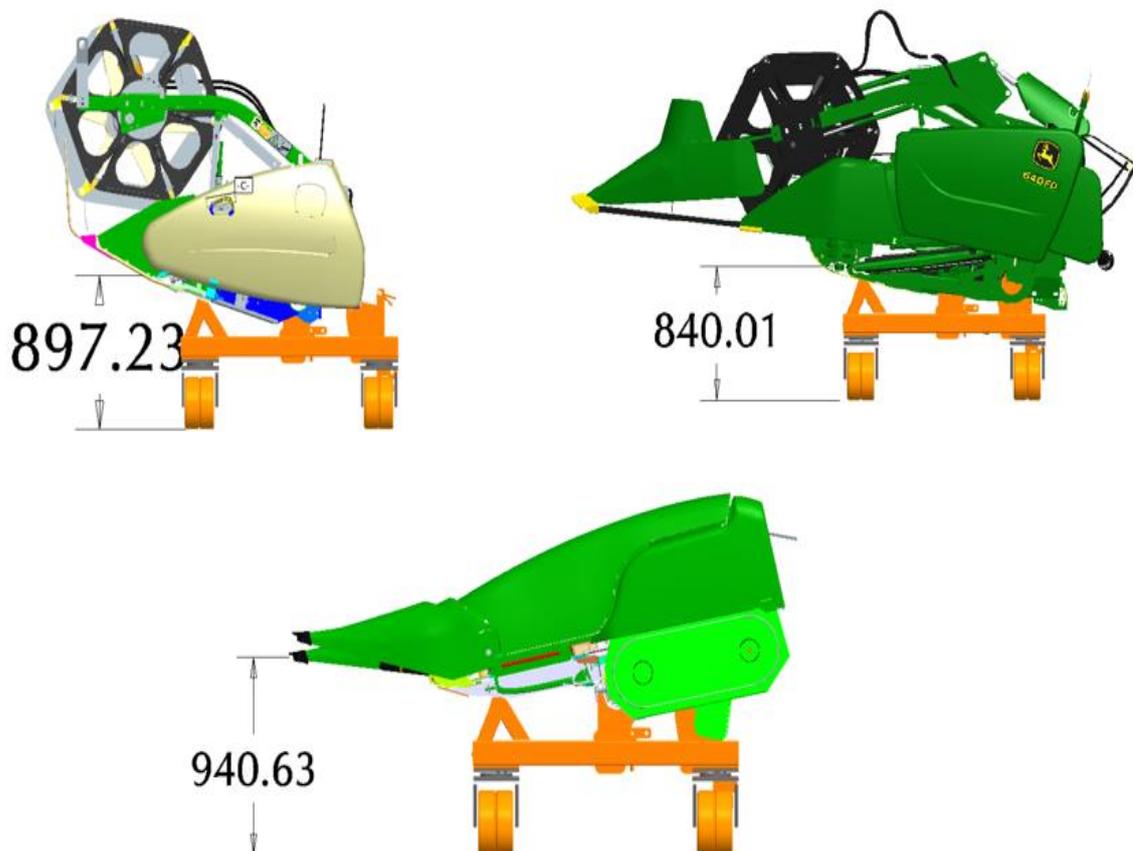


**Fonte:** Elaborado pelo autor

A posição da barra de corte ou linhas de colheita em relação ao solo também foi definida como um requerimento do projeto, onde esta dimensão deve ficar entre 750 e 900mm, a Figura 19 indica a altura resultante do projeto para cada equipamento disposto sobre o dispositivo.

A plataforma de milho apresenta uma medida superior a 900mm, porém esta medida tem como base os bicos divisores, e estes apresentam a possibilidade de regulagem de altura, logo, o modelo de plataforma apresentado esta com os bicos divisores na posição intermediária e não representa a menor dimensão em relação ao solo. Também a plataforma de milho apresenta o centro de gravidade deslocado ligeiramente no sentido das linhas e qualquer alteração no dimensionamento do suporte fixo pode gerar instabilidade do dispositivo. Com estas considerações, alterações neste componente estão descartadas.

Figura 19 – Altura do equipamento em relação ao solo



**Fonte:** Elaborado pelo autor

#### 4.3.7 Avaliação e aprovação da fase

Com a concepção definida e os modelos gerados, foi possível expor o projeto aos clientes, e com isso determinar a possibilidade da sequência e atingimento das metas e requisitos do projeto.

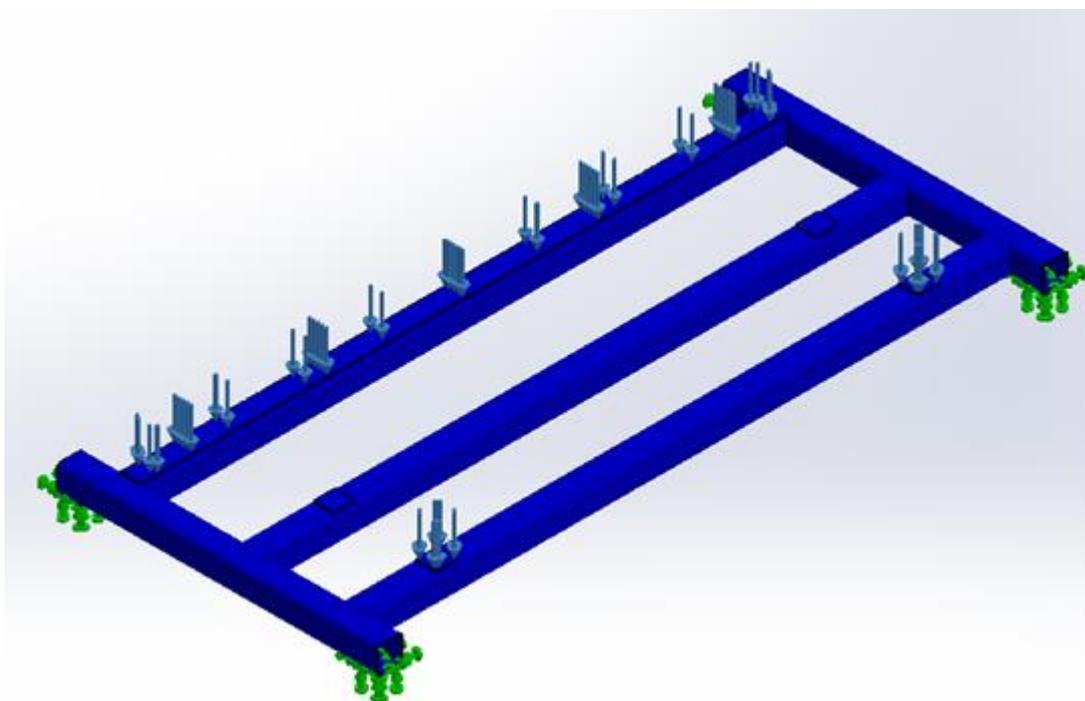
O dispositivo atende a todos os equipamentos frontais fabricados na unidade e tem um projeto simples e funcional, o projeto utiliza materiais e componentes existentes na cadeia de suprimentos do fornecedor e não será necessário qualquer incremento de operação ou material para a fabricação do dispositivo.

Sendo assim, com todas as etapas anteriores concluídas, e tendo a concepção do produto alinhada aos requisitos dos clientes e projeto, a etapa do projeto conceitual foi aprovada.

#### 4.4 ANÁLISE ESTRUTURAL

Com o conceito do dispositivo definido, foi possível criar a malha e estimar a distribuição do peso da plataforma sobre o dispositivo. Com esta estimativa foram criados os pontos para a aplicação das cargas conforme indicado na Figura 20, sendo na parte inferior a concentração de cargas nos pontos de apoio da plataforma e na parte frontal a carga foi distribuída por toda a extensão do tubo, conforme apoio dos braços de flutuação ou linhas de colheita.

Figura 20 – Distribuição das cargas

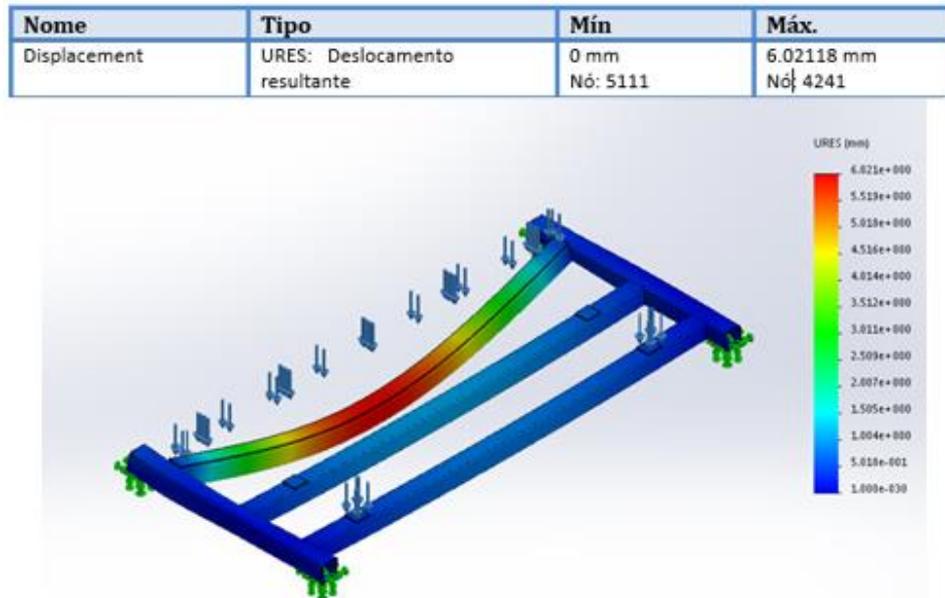


**Fonte:** Elaborado pelo autor

Para a análise de deformação e concentração de tensão foi aplicado uma carga de 55000 Nm, sendo que a maior plataforma fabricada na unidade apresenta um peso equivalente a 4500 kg, tendo assim a possibilidade de adequar o dispositivo a alterações que possam sofrer os equipamentos.

A deformação total pode ser observada na Figura 21. Com a aplicação da carga o ponto central do dispositivo teve uma flexão, apresentando deformação máxima de 6mm. Possivelmente esta deformação não terá influência na estrutura do dispositivo, uma vez que a carga aplicada pode apresentar variações devido a largura da plataforma, porém em caso de fabricação do dispositivo é um ponto a ser observado.

Figura 21 – Análise de deformação

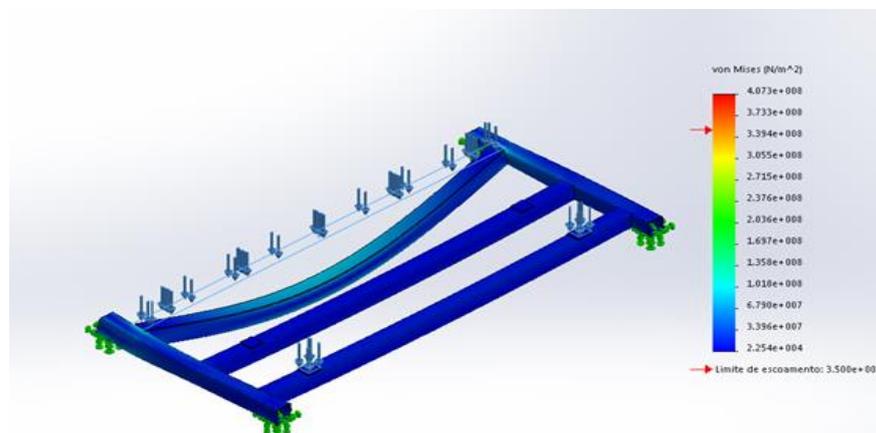


**Fonte:** Elaborado pelo autor

A próxima análise executada, representada na Figura 22, representa a concentração de tensão nos pontos de aplicação das cargas, esta análise representa a capacidade do dispositivo em suportar as plataformas sem apresentar falhas como quebras ou trincas, ou seja, define se o material utilizado para a fabricação do produto esta de acordo com as necessidades se tratando de verificação estrutural.

O material definido para a construção do dispositivo apresenta tensão de escoamento de 350 MPa, a análise executada retornou um valor de tensão próximo a 200 MPa de tensão, assim o dispositivo irá atender perfeitamente a proposta e esta validado para a aplicação.

Figura 22 – Análise de tensão



**Fonte:** Elaborado pelo autor

## CONCLUSÃO

A proposta deste trabalho foi o desenvolvimento do projeto conceitual de um dispositivo capaz de acondicionar plataformas de corte e de milho de forma a possibilitar montagens e retrabalhos sem a necessidade de movimentação do equipamento sobre o dispositivo, ficando determinado também a necessidade de ter os trabalhos de acomodação e retirada da plataforma do dispositivo, executados pela colheitadeira.

O direcionamento do desenvolvimento e a definição das propostas para a concepção final do produto teve como base as necessidades e requerimentos dos clientes, possibilitando assim a validação da concepção e o atendimento a todos os requisitos determinados, onde a plataforma ficará acondicionada sobre suportes específicos para cada modelo, e com a barra de corte totalmente livre para execução de trabalhos de forma segura e em posição ergonomicamente correta.

A estrutura do dispositivo é capaz de suportar as cargas necessárias, tendo como base os pesos das plataformas existentes, e também um sobre peso foi considerado para a verificação, visando a possibilidade de expansão na linha de produtos da empresa ou incremento no tamanho das plataformas.

Da forma como projetado o produto, a colheitadeira será capaz de posicionar e remover as plataformas do dispositivo sem qualquer interferência, uma vez que a estrutura é tubular e todos os suportes de apoio da plataforma estão posicionados na parte inferior do equipamento.

A obtenção dos resultados esperados foi direcionada através da aplicação da metodologia do processo de desenvolvimento de produto, bem como a utilização das ferramentas indicadas por ela.

Com isso, o desenvolvimento do trabalho possibilitou o aprimoramento dos estudos desenvolvidos durante o curso e a aplicação deste conhecimento para a concepção do produto, tornando claro as possibilidades da área de projeto e evidenciando a possibilidade de busca por maiores conhecimentos nesta vasta área da Engenharia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, B. R. **Qualidade de vida relacionada à saúde de trabalhadores**. Dissertação. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 1996.
- ALVES FILHO, A. **Elementos Finitos: a base da tecnologia CAE**. 5. ed. São Paulo: Editora Érica LTDA, 2012.
- AMARAL, D. C. et. al. **Gestão de desenvolvimento do produto**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- BACK, N. et al. **Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem**. São Paulo: Manole, 2008.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990.
- BAXTER, M. **Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2003.
- GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. São Paulo Blucher, 2005.
- JOHN DEERE. **Banco de imagens. Documentação**. Disponível em:  
< [https://www.deere.com.br/pt\\_BR/products/equipment/grain\\_harvesters/platforms](https://www.deere.com.br/pt_BR/products/equipment/grain_harvesters/platforms) >.  
Acessado em: (25/10/2016).
- JUNG, C. G. **Metodologia para pesquisa e desenvolvimento – Aplicada a novas tecnologias**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2004.
- ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L. da; ALLIPRANDINI, D. H. e SCALICI, R. K. **Gestão de desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.
- SANTOS FILHO, A. G; SANTOS J. E. G. G. **Apostila de Máquinas Agrícolas**. Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2001.
- SILVEIRA, G. M da. **Máquinas para Colheita e Transporte**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.
- SORIANO, H. L. e SOUZA LIMA, S. de, **Método de Elementos Finitos em Análise de Estruturas**. Vol. 48. EDUSP, 2003.