



Cristian Dorlei Paluchowski

**DESENVOLVIMENTO DO PROJETO CONCEITUAL DE UM
TANQUE GRANELEIRO PARA COLHEITADEIRAS 1470
JOHN DEERE**

Horizontina

2012

Cristian Dorlei Paluchowski

**DESENVOLVIMENTO DO PROJETO CONCEITUAL DE UM
TANQUE GRANELEIRO PARA COLHEITADEIRAS 1470
JOHN DEERE**

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

ORIENTADOR: Cesar Antonio Mantovani, Mestre.

Horizontina

2012

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**DESENVOLVIMENTO DO PROJETO CONCEITUAL DE UM
TANQUE GRANELEIRO PARA COLHEITADEIRAS 1470
JOHN DEERE**

Elaborada por:

Cristian Dorlei Paluchowski

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

**Aprovado em: 27/11/2012
Pela Comissão Examinadora**

**Me. Cesar Antonio Mantovani
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Me. Ricardo Severo
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Me. Catia Raquel Felden Bartz
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Mestre. Anderson Dal Molin
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica - FAHOR**

**Horizontina
Ano**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, Dirselei Teresinha Paluchowski, pelo incentivo e carinho incondicional que recebi durante toda a minha vida.

AGRADECIMENTO.

Aos meus pais, Janio e Dirselei, aos meus irmãos Camila e Gustavo, por todo apoio que tenho recebido em todas as etapas que passei em minha vida;

A minha namorada Viviane, que ao meu lado demonstrou compreensão e apoio durante os difíceis momentos dedicados aos estudos e elaboração desse trabalho, assim como nos demais momentos de minha vida;

Ao Professor Orientador Cesar Antonio Mantovani, pelo apoio e paciência na orientação do projeto, junto o grande conhecimento repassado sobre Projeto de Produto;

A todos os professores da FAHOR que passaram por minha vida acadêmica, e que contribuíram de alguma forma para o meu aprendizado;

A John Deere e a todos os profissionais que nela trabalham que contribuíram com dados para elaboração do trabalho;

Aos amigos e colegas que pude contar com a amizade e apoio durante minha formação, em especial, Lisandro Schmidt, Leonardo Rodrigues, Renan Tassinari, Matias Steffenello e Francine Steffenello.

“Ser o mais rico do cemitério não é o que mais importa para mim. Ir para a cama à noite e pensar que foi feita alguma coisa grande, isso é o que mais importa para mim”.

Steve Jobs

RESUMO

A constante busca de obter maior representatividade no mercado é almejada sempre por grandes indústrias, dessa forma a John Deere busca constantemente adequar seus produtos e processos às melhores práticas inovadoras e tecnológicas, sempre com o objetivo de aumentar a rentabilidade e conseqüentemente a satisfação do seu cliente. Para tornar realidade tais ambições buscam-se saber através de pesquisas de campo o que exatamente o cliente quer e mais necessita. Em busca de maximizar os requisitos identificados, o presente projeto consiste no relatório de desenvolvimento de um tanque graneleiro com capacidade e conceito superior ao que se apresenta nas máquinas John Deere modelo 1470. O projeto se destina especificamente a um modelo de máquina e tem como principal objetivo armazenar maior volume de grãos na colheita, assim proporcionando um número menor de paradas para realizar o descarregamento dos grãos. Ao longo do trabalho são mostrados referenciais que relatam detalhes pertinentes ao processo de colheita e armazenagem de grãos, assim como a metodologia utilizada para a realização desse projeto, onde foi aplicada a fim de se obter a concepção final do produto. Serão aplicadas ferramentas que auxiliarão na obtenção de resultados que melhor se adaptem as necessidades dos clientes, tendo como exemplo o Diagrama de Mudge e a Casa da Qualidade. Os estudos e análises realizados em cada fase são constantemente avaliados a fim de se obter um constante alinhamento entre as fases. Assim tendo como resultado um tanque graneleiro, onde de acordo com o seu conceito, demonstra capacidade de armazenamento superior ao produto corrente.

Palavras chaves:

tanque graneleiro, grãos, projeto de produto.

ABSTRACT

The constant quest to achieve greater representation in the market is always desired by large industries, so John Deere constantly seeking to adapt its products and processes to best practices and innovative technology, always with the objective of increasing profitability and therefore the satisfaction of its customer . To realize such ambitions seek to learn through fieldwork exactly what the customer wants and needs most. In seeking to maximize the identified requirements, this project consists of the grain tank development report with with capacity and concept better than what is presented on the machines John Deere model 1470. The project is intended specifically for a machine model and its main goal storing grain tank at harvest, thus providing a lower number of stops to perform the unloading of grain. Throughout the work are shown benchmarks that report details relevant to the process of harvesting and grain storage, as well as the methodology used to conduct this project, which was applied in order to obtain the final design of the product. Will apply tools that will assist in achieving results that best fit the needs of customers, taking as an example the diagram Mudge and the House of Quality. Studies and tests conducted at each phase will be constantly evaluated in order to obtain a constant alignment between the phases. Thus resulting grain tank, where according to the concept, shows higher storage capacity than the product stream.

Keywords:

grain tank, grain, product project

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ângulo de repouso	5
Figura 2 - Principais componentes de uma colheitadeira 1470 John Deere	6
Figura 3 - Processo de desenvolvimento do produto	10
Figura 4 - Tópicos orientativos para avaliação e aprovação de fase	15
Figura 5 - Tarefas e processos envolvidos na análise funcional do produto	17
Figura 6 - Diagrama de Mudge 24	
Figura 7 - QFD (Casa da qualidade)	25
Figura 8 - Função Global do tanque graneleiro	29
Figura 9 - Estrutura funcional simplificada	30
Figura 10 - Estrutura funcional I	30
Figura 11 - Estrutura funcional II	31
Figura 12 - Concepções alternativas	35
Figura 13 - Concepções alternativas	36
Figura 14 - Esboço da concepção final do projeto	38
Figura 15 - Vistas laterais do esboço	38
Figura 16 - Composição do tanque graneleiro	39
Figura 17 - Vista lateral do interior do tanque graneleiro	40
Figura 18 - Sistema de descarga	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ciclo de vida do produto.....	20
Quadro 2 - Requisitos dos clientes.....	22
Quadro 3 - Requisitos do Projeto.....	23
Quadro 4 - Classificação dos Requisitos dos clientes em ordem de importância	24
Quadro 5 - Terço superior.....	26
Quadro 6 - Terço Médio	27
Quadro 7 - Terço inferior	27
Quadro 8 - Descrição das Funções.....	32
Quadro 9 - Matriz Morfologia do tanque graneleiro	33
Quadro 10 - Princípios de soluções	34
Quadro 11 - Matriz de decisão	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 NOÇÕES SOBRE COLHEITA DE CEREAIS	3
2.1.1 CUIDADOS COM OS GRÃOS.....	3
2.1.2 COLHEITA DE CEREAIS.....	5
2.1.3 FUNCIONAMENTO DA COLHEITADEIRA	6
2.1.4 CLASSIFICAÇÃO DAS COLHEITADEIRAS	7
2.2 ARMAZANAGEM DE CEREAIS.....	7
2.2.1 ARMAZENAMENTO DE CEREAIS NA COLHEITADEIRA.....	8
2.2.2 CONSTITUIÇÃO DE UMA UNIDADE DE ARMAZENAMENTO.....	8
2.3 SEGURANÇA EM COLHEITADEIRAS	9
3. METODOLOGIA.....	10
3.1 PROJETO INFORMACIONAL.....	11
3.1.1 PESQUISAR INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO	12
3.1.2 IDENTIFICAR NECESSIDADES DOS CLIENTES.....	12
3.1.3 ESTABELECEER OS REQUISITOS DOS CLIENTES	13
3.1.4 DEFINIR OS REQUISITOS DO PROJETO.....	13
3.1.5 HIERARQUIZAR OS REQUISITOS DO PROJETO.....	14
3.1.6 ESTABELECEER AS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO.....	14
3.1.7 AVALIAR E APROVAR FASE.....	15
3.2 PROJETO CONCEITUAL	15
3.2.1 VERIFICAR O ESCOPO DO PROBLEMA.....	16
3.2.2 ESTABELECEER A ESTRUTURA FUNCIONAL.....	16
3.2.3 PESQUISAR POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	17
3.2.4 COMBINAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	17
3.2.5 SELECIONAR COMBINAÇÕES	18
3.2.6 EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO	18
3.2.7 AVALIAR E APROVAR FASE.....	19
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	20
4.1 PROJETO INFORMACIONAL.....	20
4.1.1 PESQUISA DE INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO	20
4.1.2 IDENTIFICAÇÃO NECESSIDADES DOS CLIENTES	21
4.1.3 ESTABELECIMENTO DOS REQUISITOS DOS CLIENTES.....	21
4.1.4 DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DO PROJETO.....	22
4.1.5 HIERARQUIZAÇÃO DOS REQUISITOS DO PROJETO.....	23
4.1.6 ESTABELECIMENTO DAS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO.....	26
4.1.7 AVALIAÇÃO E APROVAÇÃO DA FASE.....	27
4.2 PROJETO CONCEITUAL	28
4.2.1 VERIFICAÇÃO DO ESCOPO DO PROBLEMA.....	28
4.2.2 ESTABELECIMENTO DA ESTRUTURA FUNCIONAL.....	29
4.2.3 PESQUISA DOS PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO.....	32
4.2.4 COMBINAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO.....	34
4.2.5 SELEÇÃO DAS COMBINAÇÕES	37
4.2.6 EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO	37

4.2.7 AVALIAÇÃO E APROVAÇÃO DA FASE	41
CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
APÊNDICE A	46

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade a constante busca de mercado e aumento de vendas está cada vez mais presente nas empresas, por esse motivo há uma grande busca em aprimoramento e melhoria de desempenho dos produtos oferecidos por essas empresas.

Nesse contexto a empresa John Deere busca aumentar sua participação no mercado, mas para isso precisa fazer com que seus produtos, nesse caso colheitadeiras, ofereçam mais vantagens e por consequência maior retorno aos clientes. Com o grande avanço tecnológico e informacional da agricultura as máquinas estão sempre necessitando melhorias, pois o agricultor quer colher mais em menos tempo, e ainda com o menor número de paradas.

Para diminuir o número de paradas no campo é necessário aumentar a capacidade de armazenamento da colheitadeira, para que então ela suporte maior quantidade de grãos. Uma vez que a mesma possa dispor maior volume do cereal em seu interior, poderá ficar mais tempo colhendo na lavoura, sem precisar descarregar num segundo recipiente.

O tanque graneleiro é o componente responsável em reter todo grão que é processado na colheitadeira, então para que a capacidade de armazenamento seja maior, é necessário desenvolver um tanque graneleiro maior. Porém não basta apenas modificar as dimensões do tanque, é preciso garantir que nova geometria dele irá alocar de forma uniforme e satisfatória tais cereais.

Como passo inicial, o desenvolvimento do projeto conceitual dará condições para que se possa avaliar questões relacionadas à técnica e economia da ampliação do tanque de armazenagem, permitindo que a empresa possa definir pela sua implementação ou não, de acordo com os resultados apresentados.

Por outro lado, o trabalho a ser desenvolvido permitirá a aplicação de conhecimentos obtidos ao longo do curso de Engenharia Mecânica cumprindo assim com os objetivos de trabalho final de curso.

O tema desse trabalho caracteriza-se em projetar um tanque graneleiro para colheitadeiras automotrizes a fim de garantir maior capacidade de armazenamento dos cereais que nele serão dispostos, prezando a maior eficiência da colheitadeira em que o mesmo estiver operando.

Essa baixa capacidade implica diretamente em sua autonomia e por consequência diminui o rendimento da colheita. Uma vez que resulta das limitações

atuais impostas pelo dimensionamento atual do tanque de armazenamento de grãos, que hoje comporta um volume útil de 6000 litros.

Análises já realizadas sobre a máquina mostram que a Colheitadeira em questão possui capacidade estrutural e potencial de comportar um tanque, ou qualquer recipiente do tipo, com volume de até 9000 litros.

Levando-se em consideração essas afirmações define-se como problema a ser resolvido por esse projeto, a necessidade de ampliação da capacidade de armazenamento de grãos que deverá garantir um volume útil de 8000 litros.

Com base nas informações já levantadas esse trabalho leva como objetivo geral desenvolver o projeto conceitual de um tanque graneleiro para colheitadeiras, a fim de aumentar a capacidade de armazenamento de cereais de 6000 litros para 8000 litros.

Como objetivos específicos, têm-se: Definir os requisitos do novo projeto, pesquisar e identificar diferentes formas de armazenamento de grãos em colheitadeiras, selecionar o melhor conceito para o sistema de armazenamento de cereais e elaborar os modelos virtuais e desenhos do novo conceito.

A principal hipótese do trabalho é de que a elaboração do projeto de um novo conceito para o tanque de armazenagem será capaz de ampliar a capacidade de armazenamento. Também como segunda hipótese estima-se que o novo conceito deve seguir o conceito de geometria equivalente ao atual, onde possui fundo em "V", assim garantirá maior capacidade de armazenamento.

Então para que se atinjam os resultados esperados, assim como os objetivos já propostos, esse trabalho terá início com o levantamento de informações já existentes no mercado, descritos no capítulo de revisão da literatura. No capítulo destinado à metodologia será relatada a estrutura e seqüência cronologia do desenvolvimento desse projeto, assim por fim dar forma ao conceito mais apropriado.

No capítulo destinado a apresentação dos resultados, apresenta-se o desenvolvimento do novo conceito com suas fases e etapas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão relatadas informações obtidas das mais diversas literaturas relacionadas ao manejo e armazenamento de grãos, a fim de garantir o adequado embasamento para o desenvolvimento do projeto em questão.

2.1 NOÇÕES SOBRE COLHEITA DE CEREAIS

O grão é um organismo vivo, que tem como finalidade se germinar formando uma nova planta. Sendo assim durante a armazenagem, onde ele se encontra em vida latente, respirando, poderá germinar, dependendo das condições que se encontrar (MILMAN, 2002).

2.1.1 Cuidados com os grãos

A qualidade dos grãos somente será obtida se forem tomadas medidas adequadas, através de normas corretas de procedimento e treinamento de pessoal em todas as áreas do ciclo produtivo, desde os cuidados com a lavoura, com a forma da colheita com o mínimo dano mecânico e com a mínima perda, observada, para isto, a umidade ideal de colheita, indicada para cada grão. Não é possível transformar a lavoura em um secador, pois enquanto a umidade vai caindo, a infestação vai aumentando, acompanhada de perda de matéria seca (MILMAN, 2002).

Segundo Carlito (2007), a determinação das propriedades físicas do produto armazenado é o primeiro passo na realização de um projeto de uma unidade de armazenamento para tal, são elas:

Peso específico - O peso específico de um produto é afetado pelo nível de tensão atuante no ponto considerado. Ele depende se o produto possui alto grau de compactação, pois se a dependência existir, provavelmente, terá um peso específico em função do grau de compressibilidade do produto.

Compactação - É um processo artificial pelo qual a densidade do produto é elevada através de impacto, rolagem, vibração e pressão vertical. Ele é muito importante, pois influencia consideravelmente no fluxo e nas pressões quando o produto é armazenado.

Compressibilidade - a compressibilidade, ou consolidação, é a medida da mudança de volume do sólido causado pela mudança nos componentes de tensões atuantes, ou seja, é a capacidade que o grão tem de comprimir quando exercido

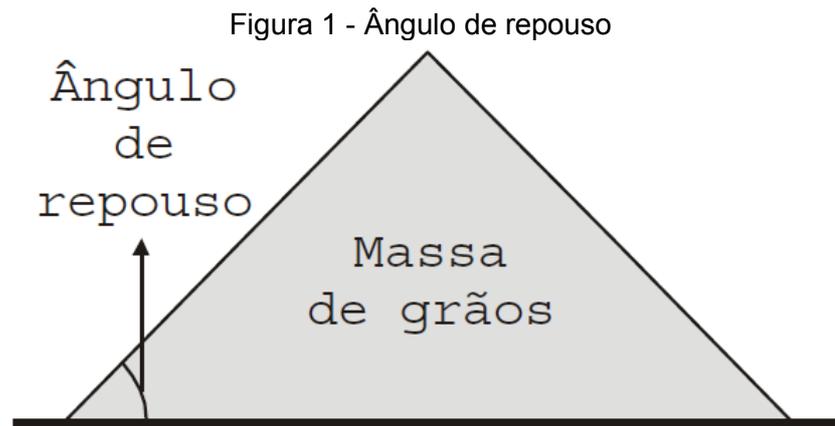
determinada tensão sobre ele. Quanto maior a tensão maior a compressibilidade, até se estabilizar, quando a tensão atingir o limite máximo de compressibilidade.

Tamanhos das partículas - Materiais granulares são geralmente não-coesivos e de fluxo livre. A maioria apresenta características de dificuldade de fluxo devido à coesão. Um dos fatores que contribuem para isso é a presença de pó, e é definida pelo ensaio granulométrico.

Degradação - A degradação, usualmente, ocorre durante o enchimento da unidade armazenadora, embora, em muitos casos, ocorra durante o esvaziamento. Desta forma, alguns produtos que apresentam torrões ou partículas frágeis, podem quebrar ou reduzir de tamanho, como resultado de impacto, agitação ou atrito entre os grãos.

Corrosão – Determinados produtos atacam quimicamente as superfícies confinantes com os quais estão em contato. Corrosão é freqüentemente promovida pela acidez ou alcalinidade dos produtos que são classificados pelo valor do PH. Produtos com PH entre 1 e 7 são considerados ácidos, onde o valor de 7 corresponde a um produto neutro. Produtos com o valor de PH de 7 a 14 são considerados alcalinos. É importante destacar que o PH é um forte indicativo, porém produtos neutros podem atacar as superfícies metálicas em alguns casos específicos.

Ângulo de repouso – Quando descarregamos grãos sobre uma superfície plana, ele formará um volume com essa superfície horizontalmente disposta. O ângulo formado entre a superfície do produto e a horizontal é chamado de ângulo de repouso, podendo inferir sobre o ângulo de atrito interno e o fluxo do produto. Assim com a altura e de queda livre e a rugosidade da superfície influenciam diretamente na determinação do ângulo de repouso. Milman (2002) acrescenta que, a definição do ângulo de repouso é a mesma, porém ele vai à diante quando relata que o formato e tamanho dos grãos também influenciam na formação do ângulo de repouso. Abaixo uma pequena ilustração da disposição dos grãos, conforme a Figura 1.



Fonte: Milman (2002)

Abrasão – O Movimento de um sólido durante o enchimento e o esvaziamento provoca desgaste das paredes e do fundo do tanque graneleiro. A característica de abrasão de um produto depende da dureza, tamanho, forma e densidade de cada grão. Uma das mais fáceis medidas de dureza é a escala de Moh's, e é largamente usada para minerais. Unidades de armazenamento com fluxo de funil apresentam a vantagem de proteger as paredes devido à zona de produto estacionária.

2.1.2 Colheita de Cereais

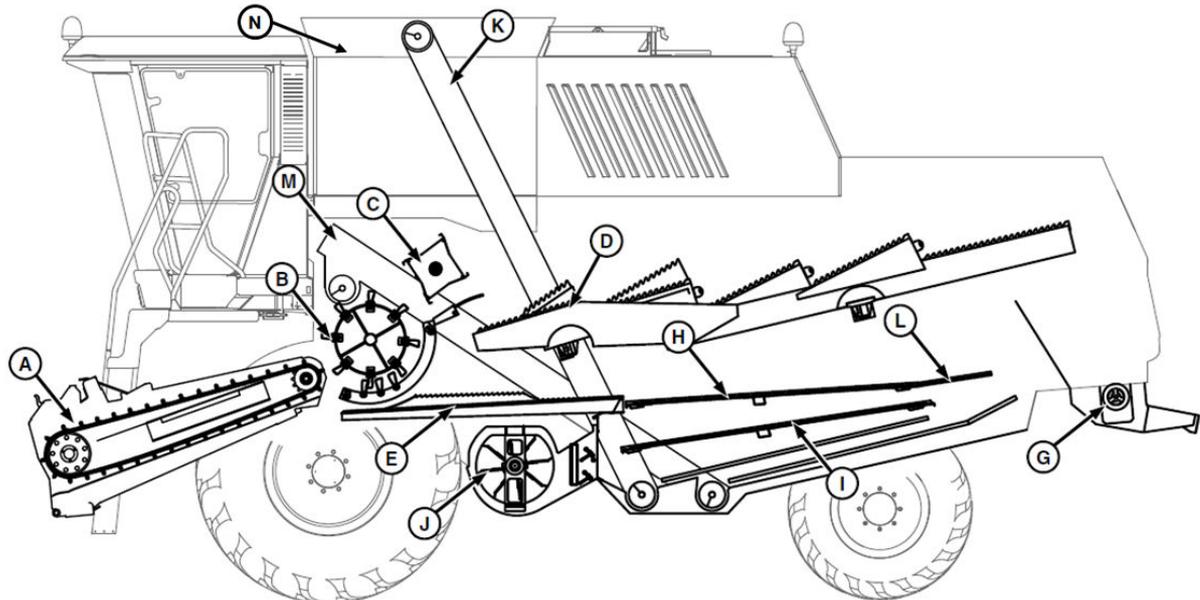
A colheita é a última operação que se realiza no cultivo de cereais. Em meados de 1800 a colheita de cereais era realizada de forma manual, onde como todo processo era manual, de baixa capacidade operacional, então elevava o custo da colheita. Esse processo era realmente viável somente em pequenas propriedades. Então surge a necessidade de se automatizar esse processo, e para isso seria necessário desenvolver uma colheitadeira mecanizada (SANTOS FILHO; SANTOS, 2001).

Segundo Holbrook (1976), colheitadeira é basicamente uma máquina de trilha anexada a uma colhedora. Ela recolhe trilha e limpa o grão à medida que se move sobre o campo. Ninguém “inventou” a colheitadeira. Ela é resultado do pensamento e do suor, e muitas vezes, também, das lágrimas, dos homens inumeráveis que acalentavam o sonho fantástico de juntar o trabalho da foice e do mangual em uma operação.

2.1.3 Funcionamento da Colheitadeira

A cultura cortada pela plataforma é enviada para o alimentador do cilindro (A) que tem a função de transportar a cultura para o cilindro de trilha (B) e côncavo. Os grãos trilhados, a palha fina e alguns grãos não trilhados (pontas de espigas ou vagens) caem entre as aberturas do côncavo sobre o bandejão (E). Então o batedor (C) recebe a palha trilhada no cilindro de trilha e a lança para os saca-palhas (D). Os saca-palhas separam o restante dos grãos da palha. Os grãos caem no bandejão (E) e a palha é conduzida para fora da máquina passando pelo picador de palha (G), onde a palha é picada. Já os grãos trilhados e os separados são transportados para o sistema de limpeza, formado pelas peneiras superior (H) e inferior (I) e ventilador (J). O ventilador sopra a palha fina para fora, à medida que os grãos caem através das peneiras. Assim o elevador de grãos limpos (K) transporta os grãos até o tanque graneleiro (N). O produto eventualmente não trilhado (pontas de espigas ou vagens) cai através da extensão da peneira superior (L), e é transportado pelo elevador da retrilha (M), para ser trilhado novamente. A Figura 2 representa os principais componentes de uma colheitadeira 1470 John Deere, relacionando por letras os módulos citados (BALASTREIRE, 1987).

Figura 2 - Principais componentes de uma colheitadeira 1470 John Deere



Fonte: Banco de dados John Deere (2012)

Em seqüência Balastreire (1987) afirma que, quando a capacidade do tanque é alcançada, o grão é direcionado pelo tubo descarregador, ligado no interior do tanque graneleiro, para outro sistema de armazenamento fora da colheitadeira.

2.1.4 Classificação das Colheitadeiras

Para Santos Filho e Santos (2001) as colheitadeiras são classificadas em:

- Automotrizes (combinadas): São máquinas autopropelidas capazes de realizar todas as operações necessárias à colheita;
- Montadas: Dependem de um trator agrícola para a realização de suas funções;
- De Arrasto: Possuem um motor para auxiliar independente ou são acionadas pela tomada de potência e tracionadas pela barra de tração por um trator.

2.2 ARMAZANAGEM DE CEREAIS

Conforme Brooker et al. apud Knob (2010), o objetivo do armazenamento é preservar as características que os grãos apresentam depois da colheita. A vitalidade dos grãos pode ser preservada e a qualidade de moagem e das propriedades nutritivas como alimento podem ser mantida.

As unidades armazenadoras de grãos são instalações destinadas a receber a produção de grãos, conservá-los em perfeitas condições, e redistribuí-los posteriormente (MILMAN, 2002).

Para Milman (2002), levando em consideração a disposição dos grãos, a armazenagem desses cereais pode ser dividida em dois tipos, por sacaria e a granel. A do tipo Sacarias se caracteriza pelo fato da estocagem de grãos ser feita por meio da utilização de sacos, onde certa quantidade de grãos é alocada no interior dos mesmos, e eles por sua vez condicionado em um alojamento maior. Já a armazenagem a granel é quando adicionamos, em apenas um grande recipiente, toda a quantidade destinada a essa unidade armazenadora e também dispensa o uso de embalagens.

Segundo Milman (2002), o comportamento de grãos pequenos armazenados a granel, é semelhante para todos os grãos de cereais, diferenciando-se, em relação aos grãos de maior tamanho, principalmente, pela maior tendência à compactação e

pela maior resistência à passagem do ar. Esse sistema também apresenta vantagens como às citadas abaixo:

- Dispensa o uso de sacarias;
- Reduz a mão de obra devido as grande parte das operações serem mecanizadas;
- Controle de massa armazenada de grãos maior devido à grande velocidade das operações.

2.2.1 Armazenamento de cereais na Colheitadeira

De acordo com Griffin (1991), o compartimento responsável em armazenar cereais em colhedoras combinadas ou colheitadeiras, é denominado de Tanque Graneleiro, que nada mais é que o compartimento responsável pela armazenagem rápida dos grãos limpos na máquina. Eles estão disponíveis em várias formas e tamanhos, e podem ser localizados na parte superior, em um lado, ou em ambos os lados da colhedora.

O posicionamento e formato do tanque graneleiro implicam diretamente na performance da colhedora, interferindo assim na posição do centro de gravidade da máquina e conseqüentemente a estabilidade do equipamento em terrenos inclinados, pois quanto mais baixo e centralizado for esse reservatório, maior será a estabilidade da máquina (SILVEIRA, 2001).

Silveira (2001), também explana que o depósito de grãos ou caixa graneleira, denominação dada ao tanque graneleiro pelo autor, pode ser constituído de duas formas principais: funil ou retangular com fundo em “V”. Onde os dois possuem suas qualidades, porém o retangular, como o próprio nome já diz, se estende mais num sentido, passando a ter maior capacidade de armazenamento na maioria dos casos.

2.2.2 Constituição de uma unidade de armazenamento

Segundo Gomes e Calil Júnior (2005), sempre que possível adota-se o fundo “V” ou duplo “V”, para que a descarga seja feita por gravidade, reduzindo-se custos operacionais e conservando-se as características dos grãos. Os ângulos de inclinação do fundo são adotados para que o escoamento dos produtos ocorra só pela ação da gravidade sendo que o plano dos pisos laterais deva ter um ângulo mínimo de 35° com o plano horizontal. Nos oitões o ângulo deve ser maior ou igual a

45°, para que a aresta resultante da interseção deste fundo com a lateral permita ainda o escoamento do produto por gravidade.

Para que o grão entre e saia da unidade de armazenamento é necessário que haja mecanismos para tal fim, então tem-se como opção utilizar sistemas de rosca transportadora, que nada mais é que um transportador de grãos, constituído basicamente de um helicóide e um tubo ou calha, que atua por araste e pode ser utilizado tanto horizontal como inclinado e também variar os sentido do fluxo dos grãos, dependendo do sentido da rotação e tipo de helicóide (MILMAN 2002).

A capacidade do tanque graneleiro deve ser condizente com a capacidade de colheita da colheitadeira, ou seja, para cada metro de largura de corte da plataforma, deve-se estar disponível um metro cúbico de volume na unidade de armazenamento. Volume que deve ser real, onde deve-se levar em consideração o volume ocupado pelos elementos internos do tanque graneleiro (SILVEIRA, 2001).

Para que o grão seja conduzido para dentro do tanque graneleiro e da mesma forma expulso para fora da máquina, quando cheio, é necessário a aplicação de dois sistemas: elevador e tubo descarregador, respectivamente. Onde segundo Silveira (2001), o elevador pode ser de canecas, taliscas, helicoidal e pneumático. E o tubo descarregador, que o autor também chama de condutor de descarga, deve proporcionar o deslocamento do material depositado no tanque para tanques secundários, geralmente utilizados somente para este fim.

2.3 SEGURANÇA EM COLHEITADEIRAS

Segundo a Norma regulamentadora (NR-12), os dispositivos de partida, acionamento e parada das máquinas agrícolas, sendo elas móveis ou estacionárias, devem ser projetados, selecionados e instalados de modo que:

- Não se localizem em suas zonas perigosas;
- Impeçam acionamento ou desligamento involuntário pelo operador ou por qualquer outra forma acidental;
- Não acarretem riscos adicionais;
- Não possam ser burlados;
- Possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por outra pessoa que não seja o operador.

3. METODOLOGIA

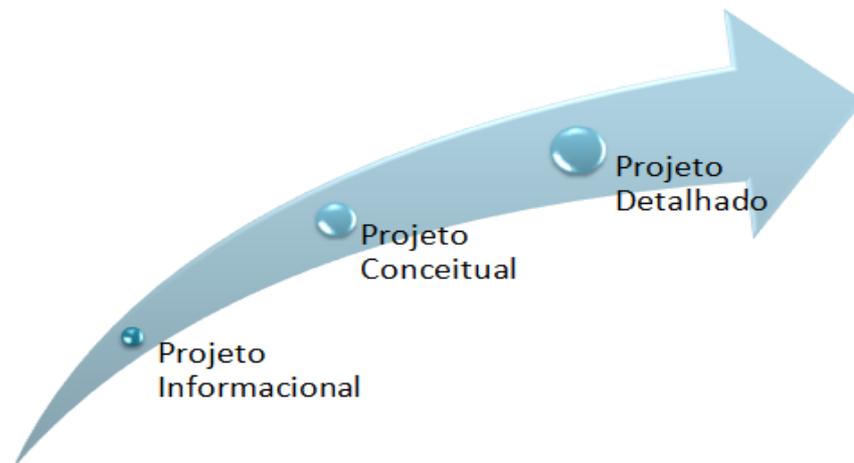
Neste capítulo, o trabalho aborda os métodos e técnicas estudados e executados para o desenvolvimento da concepção do tanque graneleiro, bem como para a elaboração desta monografia.

Para a elaboração do trabalho, em linhas gerais utilizou-se uma metodologia exclusiva de projeto de produto, que em seu escopo faz uso de métodos e técnicas específicos de acordo com o desenvolvimento do projeto. Dentre os métodos destaca-se o exploratório, que se conceitua, segundo Jung (2004) como um tipo de pesquisa que tem como finalidade a descoberta de teorias e práticas que modificarão as concepções existentes, a obtenção de alternativas ao conhecimento científico convalidado e, principalmente inovações tecnológicas.

A metodologia empregada resulta na compilação do conhecimento de diversos autores, dentre eles: Amaral (2006), Back (2008), Forcellini (2002) e Pahl & Beitz (1996). Que vem sendo adotada pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e pela Faculdade Horizontina – FAHOR.

A metodologia prevê a divisão do processo de desenvolvimento de produto em 3 fases principais: Projeto Informacional, Projeto Conceitual e Projeto Detalhado, conforme a Figura 3.

Figura 3 - Processo de desenvolvimento do produto



Fonte: Adaptado de Amaral (2006)

Na sequência descrevem-se as duas primeiras fases que serão utilizadas neste trabalho, uma vez que o mesmo limita-se a concepção do produto, assim não contemplando a fase Projeto Detalhado.

3.1 PROJETO INFORMACIONAL

O projeto informacional deve ser realizado para transformar a informação de entrada em especificações de projeto. Essas especificações serão o guia dos trabalhos nas fases posteriores do processo de projeto, então por essa razão a sua obtenção implica numa responsabilidade para o sucesso do projeto (FONSECA, 2000).

Neste mesmo raciocínio Amaral (2006) salienta a importância de se obter informações corretas, pois a definição inadequada dessas informações iniciais ou uma determinação inadequada de certos aspectos do problema poderá causar uma seqüência de decisões que fará emergir uma solução para um problema diferente daquela que de fato se apresenta. Ou seja, se obtermos uma solução de um problema definido erroneamente resultará na perda de quase todos os recursos gastos. Esse conjunto de informações deve refletir as características que o produto deverá ter para atender as necessidades.

O processo de especificação é contemplado nessa fase do projeto. Segundo Roozberg & Eekels *apud* Mantovani (2001), temos duas funções que compõem esse processo, onde uma delas é direcionar o processo de geração de soluções, e a segunda é fornecer bases para os critérios de avaliação. Em seguida temos as principais propriedades impostas para o cumprimento dessas funções:

- **Validade:** cada objetivo deve ser válido, isto pode ser observado se, através do entendimento do valor do atributo, os projetistas têm uma clara compreensão da medida em que a meta associada é atingida;
- **Completeza:** inclusão de objetivos válidos em todas as áreas de interesse do problema;
- **Operacionalidade:** dos objetivos, ou seja, possibilidade de geração de critérios e avaliações quantitativas;
- **Não redundância:** evitar que determinado aspecto ou propriedade seja considerado mais de uma vez;
- **Concisão:** reduzido número de objetivos na especificação, facilitando avaliações;

- **Praticabilidade:** objetivos passíveis de serem testados, pois mesmo em objetivos operacionais a predição de determinadas propriedades pode ser tão difícil que o teste é, praticamente, impossível.

Amaral (2006) afirma que para obtenção de um Projeto informacional consistente devemos seguir algumas etapas, as quais serão descritas abaixo.

3.1.1 Pesquisar informações sobre o tema do Projeto

Com o problema já definido, a atividade seguinte é de estabelecer o ciclo de vida do produto e definir, para cada fase desse ciclo, os clientes (pessoas ou empresas) envolvidos com o produto e o projeto. Assim, com o conhecimento do problema e dos clientes envolvidos, parte-se para a identificação da “voz dos clientes”, ou seja, de suas necessidades, as quais, depois de serem tratadas, formam os chamados requisitos dos clientes (AMARAL, 2006).

Nessa fase também são obtidas as informações técnicas sobre o tema do projeto, pois são de grande importância em várias etapas, desde a identificação de necessidades, passando pela confecção do questionário aos clientes, até a definição final das especificações do projeto, quando será necessária a fixação de metas quantitativas e a forma de avaliação destas, fatores importantes para o bom andamento do projeto (MANTOVANI, 2011).

3.1.2 Identificar necessidades dos clientes

Nessa atividade, segundo AMARAL (2006), inicialmente busca-se levantar as necessidades dos clientes de cada fase do ciclo de vida do produto. Essas necessidades podem ser obtidas com o uso de listas de verificação ou por meio de observação direta, entrevistas e grupos de foco, ou ainda utilizando qualquer outro método de interação com os diferentes clientes.

De acordo com Back (2008), as entrevistas estruturadas são mais eficientes, principalmente se forem aplicadas individualmente. Sendo que não deixam espaços para respostas tendenciosas ou de alguma forma influenciadas por outro entrevistado. E o número de entrevistados para obter um resultado

consideravelmente adequado é de 20 a 30 pessoas ou empresas, dependendo do tipo de produto a ser projetado.

3.1.3 Estabelecer os requisitos dos clientes

Já com as necessidades obtidas, é conveniente que elas sejam agrupadas e classificadas, somando-as com aquelas já detectadas na Declaração do Escopo do Produto. Esse agrupamento que é feito de acordo com as fases do ciclo de vida correspondente ou por afinidade, pode ser obtido por meio do diagrama de afinidades. Uma vez feito, possibilita verificar as necessidades similares, eliminando-se as repetições e aquelas necessidades pouco relevantes para o projeto (AMARAL, 2006).

Mantovani (2011) vai de encontro com a afirmação de que as necessidades levantadas devem ser distribuídas ao longo do ciclo de vida do produto, a fim de identificar mais facilmente quais delas são claramente redundantes.

Para a realização do agrupamento dessas necessidades pode-se contar com a aplicação de atributos da qualidade do produto, que podem ser classificados de diversas formas, como qualitativos ou quantitativos; obrigatórios ou preferenciais; do ciclo de vida ou específicos (BACK, 2008).

Fonseca (2000) apresenta algumas recomendações quanto à configuração e disposição dos requisitos dos clientes. São elas: a) frase curta composta pelos verbos ser, estar ou ter, seguidas de um ou mais substantivos; b) frase curta composta por um verbo que não seja ser, estar ou ter mais um substantivo (nesse caso, possivelmente o requisito formará uma função do produto).

3.1.4 Definir os requisitos do Projeto

Segundo Amaral (2006), A obtenção dos requisitos de projeto se constitui na primeira decisão física sobre o produto que está sendo projetado e para se obter uma comunicação precisa durante o desenvolvimento do produto, torna-se fundamental que as informações que irão caracterizar o produto estejam de acordo com a linguagem técnica de engenharia, então através de um quadro relaciona-se os requisitos de acordo com suas características de natureza e função. Nessa

adequação de termos pode-se inserir requisitos levantados pelo grupo multifuncional já em linguagem de engenharia.

3.1.5 Hierarquizar os requisitos do projeto

Com os requisitos de projeto já definidos, temos como atividade seguinte executar a classificação dos mesmos, ou seja, procura-se identificar a prioridade que se deve dar, no desenvolvimento do projeto, à busca de soluções que atendam a um requisito em detrimento de outros, se as ações forem de efeitos contrários (BACK, 2008).

Para Mantovani (2011), nesta etapa é fundamental a aplicação de duas ferramentas, Diagrama de Mudge e QFD (Quality Function Deployment - Desdobramento da Função Qualidade), onde o diagrama de Mudge compara os requisitos do cliente entre si, gerando o valor do cliente. Já o QFD, que complementa o Diagrama de Mudge, é uma ferramenta onde através de cruzamento de requisitos de cliente e projeto, apresenta características mensuráveis, que ao serem incorporadas no projeto constituem-se nos requisitos de qualidade.

A obtenção do QFD se dará com o auxílio de um software específico, no qual recebe o nome de SACPRO, disponibilizado através da internet pela Universidade federal de Santa Catarina (UFSC).

3.1.6 Estabelecer as especificações do projeto

Nessa etapa os requisitos de projeto deverão ser redigidos de forma mais detalhada para que sejam compreensíveis aos diferentes usuários, sendo que na etapa anterior requisitos foram descritos de forma resumida. Além disso, para cada requisito de projeto devem ser previstas grandezas mensuráveis e métodos de verificar se a solução a ser desenvolvida atenderá a esse requisito, assim como verificar a ocorrência de possíveis efeitos negativos ou riscos decorrentes da busca de soluções para implementar a respectiva especificação (BACK, 2008).

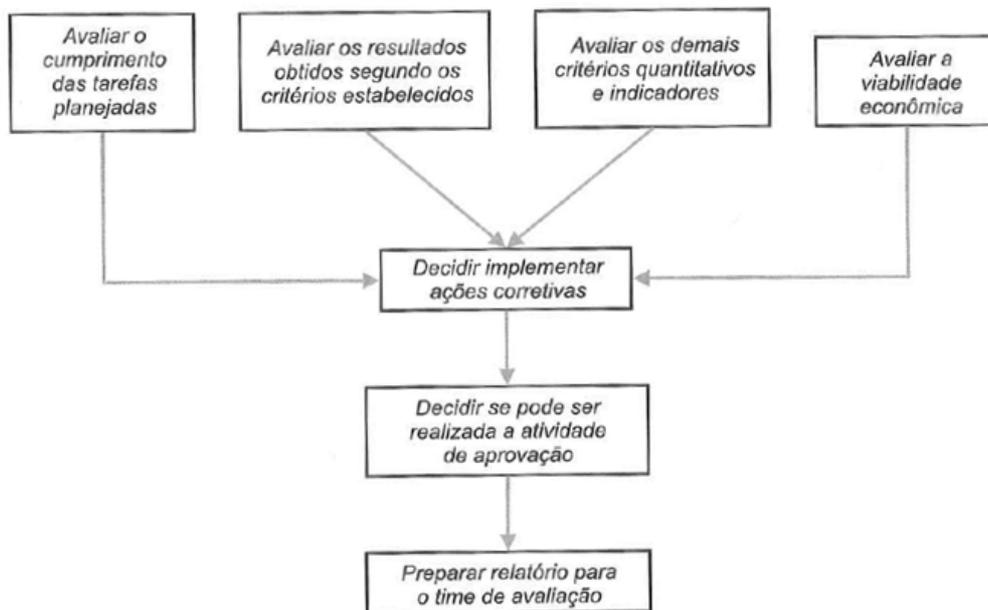
Segundo Mantovani (2011), a tarefa principal dessa etapa é aplicar o quadro de especificações de projeto aos requisitos, obtendo assim as especificações do projeto. Quadro que associa a cada requisito, mais três informações: a meta a ser atingida pelo requisito expressa quantitativamente, a forma de avaliação da meta

estabelecida a fim de verificar o seu cumprimento e os aspectos que devem ser evitados durante a implementação do requisito.

3.1.7 Avaliar e aprovar fase

Evitar retrabalhos e resultados formulados de forma incorreta é fundamental para o sucesso do desenvolvimento de um projeto, dessa forma Amaral (2006) orienta que no final de cada fase do desenvolvimento do projeto, deve-se elaborar uma revisão e aprovação formal dos produtos. Para isso adota-se o termo em inglês *gate*, que ao ser traduzido literalmente, significa portão. Onde nada mais é que a passagem de uma fase para outra, se todos os requisitos forem cumpridos, pode-se iniciar a fase seguinte. A Figura 4 ajuda a entender melhor esse processo.

Figura 4 - Tópicos orientativos para avaliação e aprovação de fase



Fonte: Amaral (2006)

3.2 PROJETO CONCEITUAL

O projeto conceitual é a etapa mais importante durante o projeto de um produto, isso porque as decisões tomadas nessa etapa influenciam excessivamente nos resultados das fases subseqüentes. Essa etapa do projeto é que gera, a partir de uma necessidade determinada e esclarecida, uma concepção para que um produto tenha a capacidade de melhor atender essa necessidade, sujeita às

limitações de recursos e restrições do projeto, para então no final dessa fase obter a concepção do produto (FORCELLINI, 2002).

3.2.1 Verificar o escopo do problema

Nessa primeira etapa do Projeto conceitual busca-se fazer um estudo compreensivo do problema num plano abstrato, de forma a abrir caminho para soluções melhores. Ignorar o particular e deter-se no que é geral e essencial previne que as experiências, preconceitos e convenções limitem a solução do problema do projeto (AMARAL, 2006). Essa generalização faz com que a formulação global e o entendimento das restrições essenciais tornem-se claras e sem a consideração prévia de uma solução (FORCELLINI, 2002).

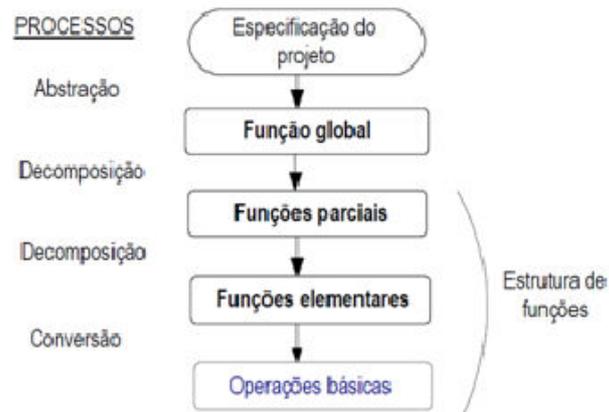
Mantovani (2011) relata que para se chegar ao cerne da tarefa deve-se conhecer a natureza do problema. Para isso deve-se indagar:

- Aperfeiçoar as funções técnicas do produto;
- Reduzir peso ou espaço;
- Reduzir custos;
- Abreviar prazos de entrega ou;
- Melhorar métodos de produção.

3.2.2 Estabelecer a estrutura funcional

Nessa etapa, a formulação do problema é feita de forma ainda abstrata, através das funções que o produto deve realizar, independente de qualquer solução particular. O ponto de partida é a abstração feita na etapa anterior, que permite o estabelecimento criterioso da função global do sistema, e o resultado, ao final da etapa, é a estrutura de funções elementares, ou estrutura de operações básicas, caso se trabalhe com funções de baixa complexidade ou padronizadas. Processo no qual é ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Tarefas e processos envolvidos na análise funcional do produto



Fonte: Ferreira (1997)

Essa subdivisão que tem como principal objetivo gerar estruturas funcionais alternativas visa facilitar a busca por princípios de solução. No caso do desenvolvimento de variantes de produtos existentes, a derivação da estrutura funcional pode ser feita através da análise de produtos existentes (FORCELLINI, 2002).

3.2.3 Pesquisar por princípios de solução

Nessa etapa, inicia-se a transição do abstrato ao concreto, da função à forma. Para cada uma das funções da estrutura funcional escolhida anteriormente podem ser atribuídos um ou mais princípios de solução (AMARAL, 2006).

Dessa forma Mantovani (2011) recomenda o uso da matriz morfológica para realizar a compilação dos dados obtidos, que fica denominado como método de busca discursivo. O autor também designa a aplicação do método de busca convencional, que baseia-se em buscas de catálogos e patentes já existentes.

3.2.4 Combinar princípios de solução

Com os princípios de solução, para cada uma das funções que compõem a estrutura funcional do produto, já obtidos, o próximo passo é a combinação dos mesmos para formar os princípios de soluções totais para o produto, ou seja, encontrar a melhor combinação de todas essas opções (AMARAL, 2006).

Segundo Amaral (2006), para se obter essas definições usa-se a ferramenta chamada de Matriz Morfológica, onde relaciona simultaneamente as funções que compõem a estrutura funcional e as diversas possibilidades de solução para elas. Então se podem obter inúmeras configurações, com os mais variados princípios. Contudo deve-se cuidar com restrições devidamente impostas em razão da compatibilidade física e geométrica entre as opções. Back (2008) acrescenta que nesse processo *“soluções criativas são encontradas, às vezes, ao se formarem novas combinações de funções, objetos, processos ou idéias já existentes”*.

3.2.5 Selecionar combinações

Uma vez que temos várias soluções, é preciso definir uma que atenda todos ou o maior número de requisitos, para isso Back (2008) recomenda que se adotem, na atividade de triagem das concepções, critérios generalizados e qualitativos em menor número, para segregarem as concepções realmente viáveis. Critérios que devem ser claramente definidos, independentes, não ambíguos, redigidos positivamente, igualmente aplicáveis a todas as concepções e que avaliam um único atributo de qualidade.

Então para chegar a essa definição recomenda-se utilizar a matriz de decisão. Esse método também é conhecido como Método de Pugh, onde as alternativas e os critérios de avaliação são colocados na primeira linha e primeira coluna, respectivamente. Então toma-se uma concepção como referência e as outras são avaliadas com relação a essa. No final teremos valores numéricos, positivos e negativos, onde nos mostrarão a melhor escolha (AMARAL, 2006).

3.2.6 Evoluir em variantes de concepção

Essa etapa compreende uma espécie de refinamento da atividade anterior, no qual são identificados e analisados aspectos críticos do produto observados no ciclo de vida dele. De maneira geral deve-se detalhar um modelo de concepção para ser possível verificar custos, pesos, e dimensões totais aproximadas, e a exequibilidade deve ser assegurada tanto quanto as circunstâncias permitam. Características que podem ser concebidas através de linguagem gráfica, ou seja, em desenhos esquemáticos ou esboços (AMARAL, 2006).

3.2.7 Avaliar e aprovar fase

De acordo com Amaral (2006), essa etapa é similar a respectiva etapa do projeto informacional, a única diferença é que agora se fala em especificações físicas, onde é possível julgar mais precisamente a concepção desejada, para isso leva-se os seguintes itens em questão:

- Existe alguma limitação tecnologia?
- Possui viabilidade econômica?
- As especificações de custo estão sendo atendidas?
- A segurança e as funções operacionais são conhecidas?

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão relatados os resultados decorrentes da aplicação da metodologia de produto já apresentada na etapa anterior. Na qual através das necessidades do cliente se chegará a uma concepção para melhor suprir tais requerimentos.

4.1 PROJETO INFORMACIONAL

4.1.1 Pesquisa de informações sobre o tema do Projeto

Temos como primeira tarefa do projeto informacional a determinação do ciclo de vida do produto, assim como os clientes do projeto em questão. O Quadro 1 mostra o ciclo de vida, onde relaciona os tipos de clientes com todas as fases que o produto irá transcorrer.

Quadro 1 – Ciclo de vida do produto

Fases do Ciclo de vida	CLIENTES		
	INTERNOS	INTERMEDIÁRIOS	EXTERNOS
PROJETO	Departamento de Engenharia		
TESTES	Departamento de Engenharia e validação do produto		
PRODUÇÃO	Departamento de Engenharia e Manufatura		
COMERCIALIZAÇÃO		Departamento de Marketing e vendas	Concessionárias
UTILIZAÇÃO			Agricultores, extensionistas e locadores
DESCARTE			Agricultores e Concessionárias

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a constatação desse ciclo de vida foram atribuídas cinco fases, onde por definição da metodologia aplicada foram relacionados também com tipos de clientes, sendo que essa primeira coluna mostra a trajetória que o produto em estudo passará. Então associou-se para cada um desses clientes de uma forma mais específica, a nomenclatura para cada um, que também foram divididos em internos, intermediários e externos.

Primeiramente temos o departamento de engenharia como clientes de projetos, onde juntamente com o departamento de validação irá realizar os testes pertinentes a sua aplicação. Uma vez que aprovado o produto será produzido tendo como responsável o departamento de manufatura, que também contará com o auxílio da engenharia do produto para identificar e realizar possíveis ajustes a fim de facilitar o

processo. Com o produto pronto, o departamento de vendas e marketing irá encaminhar e suportar a comercialização do produto com as concessionárias. A utilização se dará pelos agricultores, locadores e extensionistas.

4.1.2 Identificação das necessidades dos clientes

Com o objetivo de estabelecer as necessidades dos clientes, essa etapa se dividiu em duas linhas. Num primeiro momento foram realizadas reuniões técnicas com os clientes internos e intermediários. Nessas reuniões foram levantados, de forma aberta, os requisitos julgados como mais importantes por 15 profissionais, divididos entre Engenheiros e técnicos.

Já com o embasamento proporcionado por essa equipe, elaborou-se um questionário dedicado aos clientes externos (Apêndice A), a fim de obter informações diretamente do cliente final do produto, informações que darão melhor performance no dia-a-dia.

4.1.3 Estabelecimento dos requisitos dos clientes

Em decorrência do estudo e compreensão das informações obtidas na etapa anterior foi elaborado o Quadro 2, onde encontram-se descritos todos requisitos oriundos do cliente.

Como forma de melhor adequar as informações e também facilitar o desenvolvimento das etapas futuras, esse quadro divide os requisitos por tipo de cliente, assim tornando mais claro a forma de atacar cada requisito, uma vez que sabemos de onde o mesmo impacta.

As respostas objetivas foram diretamente transcritas para o quadro, que possui as mesmas informações contidas nas alternativas marcadas pelo cliente. Porém foram compiladas informações adicionais repassadas pelo cliente, sendo que o questionário aplicado teve um campo onde os entrevistados puderam contribuir com mais requisitos constados na aplicação.

Quadro 2 - Requisitos dos clientes

CLIENTES	REQUISITOS
PROJETO	Projeto simplificado Utilizar itens de prateleira sempre que possível
TESTES	Qualidade dos componentes
PRODUÇÃO	Fácil Fabricação Montagem simples Desmontagem simples
COMERCIALIZAÇÃO	Baixo custo
UTILIZAÇÃO	Útil para vários tipos de cereais Alta capacidade de armazenamento Possuir cobertura superior Seguro Baixa danificação dos grãos Fácil acesso a reparos Baixo desgaste dos componentes
DESCARTE	Material reciclável

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.4 Definição dos requisitos do Projeto

Agora com os requisitos dos clientes já definidos, aplicou-se o quadro sugerido por Amaral (2006), que oportuniza a melhor adequação dos termos levantados na definição dos requisitos dos clientes.

Nessa etapa, assim como foram agregados alguns requisitos, também teve a desconsideração de outros, uma vez que julgou-se não condizer com o tipo de produto a ser desenvolvido, ou até mesmo estando implícito em outro requisito imposto.

Partindo do pressuposto já mencionado, encontrou-se 24 requisitos, devidamente selecionados e definidos conforme recomenda a metodologia seguida. Então finalmente temos a definição dos pré-requisitos necessários para a elaboração da etapa seguinte, apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Requisitos do Projeto

Atributos gerais	Básicos	Funcionamento	Danificação dos cereais Capacidade de armazenamento Comportar vários tipos de cereais Escoamento do produto
		Ergonômico	Fácil acesso Regulagem com esforços reduzidos
		Econômico	Adequação de materiais Vida útil
		Segurança	Acesso seguro do operador Sinais de alerta
		Legal	Atender as normas aplicáveis
		Impacto Ambiental	Matéria-prima de baixo ou nenhum impacto ambiental
		Confiabilidade	Encher e escoar o cereal por completo
	Ciclo de vida	Fabricabilidade	Construção simples
		Montabilidade	Montagem simplificada Ferramentas usuais
		Usabilidade	Fácil operação
Atributos específicos	Materiais	Geométricos	Armonização com o design da Colheitadeira Cobertura superior
		Material, Cor, Peso	Materiais padronizados comuns Cor padrão John Deere Baixo peso
		Controle	Número e duração de regulagens Monitoramento de enchimento

Fonte: Adaptado de Amaral (2006)

4.1.5 Hierarquização dos requisitos do projeto

Nessa etapa realizou-se a hierarquização dos requisitos dos clientes através do Diagrama de Mudge, que comparando todos os requisitos entre eles definiu-se uma pontuação para cada um deles, onde então temos o requisito que mais pontuou, sendo o mais importante. Adicionando as letras A, B e C em cada comparação identificou-se o quanto mais importante é um requisito em relação ao outro comparado, se ele é muito mais importante, medianamente mais importante ou pouco mais importante, respectivamente. Na Figura 6 podemos visualizar o Diagrama de Mudge aplicado.

Já no Quadro 4 podemos visualizar os requisitos listados já identificados com seu grau de importância, ou seja, com uma ordem decrescente do mais importante para o menos importante.

Figura 6 - Diagrama de Mudge

DIAGRAMA DE MUDGE
Número de Requisitos

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Soma	%	VC	
1	1B	3C	1C	1C	1B	1C	8A	9A	10B	11A	12A	13C	14A	1C	11	3%	2	
	2	3C	4C	5C	6C	7C	8A	9A	10B	11B	12A	13C	14A	2C	1	0%	1	
		3	3A	3A	3A	3B	8C	9A	3C	11C	12B	3C	3C	3A	28	9%	5	
			4	4C	4C	7B	8A	9A	10B	11B	12A	13B	14A	4B	6	2%	1	
				5	5C	7B	8A	9A	10B	11B	12A	13B	14A	5B	5	2%	1	
					6	7B	8A	9A	10B	11B	12A	13C	14A	6C	2	1%	1	
						7	8B	9B	10B	11C	12B	13C	14B	7B	13	4%	2	
							8	8B	8A	8C	8B	8A	8A	8A	56	17%	10	
								9	9B	9C	9B	9A	9B	9A	53	16%	10	
									10	10C	12B	10C	14B	10B	24	7%	4	
										11	12C	11C	14B	11A	25	8%	4	
											12	12A	12A	12A	42	13%	8	
												13	14B	13B	21	6%	4	
													14	14B	40	12%	7	
														15	0	0%	1	
															Total	327	100%	

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

Fonte: Elaborado pelo autor

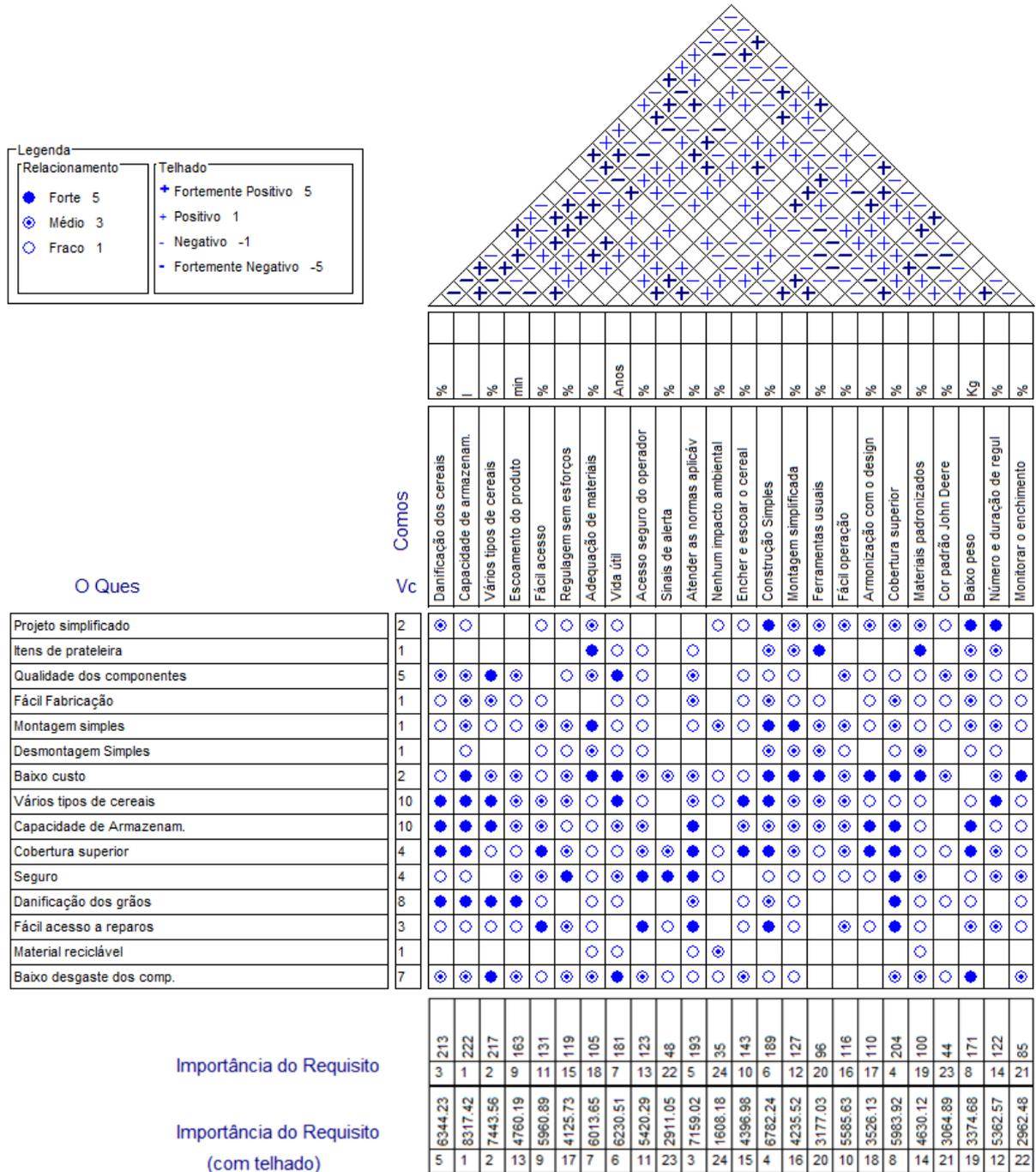
Quadro 4 - Classificação dos Requisitos dos clientes em ordem de importância

CLASSIFICAÇÃO POR IMPORTÂNCIA		
1º	8	Útil para vários tipos de cereais
2º	9	Alta capacidade de armazenamento
3º	12	Baixa danificação dos grãos
4º	14	Baixo desgaste dos componentes
5º	3	Qualidade dos componentes
6º	11	Ser Seguro
7º	10	Possuir cobertura superior
8º	13	Fácil acesso a reparos
9º	7	Baixo custo
10º	1	Projeto simplificado
11º	4	Fácil Fabricação
12º	5	Montagem simples
13º	6	Desmontagem simples
14º	2	Utilizar itens de prateleira sempre que possível
15º	15	Material reciclável

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 7 mostra a aplicação da Matriz da qualidade, com que teremos de forma ainda mais refinada a hierarquização dos requisitos de projeto.

Figura 7 - QFD (Casa da qualidade)



Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme já mencionado, também nessa etapa aplicou-se a ferramenta do QFD, ou Matriz da casa da Qualidade como é conhecida. A sua aplicação proporcionou com maior segurança os principais requisitos que deverão ter maior atenção, assim como os de menor importância. Tem-se como resultado importante também o grau de relação entre os requisitos, possibilitando assim a equipe de

projeto entender a relação entre eles, onde passarão a ser tratados de modo integrado.

4.1.6 Estabelecimento das especificações do projeto

Com os níveis de importância já definidos, partiu-se agora a definições ainda mais relevantes a futura concepção do produto. Como última etapa do projeto informacional ela apresenta subsídios específicos para melhor julgar cada requisito, sendo que ao impor uma meta para cada um deles, também indica a forma mais adequada de mensurar a obtenção da especificação requerida. Como forma de salientar possíveis complicações na implementação de cada especificação, também relatou-se os principais aspectos que devem ser evitados.

O Quadro 5 apresenta os pontos chaves que deverão ser conduzidos com maior prioridade no desenvolvimento da concepção que será desenvolvida posteriormente. Já o Quadro 6 e o Quadro 7 mostram as demais especificações também descritas em decorrência do grau de importância.

Quadro 5 - Terço superior

	REQUISITO	VALOR META	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS INDESEJADOS
1	Capacidade de armazenamento	8000 litros	Testes de campo	Componentes internos obstruir a passagem dos grãos
2	Comportar vários tipos de cereais	5 tipos de cereais	Testes de campo	Danificar os grãos devido a falta de exclusividade no projeto
3	Danificação dos cereais	5%	Verificação por amostragem	Baixo rendimento de carga e descarga
4	Cobertura superior	100%	Análise do Projeto	Incremento de custo e delimitação da capacidade de armazenamento.
5	Atender as normas aplicáveis	100%	Análise do Projeto	Incremento de custo e diminuir simplicidade do projeto
6	Construção simples	85%	Análise do processo de Fabricação e projeto	Não atender as normas aplicadas e qualidade do produto.
7	Vida útil	12 Anos	Testes de campo	Incremento de custo em materiais e processos
8	Baixo peso	480 Kg	Pesagem do produto	Redução da capacidade e qualidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 6 - Terço Médio

	REQUISITO	VALOR META	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS INDESEJADOS
9	Escoamento do produto	≥ 3 min	Testes de campo	Danificação dos grãos e do produto
10	Encher e escoar o cereal por completo	95%	Testes de campo	Danificação dos grãos e do produto
11	Fácil acesso	70%	Testes de campo	Reduzir opções de regulagens.
12	Montagem simplificada	80%	Análise do processo de montagem	Peças fora do ajuste necessário
13	Acesso seguro do operador	100%	Inspeção de segurança	Incremento de custo em materiais
14	Número e duração de regulagens	≥ 5	Teste comparativos	Incremento de custo em materiais e processos
15	Regulagem com esforços reduzidos	Realizar manualmente	Inspeção de segurança	Incremento de custo em materiais
16	Fácil operação	acionamentos eletrônicos	Testes de campo	Incremento de custo em materiais

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 7 - Terço inferior

	REQUISITO	VALOR META	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS INDESEJADOS
17	Armonização com o design da Colheitadeira	98%	Análise do Projeto e dimensional.	Redução da capacidade e incremento de custo
18	Adequação de materiais	80%	Análise do Projeto e processo de Fabricação	Baixo desempenho do produto
19	Materiais padronizados comuns	80%	Análise das especificações de materiais	Danificação dos grãos e do produto
20	Ferramentas usuais	90%	Análise do processo de montagem e fabricação	Peças produzidas e montadas fora do especificado
21	Monitoramento de enchimento	100%	Testes de comparativos	Incremento de custo em materiais
22	Sinais de alerta	100%	Inspeção de segurança	Informação pouco clara
23	Cor padrão John Deere	100%	Comparação com os demais componentes da colheitadeira	Limitação Visual
24	Matéria-prima de baixo ou nenhum impacto ambiental	70%	Inspeção de segurança	Incremento de custo em materiais

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.7 Avaliação e aprovação da fase

Até esta fase do projeto todas as etapas foram realizadas conforme a metodologia estipula. Algumas fases tiveram maiores relatos que outras.

Diferenciação que já era esperada, pois vem a ser proporcional ao grau de representatividade que cada uma possui no projeto informacional.

No final da fase, já com os objetivos refinados com as ferramentas aplicadas, obteve-se resultados que pouco se diferenciam das necessidades iniciais do cliente, identificadas na pesquisa de campo, provando assim estar alinhado com o desenvolvimento esperado do projeto.

Então ao se chegar ao término dessa etapa, define-se que os resultados encontram-se bem definidos e com fortes indicadores que condicionam uma boa credibilidade em sua obtenção. Assim tornando este projeto apto a seguir com seu desenvolvimento.

4.2 PROJETO CONCEITUAL

Agora, a segunda etapa desse projeto vem a desenvolver e definir soluções conceituais para dar forma ao produto que é requerido na etapa anterior. Para isso a metodologia já descrita continua sendo aplicada, conforme as subfases especificadas a seguir.

4.2.1 Verificação do escopo do problema

Para um armazenamento de grãos de alta performance precisamos evidenciar as principais características que o mesmo deve conter. A ferramenta de QFD aplicada no projeto conceitual, juntamente com o diagrama de Mudge, nos trazem dados claros e diretos, deixando com que os preconceitos e preferências pessoais não possam ser aplicados.

Como escopo principal temos que relacionar os requisitos mais importantes, podendo então omitir os requisitos menos importantes. Porém é preciso considerar cada um deles, uma vez, que mesmo não tendo alto grau de importância possam balizar alguma definição, como em caso de cores e dimensões. Abaixo estão relacionados os requisitos fundamentais para a realização desse projeto:

- Capacidade de Armazenamento;
- Comportar vários tipos de cereais;
- Danificação dos cereais;
- Cobertura superior;
- Atender as Normas aplicáveis;
- Construção simples;

- Vida útil;
- Baixo peso.

A próxima atividade nessa etapa é transformar informações quantitativas e qualitativas, para assim chegar ao essencial, conforme recomendado por Pahl & Beitz (1996):

- Grande Capacidade de armazenamento dentro das normas;
- Aplicar-se a vários tipos de cereais sem danificá-los;
- Ser durável com construção simples;
- Reduzir peso sempre que possível.

Deixando os requisitos ainda mais reduzidos e mais diretos, torna-se mais fácil a formulação do problema do projeto sem definir soluções:

Garantir alta capacidade de armazenamento e transporte podendo ser aplicado para diversas culturas sem danificar os grãos e impactar o desempenho da colheitadeira.

4.2.2 Estabelecimento da estrutura funcional

Em decorrência da metodologia desenvolvida e visando uma melhor compreensão das operações básicas e fundamentais da unidade de armazenamento, desenvolveu-se a função global do sistema, para demonstrar em linhas superficiais qual será a principal função do produto. A Figura 8 mostra essa definição.

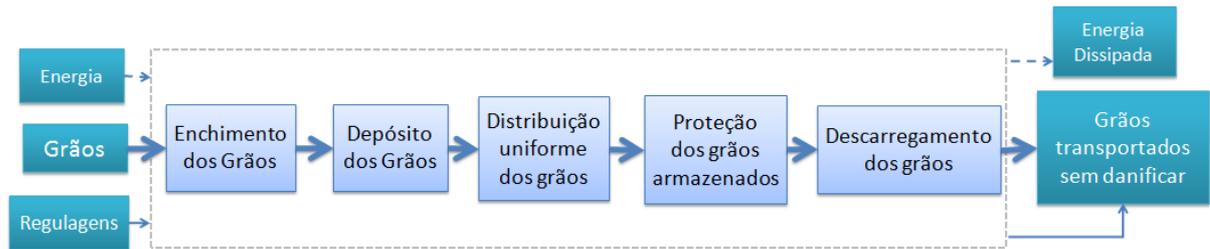
Figura 8 - Função Global do tanque graneleiro



Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da função global, com o desdobramento da mesma, elaborou-se a estrutura simplificada, onde já começam a aparecer funções mais específicas que se tornam fundamentais na composição das futuras concepções, ou seja, até essa etapa contactou-se que a função global é composta por ao menos 7 funções específicas. Com a Figura 9 pode-se compreender melhor essa esquematização.

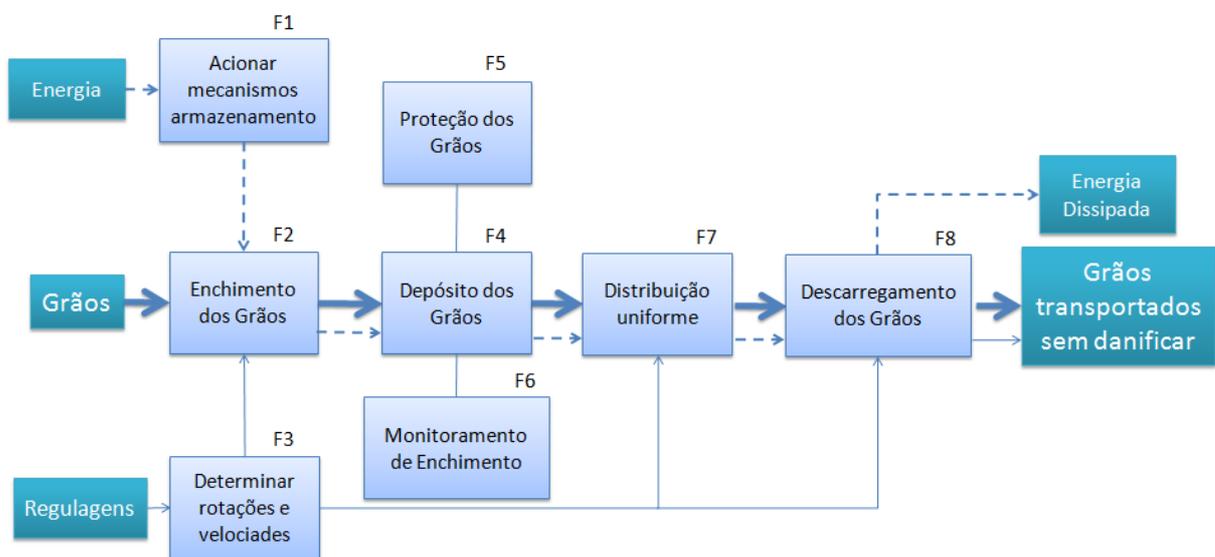
Figura 9 - Estrutura funcional simplificada



Fonte: Elaborado pelo autor

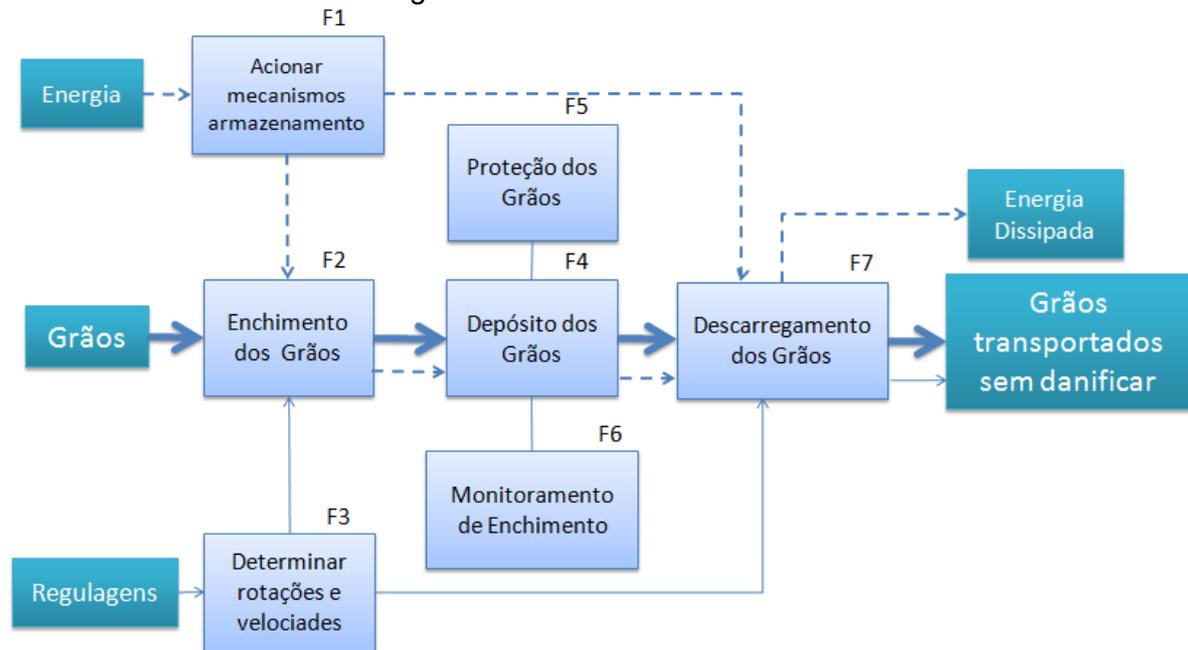
Segundo Amaral (2006), para se chegar a uma futura concepção é preciso definir, de maneira genérica, como cada função se apresenta no sistema como um todo, ou seja, cada função é relacionada com as demais com uma ordem de execução já definida, assim também relata-se as entradas e saídas de cada uma delas, como os próprios grãos, energia e regulagens. Duas estruturas funcionais são representadas pela Figura 10 e Figura 11.

Figura 10 - Estrutura funcional I



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 11 - Estrutura funcional II



Fonte: Elaborado pelo autor

Com essas definições serão avaliadas as duas estruturas funcionais, onde a segunda opção é uma versão mais simplificada da primeira, que se diferencia basicamente pela forma de aplicação. Conforme enfatizado por alguns clientes em nossa pesquisa de campo, o produto deve permitir enchimento e descarregamento simultâneo. Como essa opção é demonstrada na segunda estrutura funcional, já elimina-se nessa fase a possibilidade de enchimento total do tanque graneleiro.

No Quadro 8 podemos ver cada função básica do produto relacionado com as respectivas descrições, entradas e saídas.

Quadro 8 - Descrição das Funções

Função	Descrição	Entradas	Saídas
F1 - Acionar mecanismos de armazenamento	Prover energia mecânica para os mecanismos	Energia cinética	Energia mecânica
F2 - Enchimento dos grãos	Deslocar os grãos para dentro do tanque graneleiro	Grãos em movimento fora do tanque graneleiro	Grãos em movimento dentro do tanque graneleiro
F3 - Determinar rotações e velocidades	Fazer as regulagens de acordo com a cultura aplicada	Energia	Sistema regulado
F4 - Depósito dos grãos	Alocar os grãos dentro do tanque graneleiro	Grãos não armazenados	Grãos armazenados
F5 - Proteção dos grãos	Evitar que interpéries externas tenham contato com os grãos	Grãos não protegidos	Grãos protegidos
F6 - Monitoramento de enchimento	Monitorar a quantidade de grãos no tanque graneleiro	Energia mecânica	Emitir sinais de aviso
F7 - Distribuição uniforme	Garantir que os grãos cubram todos espaços	Grãos alocados de acordo com seu ângulo de repouso	Grãos uniformemente distribuídos por todo tanque graneleiro
F8 - Descarregamento dos grãos	Deslocar os grãos para fora do tanque graneleiro	Grãos armazenados na Colheitadeira	Grãos descarregados da colheitadeira

Fonte: Elaborado pelo autor

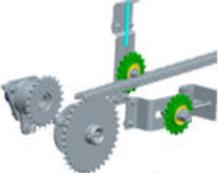
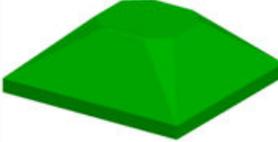
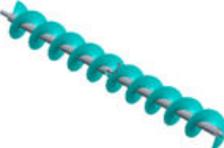
4.2.3 Pesquisa dos princípios de solução

Nesta fase passamos a dar forma ao projeto, onde para cada função específica, já definidas anteriormente, precisamos designar formas, então para cada uma dessas funções foi designado duas ou três opções de aplicação. Cada uma das alternativas sugeridas no Quadro 9 possui características diferentes a fim de portar o efeito físico requerido por cada função específica.

Para complementar o método de busca discursivo, onde se dá pela aplicação da matriz morfológica, foi aplicado o método de busca convencional, conforme recomendado pela metodologia, além de que, a obtenção de princípios já aplicados pela Empresa também foram considerados.

Com o intuito de evitar possíveis incrementos de custos desnecessários, foram estudados componentes e elementos já correntes na produção da fábrica, como orientação da empresa em que se aplica o desenvolvimento.

Quadro 9 - Matriz Morfológica do tanque graneleiro

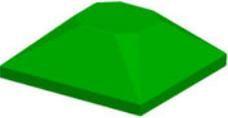
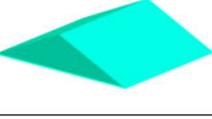
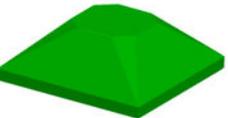
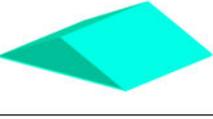
Funções Elementares	Matriz Morfológica		
	1	2	3
F1 - Acionar mecanismos de armazenamento			
F2 - Enchimento dos grãos			
F3 - Determinar rotações e velocidades			
F4 - Depósito dos grãos			
F5 - Proteção dos grãos			Nenhuma
F6 - Monitoramento de enchimento			Nenhum
F7 - Distribuição uniforme			Nenhuma
F8 - Descarregamento dos grãos			

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.4 Combinação dos princípios de solução

Utilizando as alternativas impostas na matriz morfológica, obtemos princípios de solução designados para atender a função global do projeto. Conforme a metodologia optou-se em definir combinações que de fato condizem com as expectativas de cliente e projeto. Desta forma o Quadro 10 apresenta 4 combinações potenciais para atingir as expectativas impostas.

Quadro 10 - Princípios de soluções

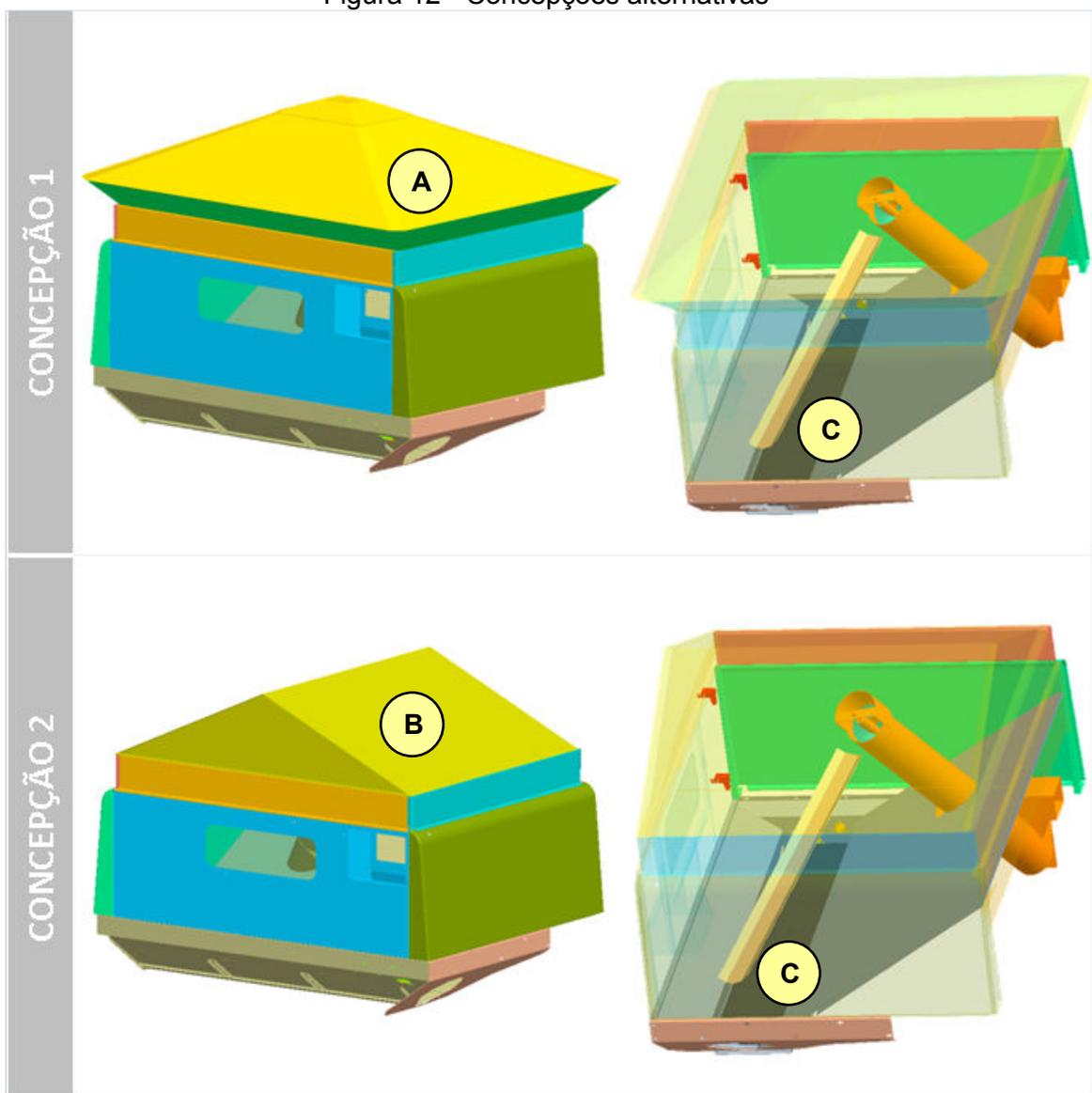
Funções Elementares	Matriz Morfológica			
	1	2	3	4
F1 - Acionar mecanismos de armazenamento				
F2 - Enchimento dos grãos				
F3 - Determinar rotações e velocidades				
F4 - Depósito dos grãos				
F5 - Proteção dos grãos				
F6 - Monitoramento de enchimento				
F7 - Distribuição uniforme	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma
F8 - Descarregamento dos grãos				

Fonte: Elaborado pelo autor

Nesta fase foi realizada uma refinada análise, confrontando cada princípio apresentado com as especificações do projeto, onde algumas alternativas impostas na matriz morfológica foram descartadas, pois tiveram alguma discordância com as especificações mais importantes, obtidas no projeto informacional. Tais como custo, grau de tecnologia e características dimensionais.

Dessa forma a Figura 12 e a Figura 13 apresentam 4 concepções resultantes das inúmeras combinações possíveis. Essas concepções passam a ser portadoras de maior probabilidade de contemplar a definição final.

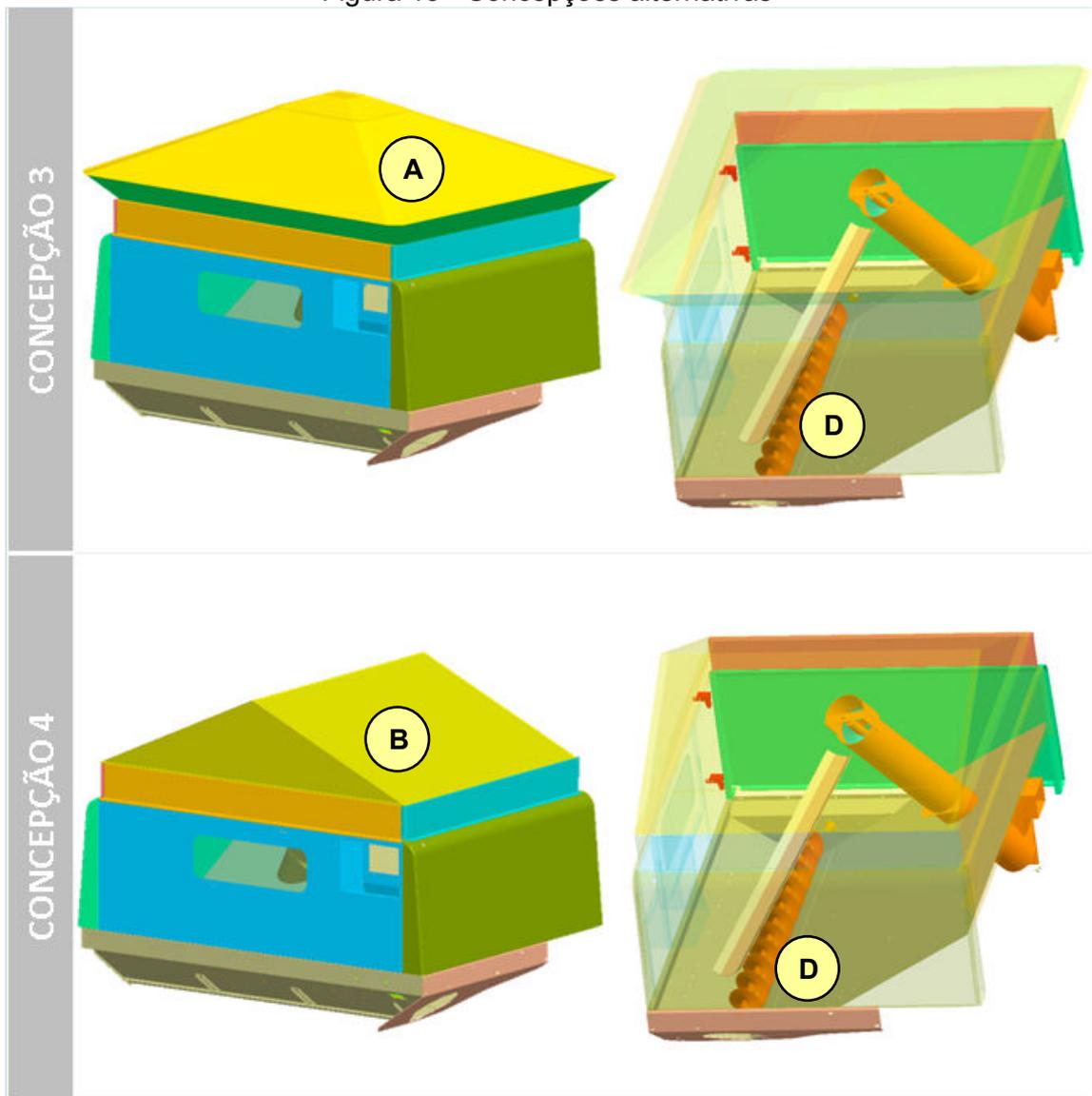
Figura 12 - Concepções alternativas



Fonte: Elaborado pelo autor

As duas primeiras concepções, apresentadas na Figura 12, possuem apenas uma diferença de construção, onde a primeira possui cobertura com uma armação de lona (A) e a segunda possui uma cobertura composta por chapas metálicas (B). Ambas possuem sistema de descarga composto por uma esteira (C).

Figura 13 - Concepções alternativas



Fonte: Elaborado pelo autor

As duas últimas concepções, apresentadas na Figura 13, também possuem apenas uma diferença de construção, onde a primeira possui cobertura com uma armação de lona (A) e a segunda possui uma cobertura composta por chapas metálicas (B). Ambas possuem sistema de descarga composto basicamente por um sem-fim (D).

Um destaque pode ser feito com relação ao sistema de uniformização dos grãos na parte superior, ele foi desconsiderado devido ao formato das coberturas, onde admitem a acomodação dos grãos de acordo com o ângulo de repouso dos mesmos. Da mesma forma o sistema de enchimento foi definido com sem-fim de fonte, pois garante melhor acomodação dos grãos em relação aos quatro lados.

4.2.5 Seleção das combinações

Como as quatro alternativas citadas anteriormente, são no mínimo satisfatórias até esse momento, o método utilizado para definir a concepção que mais se enquadra nos requisitos de projeto, a matriz de decisão.

Optou-se por esse método por proporcionar uma comparação clara e direta entre cada concepção, relacionando com os requisitos do cliente e seus respectivos pesos. Dessa maneira, como podemos ver no Quadro 11, a concepção 3 prevaleceu, sendo a concepção que melhor atende os requisitos do cliente.

Quadro 11 - Matriz de decisão

Requisitos do cliente	VC	Concepções							
		1		2		3		4	
Projeto simplificado	2	0	0	0	0,0	1	2,0	1	2,0
Utilizar itens de prateleira sempre que possível	1	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Qualidade dos componentes	5	0	0	0	0,0	1	5,0	1	5,0
Fácil Fabricação	1	0	0	-1	-1,1	1	1,1	0	0,0
Montagem simples	1	0	0	-1	-0,9	1	0,9	-1	-0,9
Desmontagem simples	1	0	0	-1	-1,0	1	1,0	-1	-1,0
Baixo custo	2	0	0	-1	-2,3	1	2,3	1	2,3
Útil para vários tipos de cereais	10	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Alta capacidade de armazenamento	10	0	0	0	0,0	1	10,0	1	10,0
Possuir cobertura superior	4	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Seguro	4	0	0	0	0,0	0	0,0	1	4,5
Baixa danificação dos grãos	8	0	0	0	0,0	-1	-7,5	-1	-7,5
Fácil acesso a reparos	4	0	0	-1	-3,8	1	3,8	-1	-3,8
Baixo desgaste dos componentes	7	0	0	1	7,1	-1	-7,1	0	0,0
Material reciclável	1	0	0	1	1,0	0	0,0	0	0,0
Peso da Concepção		0	-0,9	11,4	10,6				

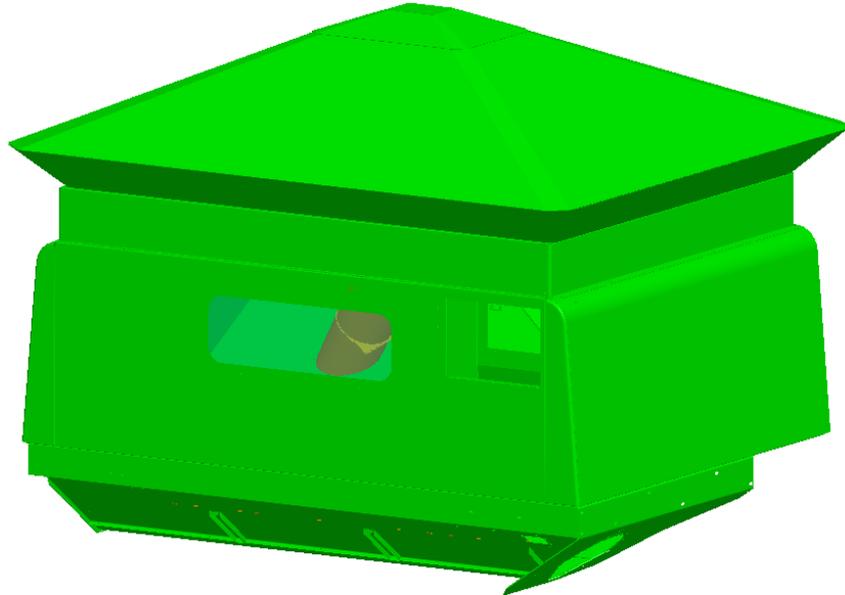
Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.6 Evoluir em variantes de concepção

Em consequência das etapas anteriores desenvolvidas impostas pela metodologia adotada, temos a definição da concepção final do projeto. Em decorrência da etapa anterior, a concepção de maior escore foi novamente avaliada

e melhor adequada ao escopo do projeto. A Figura 14 mostra o esboço da concepção.

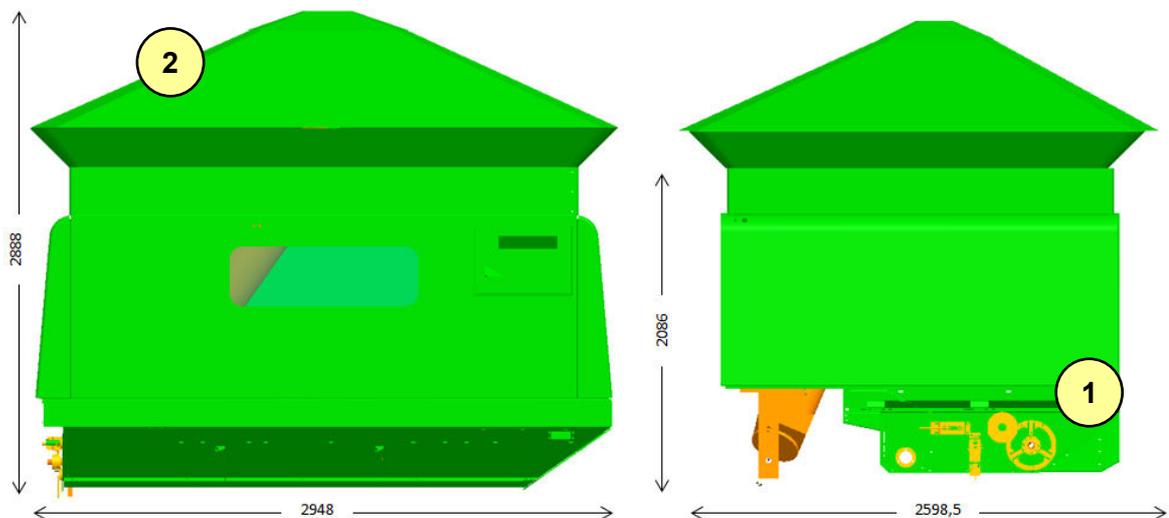
Figura 14 - Esboço da concepção final do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor

Em decorrência do esboço acima apresentado, destacam-se pontos importantes que vem de encontro com as funções específicas e conseqüentemente aos requisitos impostos a ele. A Figura 15 mostra as principais vistas juntamente com suas dimensões básicas.

Figura 15 - Vistas laterais do esboço



Fonte: Elaborado pelo autor

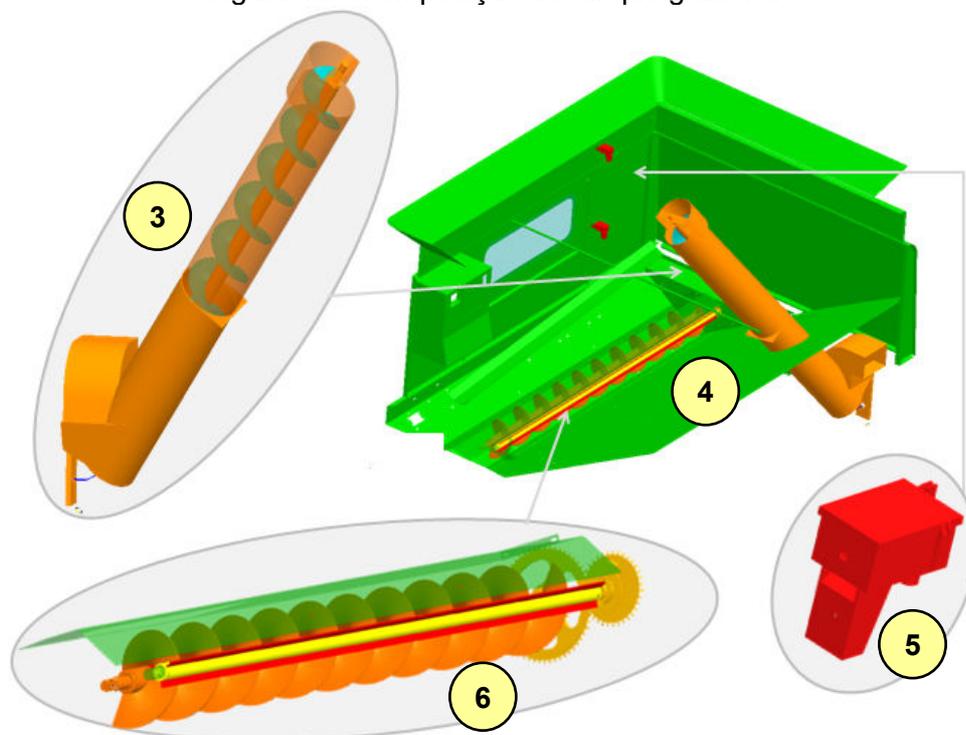
Acionamentos: Os acionamentos (1) serão realizados por meio de coroas e correntes. Ficam dispostos todos na chapa lateral e proporcionam movimento rotacional ao sem-fim e barra de revolvimento. Para cumprimento de normalizações de segurança, as partes móveis já são cobertas por blindagens da colheitadeira.

Cobertura: A cobertura (2) será composta basicamente por uma armação de lona, é um material leve e de custo inferior. O acesso ao interior do tanque fica por meio da mesma, onde através de um zíper o operador consegue abri-la.

A Figura 16 referencia os principais elementos do tanque graneleiro com a montagem propriamente dita.

Sistema de enchimento: Um sem-fim de fonte (3) realiza a movimentação dos grãos para o interior do tanque graneleiro. Sua velocidade pode ser variada de acordo com a regulagem alocada na cabine da colheitadeira. Para transporte ele pode ser deslocado, diminuindo a altura máxima da colheitadeira. Foi desenvolvido nesse conceito devido à grande confiabilidade na distribuição dos grãos em taques de proporções quadradas ou aproximadas a isso.

Figura 16 - Composição do tanque graneleiro

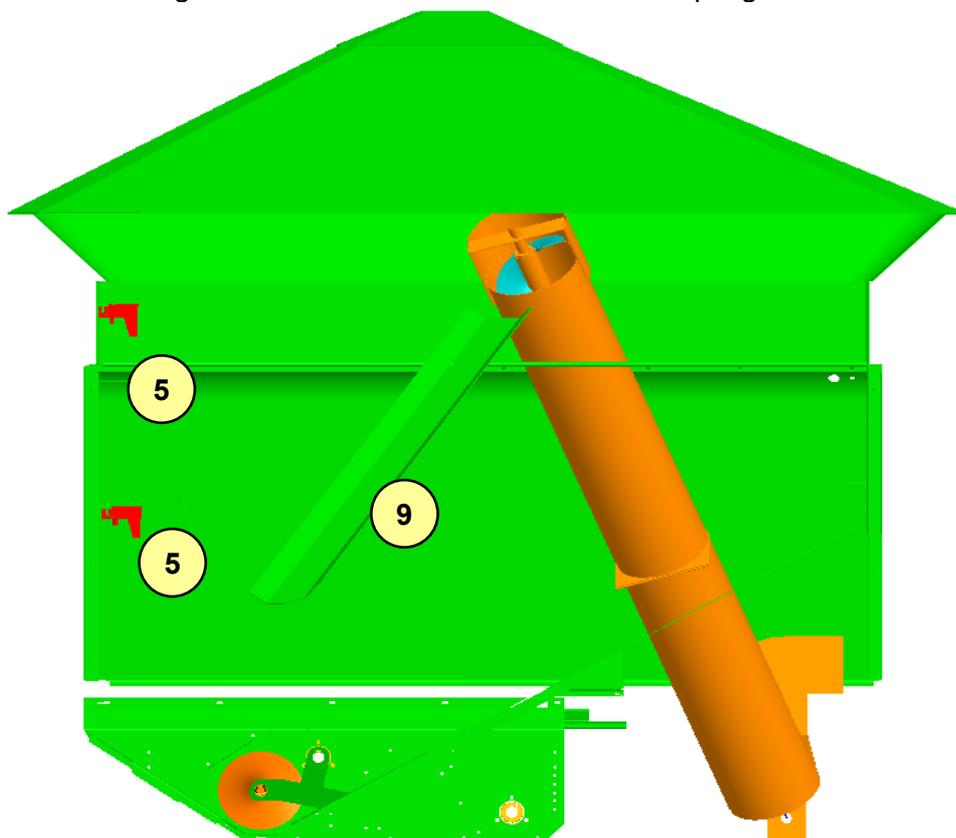


Fonte: Elaborado pelo autor

Estrutura: A geometria do tanque graneleiro (4) fica definida em “V”, onde garante maior espaço em seu interior e acompanha a geometria da colheitadeira. O ângulo de inclinação das chapas do fundo fica de acordo com as variáveis de ângulo de repouso dos grãos, garantindo escoamento dos grãos.

Na Figura 17 pode-se observar o detalhe da calha (9), disposta especialmente para reduzir o impacto entre os primeiros grãos que serão depositados no tanque graneleiro com a estrutura do tanque, reduzindo assim a danificação dos grãos.

Figura 17 - Vista lateral do interior do tanque graneleiro



Fonte: Elaborado pelo autor

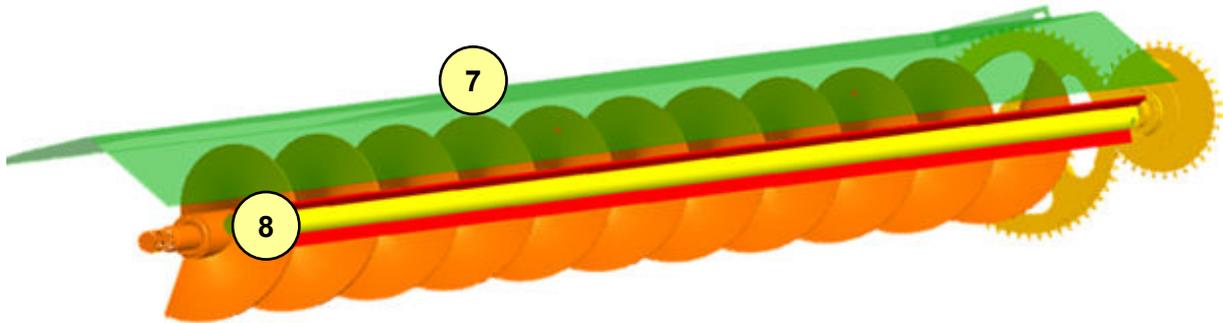
Monitoramento de enchimento: A quantidade de grãos retida dentro do tanque graneleiro será indicada por dois sensores (5), sendo que um indicará que os grãos correspondem à metade do tanque e outro a capacidade máxima, assim uma vez cheio o tanque graneleiro, indicará no painel da cabine da colheitadeira.

Sistema de descarga: O sistema de descarga (6) se dará por meio de um sem-fim, que ficará posicionado no fundo do tanque graneleiro e terá controle de vazão determinado por sua rotação e também pela altura da chapa superior, dependendo do tipo de cultura. Possui uma chapa de proteção sobre ele para evitar acúmulo de

pressão e também possui uma barra de revolvimento para garantir a alimentação do sem-fim.

A Figura 18 mostra o sistema de descarga de grãos, relacionando o chapa superior (7) e a barra de revolvimento (8).

Figura 18 - Sistema de descarga



Fonte: Elaborado pelo autor

Funcionamento do tanque graneleiro: O funcionamento tem início no sem-fim de fonte (3), onde o mesmo é acionado diretamente pelos acionamentos do elevador de grãos limpos, sendo que suas velocidades sempre devem estar sincronizadas. Então o grão que sobe pelo elevador de grãos limpos é direcionado ao tanque graneleiro através do sem-fim de fonte, para então ficar a critério do operador acionar o sem-fim descarregador (6), uma vez que poderá trabalhar sempre acionado, descarregando continuamente os grãos, ou então aguardar o enchimento do tanque para realizar tal processo. O sem-fim de descarga (6) tem seu movimento provido através de uma correia (1) que os conecta com os acionamentos da colheitadeira, tendo um interruptor na cabine do operador da colheitadeira.

4.2.7 Avaliação e aprovação da fase

O projeto proposto foi desenvolvido de forma que usufrísse dos recursos de infra-estrutura já aplicados na linha de montagem e demais áreas da fábrica, ou seja, a concepção terá total compatibilidade com os meios em que se relacionará, seja da fábrica que deverá portar o produto na sua fabricação, ou da colheitadeira que deverá comportar o produto na sua utilização.

Sendo assim, não necessita nenhum recurso tecnológico diferente do oferecido pela empresa ou seus fornecedores, em caso de itens comprados. Por

conseqüência disso temos um impacto de custo menor, onde a fabrica não terá necessidade de investimento consideráveis especificamente para esse produto.

Como 40% dos componentes da nova concepção já são itens correntes da companhia, o produto se torna mais viável, pois mantêm as principais interfaces com os outros elementos da colheitadeira e dispensa um novo desenvolvimento para estes, baixando ainda mais o custo do novo projeto.

Com base nisso e nos demais resultados apresentados na etapa anterior, a fase do projeto conceitual é aprovada, uma vez que a concepção obtida condiz com as expectativas impostas e ela.

5. CONCLUSÕES

O escopo desse trabalho foi a definição conceitual de um tanque graneleiro de capacidade superior ao tanque graneleiro que atualmente contempla a colheitadeira John Deere 1470, podendo ter seus conceitos alterados completamente ou em partes, uma vez que teria que condicionar geometria condizentes com a da colheitadeira.

Desta forma foram atribuídas hipóteses ao projeto, que por sua vez foram totalmente validadas, pois com o tanque graneleiro proposto por este projeto a capacidade de armazenamento teve um grande aumento. Da mesma forma a constituição do fundo do tanque graneleiro ser em perfil “V” garantirá sim maior aproveitamento do espaço disponibilizado ao produto, para então prover maior número de grãos em seu interior.

A obtenção dos resultados esperados teve o grande amparo da metodologia aplicada, na qual definiu em etapas claras e definidas, todo desenvolvimento desse projeto.

É preciso constar também que dificuldades foram percebidas nesse desenvolvimento, sendo na obtenção do referencial teórico específico para tanques graneleiros de colheitadeira. A elaboração do esboço também teve seu grau de dificuldade, proveniente da complexidade que representa o produto como um todo.

Em decorrência do já citado, foram encontrados resultados satisfatórios, sendo que a capacidade teve um aumento considerável de volume, passando de 6.000 litros para 8.950 litros. Alterações de conceitos e adição de acessórios foram cruciais para a obtenção desses resultados. Constatou-se que é possível reduzir custos e peso sem interferir na qualidade, do produto, como é o caso da cobertura superior. A cobertura foi substituída, passando de metálica para uma armação de lona.

Esse aumento de capacidade de armazenamento do novo tanque graneleiro, permitirá maior produtividade ao cliente agricultor, pois se antes a colheitadeira tinha que parar 12 vezes para fazer o descarregamento, agora ela precisará realizar apenas 8 paradas, possibilitando assim colher mais em menor tempo.

Assim sendo, conclui-se esse trabalho que por sua vez possibilitou elevado aprimoramento dos estudos desenvolvidos em sala de aula, durante toda decorrência do curso, deixando evidente o quanto vasto e a área de projeto e também o quanto ainda pode ser explorada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, D. C. et. al. **Gestão de desenvolvimento do produto**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- CARLITO, C. **Silos: pressões, fluxo, recomendações para o projeto, exemplos de cálculo**. São Carlos: EESC, 2007.
- BACK, N. et. al. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987.
- CALIL JR., C.; CHEUG, A. B. **Silos: pressões, fluxo, recomendações, para o projeto e exemplos de cálculos**. São Carlos: EESC, 2007.
- FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. Florianópolis, 2000. Tese de doutorado.
- FORCELLINI F. A. **Desenvolvimento de Produtos e sua importância para a competitividade**. 2002.
- GRIFFIN, G. A. **Combine Harvesting: Operating Maintaining and Improving Efficiency of Combines**. Moline: John Deere & Company. 1991.
- GOMES, F. C.; CALIL JR., C. Estudo teórico e experimental das ações em silos horizontais. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 7, n. 24, p 35-63, 2005.
- HOLBROOK, S. **Machines of plenty**. New York: THE MACMILLAN COMPANY, 1976.
- JOHN DEERE. **Banco de imagens. Documentação**. Horizontina, 2012.
- JUNG, C. G. **Metodologia para pesquisa e desenvolvimento – Aplicada a novas tecnologias**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2004.
- KNOB, A. H. **Aplicação do processamento de imagens digitais para análise da anisotropia da massa de grãos**. 2010. Dissertação (Pós-graduação em Modelagem Matemática / Classificação de grãos) – Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2010.
- Mantovani, C. A. **Metodologia de Projeto de Produto**. Apostila. Horizontina: Faculdade Horizontina, 2011. Baseada em Reis.
- MILMAN, M. **Equipamentos para pré-processamento de grãos**. Pelotas: Universitária/UFPEL, 2002.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO. NR 12: **Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978.

PAHL, G.; et. al. **Projeto na engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficazde produto, métodos e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucker; 2005

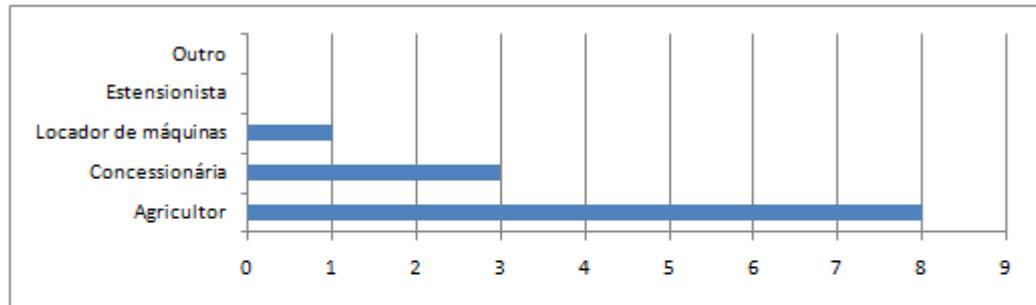
SANTOS FILHO, A. G dos; SANTOS J. E. G. G. dos. **Apostila de Máquinas Agrícolas**. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2001.

SILVEIRA, G. M da. **Máquinas para Colheita e Transporte**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.

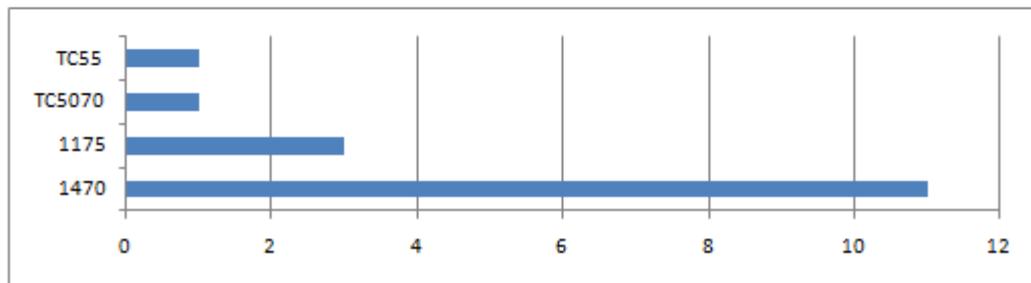
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE CAMPO REALIZADO COM O CLIENTE

Questionário para Pesquisa de requisitos de clientes

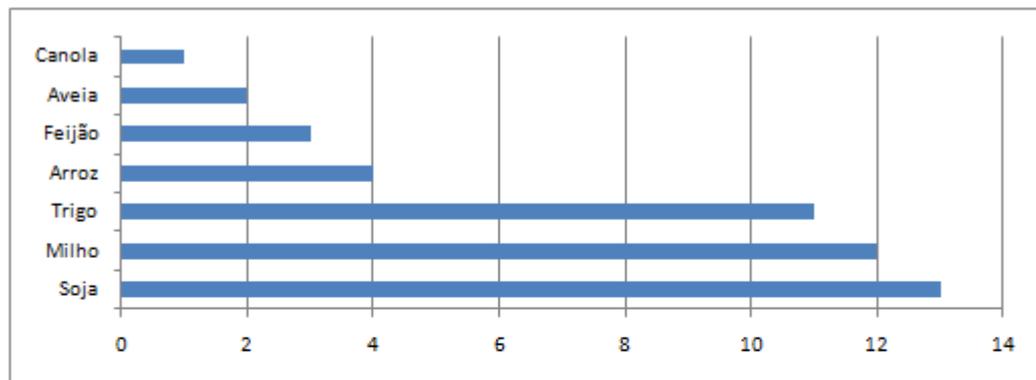
1 – Qual atividades abaixo melhor descreve o seu envolvimento com Tanques graneleiro?



2 – Qual modelo/marca de colheitadeira você trabalha?



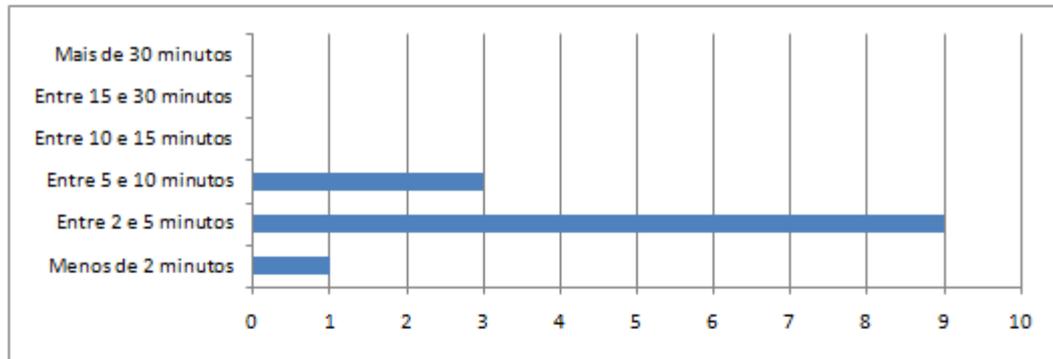
3- Quais os tipos de culturas que são cultivadas em sua propriedade ou por seus clientes?



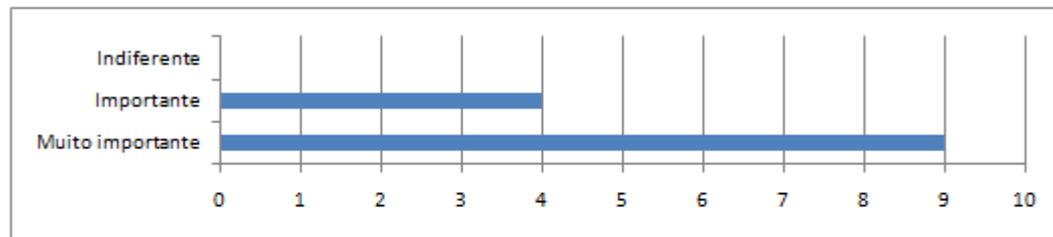
4 – Qual é a capacidade de armazenamento de grãos de sua colheitadeira atual?



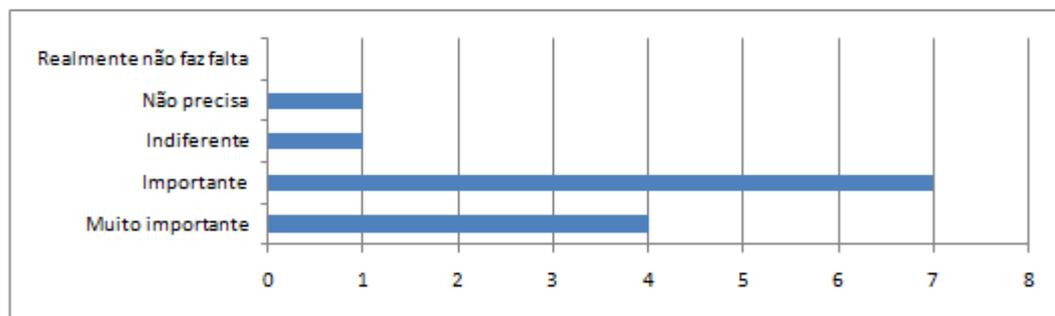
5 – Quanto tempo aproximadamente você necessita que para realizar o descarregamento de todo grão armazenado no Tanque graneleiro?



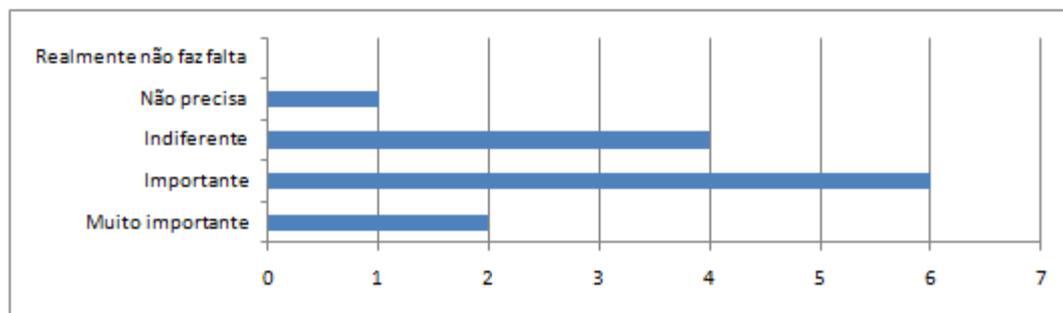
6 – Considerando que a proporcionalidade entre capacidade e tempo de descarregamentos, como você julga a importância de ter uma tanque com capacidade maior?



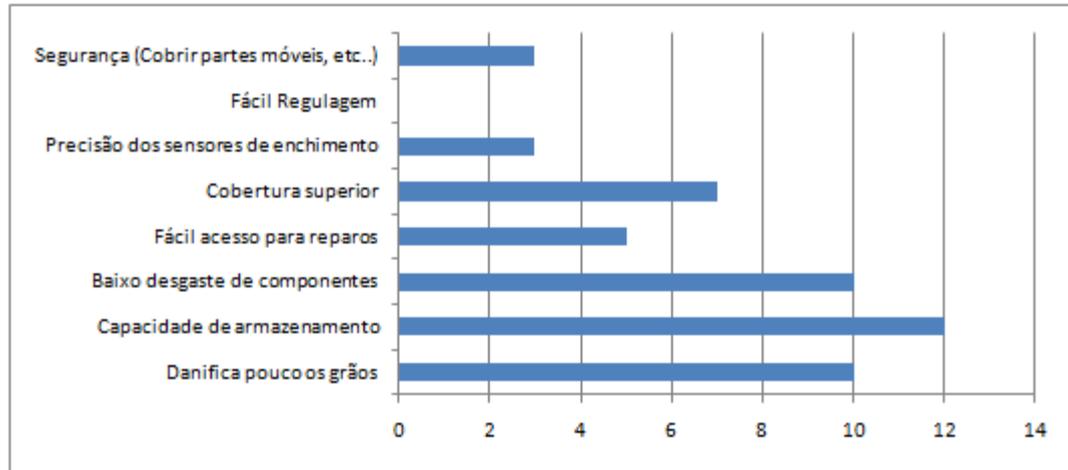
7 - Quanto você acha necessário o Tanque graneleiro ser fechado na parte superior? (considere que o isso implicará no aumento do preço de venda)



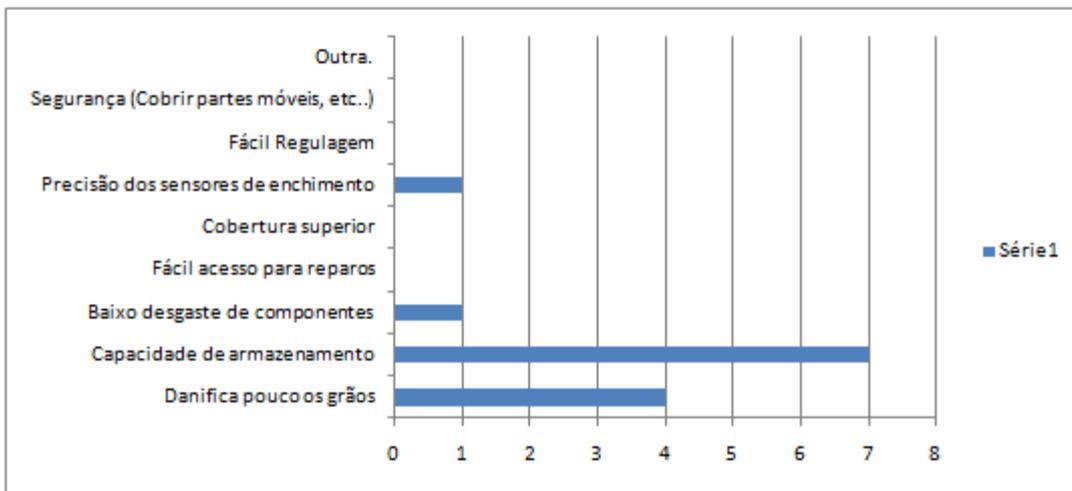
8 - Sabemos que disponibilizar sensores de tanque cheio é fundamental para o bom funcionamento do conjunto, mas quanto ao sensor de meio tanque, quanto você julga ser necessário?



9 – Quais são na sua opinião as principais características de um bom Tanque graneleiro?
(Assinale no máximo quatro alternativas)



10 - Dentre as opções marcadas acima, qual você julga ser a mais importante?
(Marque apenas uma opção)



11 – Caso tenha alguma observação a fazer quanto ao projeto de um tanque graneleiro, por favor, use o espaço abaixo para compartilhar, é muito importante para nós.

- Enchimento por completo
- Projetar o tanque de modo que a variação da quantidade de grãos interfira menos possível no no CG da máquina
- Contemplar várias culturas