



Djonathan Luan Güntzel
Jorge Adriano Ferreira dos Passos

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO FUNCIONAL DO
DISPOSITIVO COLETOR DE GRÃOS PARA ANÁLISE DO
NÍVEL DE RETRILHA DE UMA COLHEDORA**

Horizontina

2013

Djonathan Luan Güntzel
Jorge Adriano Ferreira dos Passos

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO FUNCIONAL DO
DISPOSITIVO COLETOR DE GRÃOS PARA ANÁLISE DO NÍVEL DE
RETRILHA DE UMA COLHEDORA**

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: Ricardo Ferreira Severo, Mestre.

Horizontina

2013

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“Desenvolvimento de um modelo funcional do dispositivo coletor de grãos
para análise do nível de retilha de uma colhedora”**

Elaborada por:

**Djonathan Luan Güntzel
Jorge Adriano Ferreira dos Passos**

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

**Aprovado em: 27/11/2013
Pela Comissão Examinadora**

**Prof. Dr. Richard Thomas Lermen
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Prof. Esp. Valmir Vilson Beck
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

**Prof. Eng. Francine Centenaro
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

**Horizontalina
2013**

DEDICATÓRIA

À família que sempre acreditou em nossos sonhos. Acolhedores, compreensíveis e motivadores vocês foram a fonte da nossa persistência e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos a todos que apoiaram e orientaram a busca e amadurecimento dos nossos conhecimentos e tornaram possível a execução desse trabalho. Em especial ao Mestre Ricardo Ferreira Severo (In memoriam).

“Se queres colher em um ano, deves plantar cereais; se queres colher em uma década, deves plantar árvores; mas se queres colher a vida inteira, deves educar e capacitar o ser humano.”

(KAWANTSU – Filósofo Chinês)

RESUMO

As companhias buscam cada vez mais desenvolver produtos que forneçam melhores resultados para seus clientes tendo assim um diferencial competitivo. Na busca de melhores produtos a empresa John Deere realiza diversos testes de desempenho em diferentes culturas, um dos testes realizado é a análise do nível de retilha em colhedoras. A importância desse teste se dá pelo fato de que altos índices de retilha provocam danos às sementes e diminuição da capacidade de trilha e separação da colhedora, uma vez que sobrecarrega o rotor da máquina. Atualmente as coletas de amostra de retilha são realizadas manualmente através do uso de equipamentos pouco precisos, necessitando de três operadores que são expostos a riscos de segurança e ergonomia. Esse trabalho explora o problema e propõe a automatização da tarefa através do uso de um dispositivo eletropneumático desenvolvido pelos acadêmicos, tornando a atividade mais rápida e eficiente, utilizando menor quantidade de recursos humanos e principalmente melhorando aspectos referentes à segurança e a ergonomia dos operadores. Os objetivos desse trabalho são o desenvolvimento do conceito do dispositivo, sua fabricação e a realização de testes de montagem e funcionamento. Os resultados obtidos através da realização desse trabalho foram o desenvolvimento do conceito, a fabricação do protótipo e os testes práticos que comprovaram a eficácia do dispositivo, pois o mesmo atende os requisitos dos clientes. O trabalho gerou benefícios para a empresa e seus funcionários em virtude da eliminação dos riscos à segurança e ergonomia, além da redução do uso de recursos, e aumento da praticidade e precisão das coletas.

Palavras-chave: Colhedora. Retilha. Dispositivo de coleta.

ABSTRACT

Companies seek each time more to develop products that provide best results to their costumers, having a competitive advantage. Looking for better products, Jonh Deere Company makes many performance tests, in different crops. One of the tests to be performed is the tailing level analysis in combines. The importance of this test occurs due to the fact that high tailing level cause a damage to seeds and also the trashing capacity reduction because it overloads the machine rotor. Nowadays the collection of tailing sample is manually performed by using imprecise equipment, in need of three operators, that are exposed to safety and ergonomics risks. This paper, explored the problem and proposed the automation of the tasks by using an electro-pneumatic device developed by the students, making the activity faster and more efficient, using the minimum of human resources specially improving aspects relating to operator´s safety and ergonomic conditions. The objectives of this paper are the development of the device design, his fabrication and assembly and performance tests. The results of this paper were the device´s concept development, the prototype construction and the field test performed that proves the tailings catches device´s efficiency, attending the customer´s needs. This paper brought some benefits to the company as the safety and ergonomic risk elimination, besides the reduction of resources and also the practicality and precision increase.

Keywords: Combine. Tailings. Catches device.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Constituição de uma Colhedora de Cereais Típica	13
Figura 2 - Divisão do Processo de Desenvolvimento do Produto em fases.....	19
Figura 3 - Fluxograma do desenvolvimento do produto, Fase 1.....	21
Figura 4 - Fluxograma do desenvolvimento do produto, Fase 2.....	22
Figura 5 - Fluxograma do desenvolvimento do produto, Fase 3.....	23
Figura 6 - Matriz Morfológica	27
Figura 7 - Variantes de Concepções para o dispositivo	28
Figura 8 - Modelo 3D do dispositivo.....	30
Figura 9 - Especificações do trilho telescópico.....	33
Figura 10 - Vista explodida do dispositivo de coleta de sementes de retilha.....	34
Figura 11 - Esquema eletropneumático	34
Figura 12 - Conjunto de peças cortadas em laser.....	36
Figura 13 - Conjunto ponteadado por solda e montado na colhedora.....	36
Figura 14 - Dispositivo finalizado e montado na colhedora	37
Figura 15 - Caixa de comando do dispositivo	37
Figura 16 - Teste de montagem na colhedora.....	38
Figura 17 - Acoplamento do dispositivo	39
Figura 18 - Acoplamento elétrico e pneumático	39
Figura 19 - Montagem da bandeja coletora.....	40
Figura 20 - Painel de controle do dispositivo.....	41
Figura 21 - Acionamento da janela coletora.....	41
Figura 22 - Produto coletado.....	42
Figura 23 - Sistema de vedação	42
Figura 24 - Caixa de comando com relé temporizador.....	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Requisitos do Modelo.....	25
Quadro 2 – Quadro de Especificações do Modelo	25
Quadro 3 – Matriz de decisão	29
Quadro 4 – Elementos para ligação eletropneumáticas	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1	MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA.....	12
2.2	COLHEDORA DE GRÃOS.....	12
2.2.1	Sistema de trilha em colhedoras axiais.....	14
2.3	TAREFAS MANUAIS E AUTOMATIZADAS.....	15
2.4	VALIDAÇÃO DE PRODUTO.....	16
2.5	DISPOSITIVOS DE COLETA UTILIZADOS EM TESTES DE DESEMPENHO.....	17
2.6	METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO.....	18
3	METODOLOGIA	21
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	21
3.2	PLANEJAMENTO DO MODELO.....	23
3.2.1	Etapa 1 – Estabelecer os requisitos dos clientes.....	23
3.2.2	Etapa 2 – Definições das métricas do modelo.....	25
3.3	PROJETO DO MODELO.....	26
3.3.1	Etapa 1 – Pesquisar por princípios de solução.....	26
3.3.2	Etapa 2 – Combinar princípios de solução.....	27
3.3.3	Etapa 3 – Selecionar combinações.....	28
3.3.4	Etapa 4 – Finalizar o conceito do modelo.....	29
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	32
4.1	AVALIAÇÃO DO PRODUTO.....	32
4.1.1	Etapa 1 – Fabricar modelo físico.....	32
4.1.2	Etapa 2 – Verificar a aplicação prática.....	37
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	45
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
	APÊNDICE A	48
	APÊNDICE B	51

1 INTRODUÇÃO

O sucesso de uma companhia depende diretamente da satisfação dos seus clientes com o desempenho de seus produtos. Por essa razão, as organizações buscam cada vez mais conhecer a eficácia de seus produtos frente aos seus concorrentes através de testes comparativos.

A empresa John Deere possui um grupo de trabalho responsável pelas análises de desempenho de seus produtos. Durante os testes em colhedoras uma das informações coletadas é índice de retilha gerado em uma determinada regulagem da máquina, atualmente essa coleta é feita manualmente, apresentando riscos à segurança e ergonomia além de utilizar três recursos humanos para a sua execução.

Portanto o problema que este trabalho busca resolver é como aperfeiçoar a coleta de grãos para a análise do nível de retilha, utilizando menos recursos, menor tempo, com maior segurança e ergonomia. A segurança é uma questão muito importante e representa a principal justificativa do trabalho, pois os testes atuais expõem os operadores a condições inseguras, como por exemplo, a exposição ao ambiente com ruído e poeira, proximidade dos operadores á partes moveis da máquina e postura inadequada.

O objetivo geral desse trabalho é desenvolver o conceito de um dispositivo para a automatização da atividade de coleta de retilha. Os objetivos específicos são, realizar a fabricação de uma amostra e testá-la em campo para verificar se o conceito elimina os riscos de segurança e ergonomia existentes, além de trazer ganhos referentes ao uso de recursos e de tempo.

Para atingir esse objetivo primeiramente foram identificados os requisitos para o dispositivo, seguindo o método desenvolvido a partir de teorias de desenvolvimento de projeto do produto. Na sequência elaborou-se um modelo do conceito escolhido e uma lista de materiais que possibilitaram sua fabricação e posteriormente a realização dos testes em campo para a avaliação.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

De acordo com Balastreire (1987) nos primórdios toda a operação de colheita era realizada manualmente. Com o aumento da população e a necessidade de maior produção de alimentos, o número de pessoas empregadas na agricultura cada vez menor, as operações começaram a ser mecanizadas com a primeira colhedora de cereais construída em Michigan, EUA.

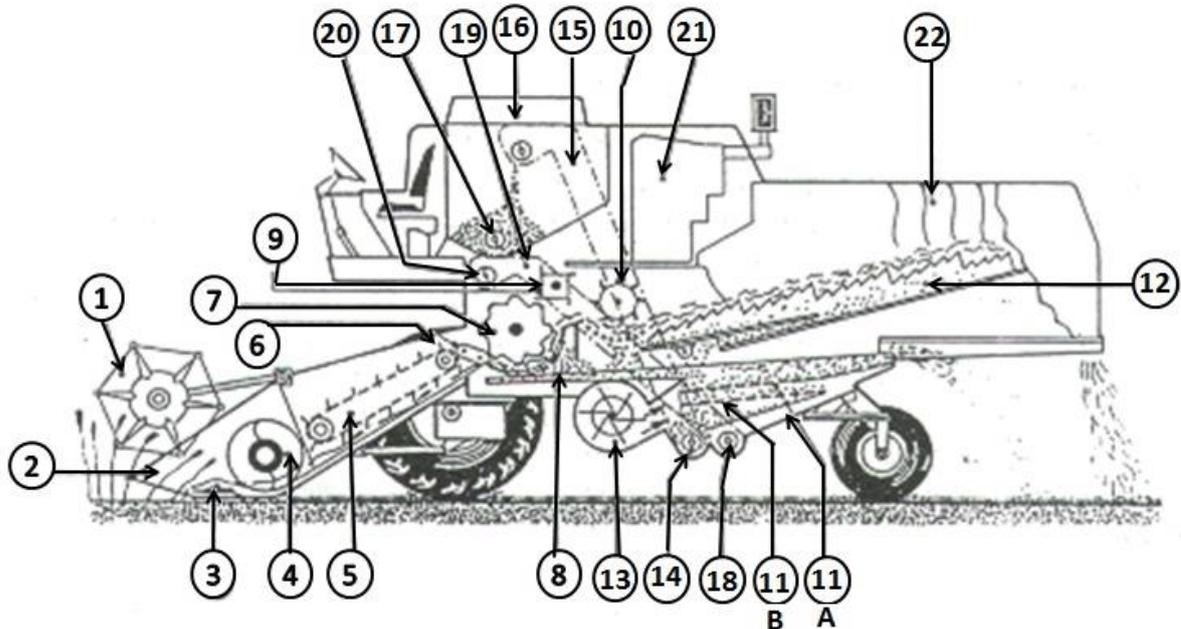
Machado (2003) define a colheita como sendo a última etapa do processo produtivo, e que nessa fase todos os investimentos e esforços para alcançar um bom rendimento na lavoura foram executados, faltando apenas a retirada do produto.

As colhedoras automotrizes são muito importantes para a retirada dos cereais da lavoura através da operação de colheita. O tipo de cultura e as características da máquina a ser utilizada devem ser levados em conta, outro fator é a umidade das sementes que exerce influência na operação de trilha. Cada cultura apresenta uma faixa de umidade ideal, mas como é impossível efetuar toda a colheita com as condições de umidade ideal, é necessário a regulagem da colhedora para um melhor rendimento e menor número de perdas (MACHADO, 2003).

2.2 COLHEDORA DE GRÃOS

Segundo Queiroz; Silva; Salvador (2011), a colhedora combinada de hoje é uma máquina complexa e seus componentes básicos são apresentados na Figura 1. Pode-se afirmar que nas colhedoras combinadas os componentes são separados nos seguintes sistemas, corte e alimentação, trilha, separação, limpeza e manejo de grãos.

Figura 1 - Constituição de uma Colhedora de Cereais Típica



Fonte: Queiroz; Silva; Salvador, 2011.

Queiroz; Silva; Salvador (2011) referem-se às partes da colhedora como: 1) molinete, 2) divisor lateral, 3) barra de corte, 4) transportador helicoidal, 5) elevador de esteira, 6) separador de pedras, 7) cilindro trilhador, 8) côncavo, 9) batedor, 10) separador, 11) peneiras - A (superior) e B (inferior), 12) saca-palhas, 13) ventilador, 14) transportador para grãos limpos, 15) elevador de grãos limpos, 16) depósito de grãos, 17) transportador helicoidal de grãos limpos, 18) transportador de grãos para retilha, 19) transportador de grãos para segunda retilha, 20) condutor helicoidal alimentador do cilindro da segunda retilha, 21) motor, 22) cortinas homogeneizadoras.

Conforme Deere&Company (1991) as colhedoras classificam-se em convencionais em razão de possuírem cilindro de trilha com saca-palhas e em colhedoras axiais onde o rotor substitui o cilindro de trilha e o saca-palhas para a trilha e separação.

Dallmeyer (2008) evidencia que as colhedoras de fluxo axial chegaram ao mercado mundial em 1975, quando a fabricante New Holland lançou uma colhedora com dois rotores paralelos fazendo as funções de trilha e separação. As colhedoras de fluxo axial são máquinas, no qual o material trilhado segue ao longo do cilindro de trilha ao contrário do conceito anterior em que o fluxo de material ocorre no sentido oblíquo.

2.2.1 Sistema de trilha em colhedoras axiais

O mercado dispõe de colhedoras com sistema de trilha com cilindro e côncavo transversal (convencionais), e as de fluxo axial, que podem produzir efeitos diferenciados na qualidade fisiológica do material a ser utilizado como semente. Dentre as máquinas de fluxo axial existem ainda as de rotor simples e as de rotor duplo, estas últimas muito pouco estudadas. Geralmente, o que se espera de um mecanismo de trilha é a diminuição das perdas de sementes durante o processo, a redução dos danos mecânicos transmitidos às sementes e a separação correta dos grãos. (CUNHA; PIVA; OLIVEIRA, 2009 p. 37).

Em todos os modelos axiais a operação de trilha é executada na parte anterior, cerca de 1/3, e no restante opera-se a separação de grãos da palha. (DALLMEYER, 2008).

Dallmeyer (2008) também comenta que as colhedoras John Deere possuem um rotor com diâmetro diferenciado, menor na secção de trilha e maior no segmento de separação, melhorando assim o fluxo de material, evitando o embuchamentos e auxiliando no processo de retrilha da palha existente em um cilindro batedor transversal posterior.

De acordo com Deere&Company (1991) após a trilha e separação os grãos de cereais ainda estão misturados com pequenas impurezas como palha e pedaços de sabugo. O sistema de limpeza da máquina tem a função de separar as impurezas do grão que limpo será armazenado no tanque de grãos.

Segundo Queiroz; Silva; Salvador (2011) o sistema de limpeza é composto por três elementos, peneira superior, peneira inferior e ventilador. O ventilador é montado na frente das peneiras tendo assim um fluxo de ar por entre as peneiras para retirar as impurezas contidas na massa de grão, a peneira superior vibra e com o fluxo de ar separa os grãos das impurezas maiores já a peneira inferior que também vibra termina a separação e direciona os grãos para serem levados ao tanque graneleiro.

Conforme Deere&Company (1991), o produto resultante no final da peneira superior é direcionado para o elevador da retrilha, pois é composto por grãos não trilhados ou não separados. A função da retrilha é submeter esse material a uma

nova trilha e separação, podendo ser executada por um sistema de retrilha independente ou pelo próprio rotor da colhedora.

2.3 TAREFAS MANUAIS E AUTOMATIZADAS

De acordo com Lima; Toledo; Teixeira (2009) o ser humano realiza tarefas manuais diariamente que estão ligadas a tarefa postural. Partindo do pressuposto de que ambas as tarefas exigem atenção, ainda não há consenso sobre como o sistema nervoso central modula os ajustes posturais em tarefas desta natureza.

Automação, do latim *Automatus*, que significa mover-se por si, é a aplicação de técnicas, softwares e/ou equipamentos específicos em uma determinada máquina ou processo industrial, com o objetivo de aumentar a sua eficiência, maximizar a produção com o menor consumo de energia e/ou matérias primas, menor emissão de resíduos de qualquer espécie, melhores condições de segurança, seja material, humana ou das informações referentes a esse processo, ou ainda, de reduzir o esforço ou a interferência humana sobre esse processo ou máquina. (AMÉRICO; AZEVEDO; SOUZA, 2011 p. 1)

Felizardo; Bracarense (2006) refere-se à automação como uma operação de controle automático de um equipamento, processo ou de um sistema, por meio mecânico ou eletrônico, substituindo os esforços e decisão humana. Também pode ser todas as funções ou passos de uma operação executados e controlados por estes sistemas podendo ou não incluir o carregamento e descarregamento do componente de operação, a automação pode ser também parcial com algumas funções ou passos manuais.

Também sobre as tarefas automatizadas Bernardo; Kon (2008) relatam que devido as dificuldades envolvendo questões humanas, técnicas, burocráticas, de negócio e políticas. Os sistemas e software devem fazer corretamente o que o cliente precisa, mas também fazê-lo de forma segura, eficiente e escalável e serem flexíveis, de fácil manutenção e evolução.

Nessa mesma linha de pensamento Capelli (2007) afirma que isso foi conseguido com a integração de sistemas e distribuição da inteligência nos diversos pontos da cadeia produtiva, esse sistema deve compor desde o nível de chão de fábrica, sensores e atuadores, até o controle de processos. Eles podem trazer

algumas vantagens como maior produtividade, otimização de espaços, melhora da qualidade do produto, maior segurança para os operadores e redução de refugos.

Capelli (2007) também argumenta que qualquer que seja o segmento industrial, a automação tornou-se necessária à sobrevivência em mercados dinâmicos e flexíveis, onde a presença humana é cada vez mais rara e bem remunerada.

2.4 VALIDAÇÃO DE PRODUTO

Romano (2003) define a validação do projeto junto ao cliente que o contratou como a última fase da implementação e do processo de desenvolvimento, sendo o momento em que o projeto é encerrado. Dessa forma é necessário a realização de uma reunião para revisão das atualizações do plano do projeto e do capital necessário para realizar as atividades da fase. Outras questões a serem abordadas são a avaliação da satisfação dos clientes, monitoramento da performance, monitoramento das informações de segurança utilização/operação, entre outras.

A avaliação final consiste na análise do relatório de validação que apontará para cada item, o valor médio segundo a opinião dos clientes e/ou usuários. Da análise resulta a definição de ações corretivas para os problemas identificados, definição dos prazos para a implementação e, a implementação propriamente dita. (ROMANO, 2003 p. 230).

Já a norma ISO 9001:2008 define que o desenvolvimento de projeto deve contemplar uma fase de validação do produto a fim de assegurar que o produto atenda os requisitos de projeto. A validação deve ser concluída antes da entrega ou implementação do produto, mantendo-se os registros dos resultados de validação e quaisquer ações necessárias.

Os critérios de testes e validação de colhedoras de grãos são estabelecidos pela norma ISO 8210, que especifica os métodos e técnicas a serem seguidos para medir importantes características das máquinas. Critérios para avaliação de áreas distintas como conforto e segurança, testes de performance, testes de capacidade e testes comparativos entre modelos são cobertos pela norma ISO 8210, que define como as amostras e dados devem ser coletados, analisados e reportados nos relatórios.

2.5 DISPOSITIVOS DE COLETA UTILIZADOS EM TESTES DE DESEMPENHO

Foucalt (1997 *apud* KLEIN 2007) afirma que “o dispositivo, consiste numa rede que pode ser estabelecida entre diferentes elementos.”

O modo convencional de desenvolvimento de uma funcionalidade é estudar o problema, pensar em uma solução e, em seguida, implementá-la. Após esses três passos, o desenvolvedor faz testes manuais para verificar se está tudo funcionando como o esperado. É normal que erros sejam detectados ao longo do processo de desenvolvimento, então os desenvolvedores precisam encontrar o erro, corrigi-lo e refazer o conjunto de testes manuais. (BERNARDO; KON; 2008 p. 1).

As normas ASAE S396.2 e ISO 8210 estabelecem os critérios para teste de capacidade e desempenho de uma colhedora. O item 5 da norma ASAE e o item 7.4 da norma ISO citam os requisitos que devem ser levados em consideração para a construção e operação de equipamentos de coleta de grãos. As normas convergem para os mesmos requisitos:

- Todo o material da colhedora, relativo a área a ser avaliada, deve ser coletado durante o teste;
- Os dispositivos para coleta devem prezar pela segurança dos operadores;
- As coletas devem ser iniciadas e paradas com a colhedora ainda em movimento;
- O dispositivo não deve impactar significativamente no desempenho da colhedora, e não pode alterar as características do produto coletado;
- As coletas devem ser realizadas em taxa normal e separadamente nos pontos de descarga de material e pontos de limpeza de grãos.
- Se a máquina estiver equipada com um equipamento auxiliar de limpeza, os dados devem ser somados aos dados da colhedora.
- Amostras de grãos para análise devem ser coletadas através de um recipiente posicionado no ponto de maior fluxo.

2.6 METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Conforme Back (1983) todos os projetos seguem uma ordem cronológica, seguidos por uma sequência de eventos devidamente encaixados de modo a transformar recursos em objetos úteis.

De forma mais abrangente, Back (1983) cita as seguintes fases existentes no processo de desenvolvimento de novos produtos:

- Estudo da viabilidade;
- Projeto preliminar;
- Projeto detalhado;
- Revisão e testes;
- Planejamento da produção;
- Planejamento de mercado;
- Planejamento para consumo e manutenção;
- Planejamento da obsolescência.

Para Amaral et al (2006), o processo de desenvolvimento de produtos envolve diversas atividades que são originadas a partir das necessidades identificadas em um grupo de clientes em potencial e objetivam a identificação das especificações do produto de modo a suprir tais necessidades.

“O modo como a empresa desenvolve produtos, ou seja, sua estratégia de produto e como ela organiza e gerencia o desenvolvimento é que determinará o desempenho do produto no mercado e a velocidade, eficiência e qualidade do processo de desenvolvimento”. Amaral et al (2006, pg. 34).

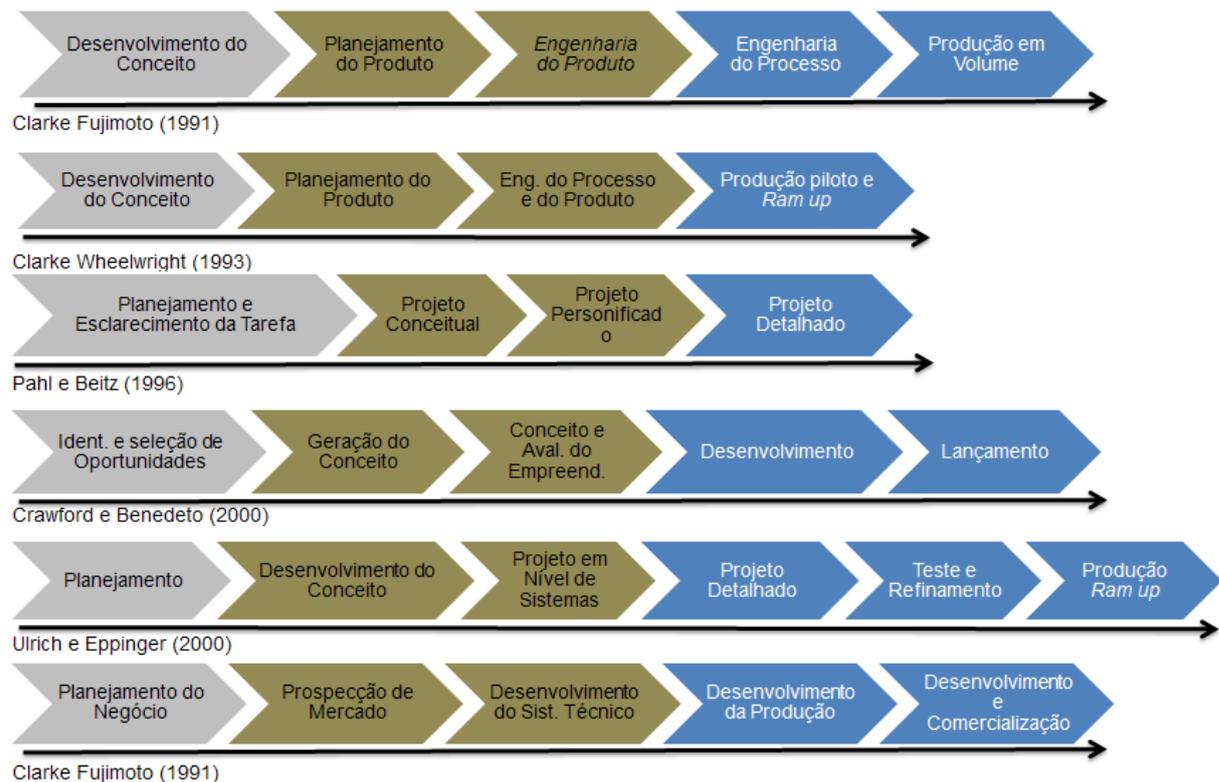
Amaral et al (2006) evidencia a necessidade de haver uma gestão de desenvolvimento do produto nas empresas, para fazer avaliações contínuas do ambiente em que a empresa está inserida, monitoramento da eficácia de seu programa, propor ajustes e melhorias.

Observa-se que várias definições apresentadas indicam que o produto é desenvolvido ao longo de estágios ou fases, constituindo então o PDP¹. Essa divisão em fases e em grupo de atividades é uma das maneiras utilizadas para lidar com a complexidade desse processo. (ROMEIRO FILHO ET AL, 2010 p. 20).

¹ PDP: Processo de Desenvolvimento de Produto.

Na Figura 2 Codinhoto (2003 *apud* Romeiro Filho et al 2010), demonstra um comparativo entre algumas metodologias existentes e suas fases de desenvolvimento de novos produtos:

Figura 2 - Divisão do Processo de Desenvolvimento do Produto em fases



Fonte: Codinhoto, 2003 *apud* Romeiro Filho et al, 2010.

A literatura também denomina o processo de desenvolvimento de novos produtos como “modelo de referência para desenvolver produto”, “desenvolvimento integrado de produtos”, dentre outras expressões. Embora cada uma dessas denominações traga algumas diferenças, em essência são muito semelhantes. (ROMEIRO FILHO ET AL, 2010 p. 20).

Projeto Informacional, segundo Amaral et al (2006), é tido como a fase de planejamento do produto, cujo ponto de partida é a definição do problema. Os resultados obtidos ao final dessa fase são a clara definição do escopo do projeto, descrevendo o produto a ser desenvolvido, suas especificações, restrições, além das atividades e recursos planejados.

Amaral et al (2006), enfatiza que na etapa de projeto conceitual a equipe busca, cria, representa e seleciona soluções para o problema do projeto. A

representação das soluções pode ser feita por meio de esquemas, croquis e desenhos, que combinadas oferecerão uma gama de possíveis soluções para o projeto.

Tendo elencado as soluções que serão utilizadas no produto, obtém-se o conceito final. Conforme Amaral et al (2006), para sua representação é utilizado um modelo tridimensional para demonstrar a forma do produto e textos descrevendo as tecnologias aplicáveis, seus princípios de funcionamento, e descrição concisa de como suprirá as necessidades dos clientes.

Para Rozenfeld et al (2006), a fase do Projeto Conceitual é uma das fases mais importantes no processo de projeto de um produto, pois a partir das decisões tomadas ao final dessa fase é iniciada a fase de detalhamento do projeto, onde haverá investimento na fabricação de protótipos para testes de conceitos, consumindo altos valores monetários e considerável tempo.

3 METODOLOGIA

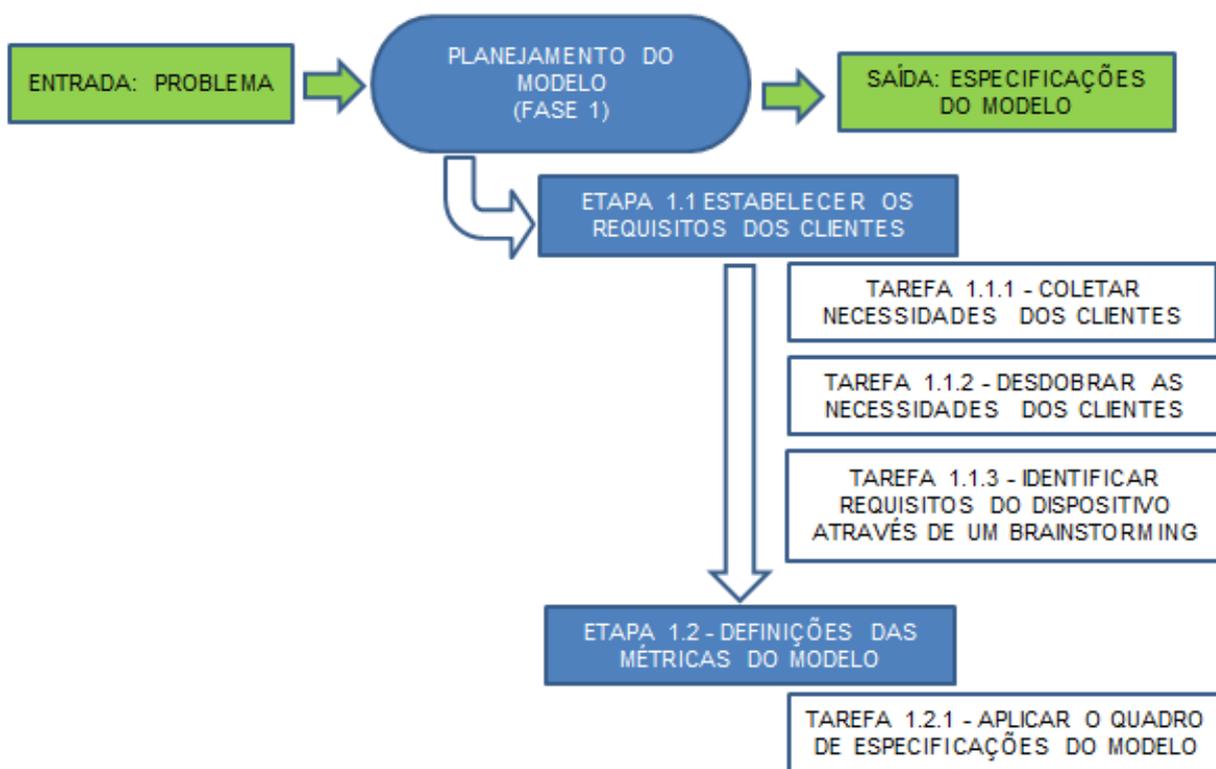
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

A metodologia que foi seguida nesse trabalho baseia-se essencialmente nas metodologias de desenvolvimento de projeto propostas pelas teorias de Pahl; Beitz (2005), e Rozenfeld et al (2006), que sugerem o desenvolvimento de projeto de produto de forma sequencial, composto por fases, etapas e atividades.

Em razão do trabalho representar a solução para um problema enfrentado atualmente para um cliente conhecido e não havendo a intenção de produção para comercialização, entende-se que o trabalho diferencia-se do projeto de um novo produto. Justifica-se dessa forma uma adaptação das fases de desenvolvimento do projeto de produto para alinhamento aos objetivos do trabalho.

A primeira fase do desenvolvimento do produto consistiu no seu planejamento, sendo a principal entrada o problema que se objetiva resolver e a saída da fase consistiu nas especificações do modelo, conforme Figura 3.

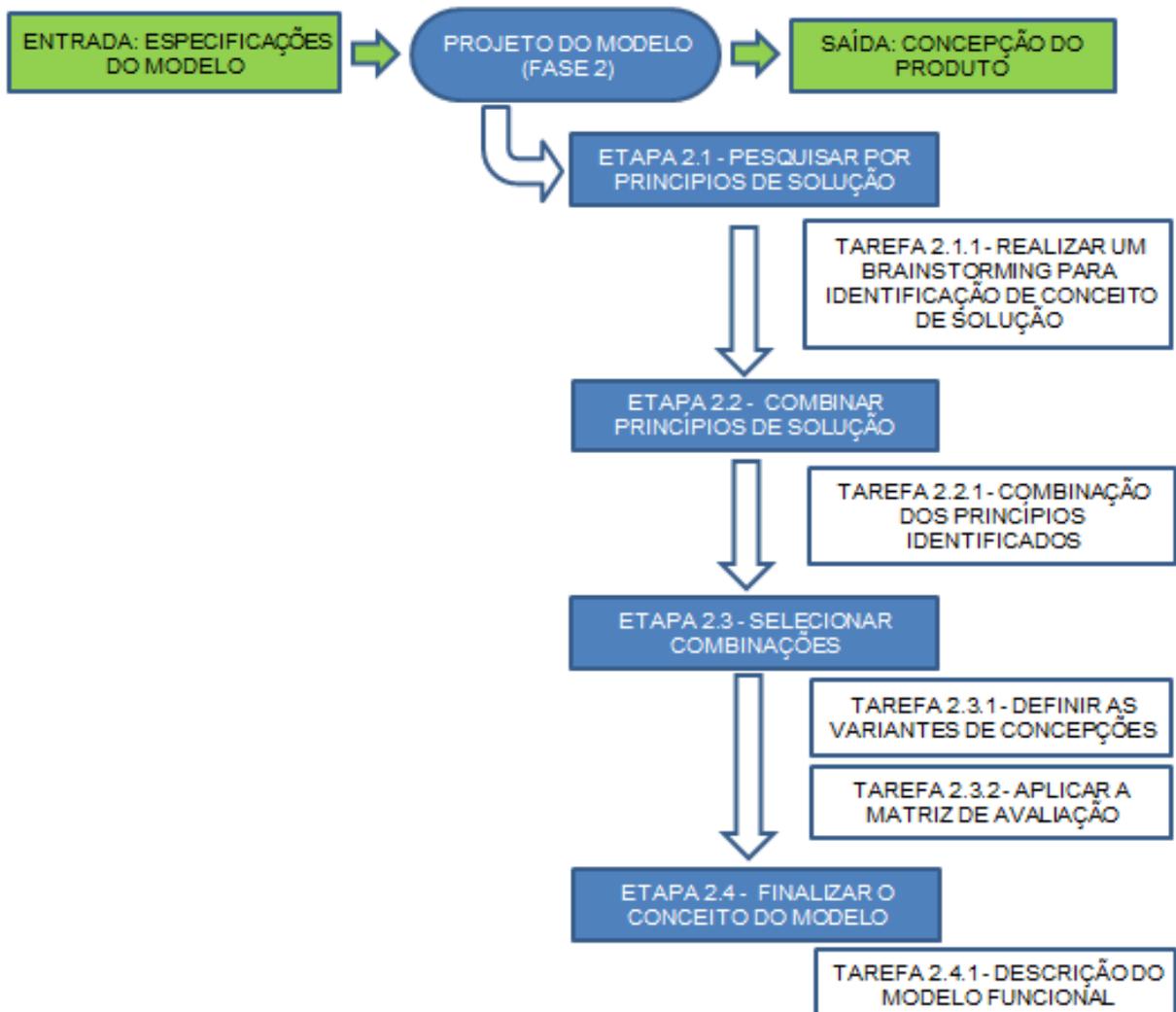
Figura 3 - Fluxograma do desenvolvimento do produto, Fase 1



Fonte: Adaptado de Pahl & Beitz, 2005.

A segunda fase exposta pela Figura 4 definiu as principais etapas para o projeto do modelo. Esta fase partiu das especificações do modelo para a escolha dos princípios de solução, sendo finalizada através da concepção do produto escolhido por meio de uma matriz de avaliação. Ao final dessa fase objetivou-se obter um modelo tridimensional do produto em questão.

Figura 4 - Fluxograma do desenvolvimento do produto, Fase 2

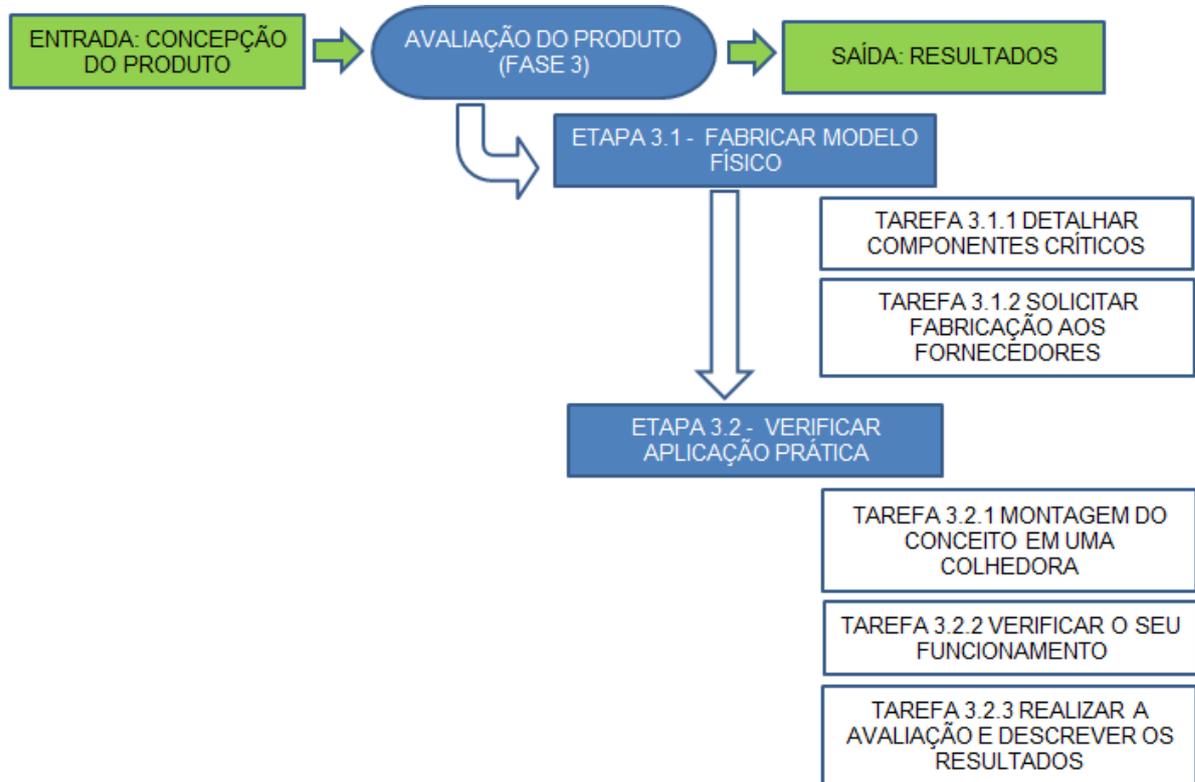


Fonte: Adaptado de Pahl; Beitz, 2005.

A última fase do desenvolvimento do projeto, Figura 5, objetivou a avaliação do produto. Partindo da concepção do produto, elaborou-se os desenhos detalhados dos principais componentes do projeto de forma que fosse possível a fabricação do modelo funcional. Em posse do modelo físico foi verificada sua aplicação prática quanto à montagem e funcionamento, para compreender se o mesmo atendeu o

propósito para o qual foi desenvolvido. A saída dessa fase consistiu na documentação dos resultados obtidos na avaliação do produto.

Figura 5 - Fluxograma do desenvolvimento do produto, Fase 3



Fonte: Adaptado de Pahl; Beitz, 2005.

3.2 PLANEJAMENTO DO MODELO

O planejamento do modelo consistiu na primeira fase descrita na metodologia e objetivou a obtenção das especificações do modelo. Esta fase dividiu-se em duas etapas e para completar a mesma o grupo executou as tarefas existentes dentro de cada uma delas.

3.2.1 Etapa 1 – Estabelecer os requisitos dos clientes

A primeira tarefa executada durante o desenvolvimento dessa etapa consistiu na coleta de informações para identificação das necessidades dos clientes, entende-se por clientes o grupo de pessoas que trabalham no time que realiza testes de desempenho das colhedoras.

A ferramenta utilizada para a coleta de informações foi um questionário conforme Apêndice A, elaborado e aplicado pelos acadêmicos. O questionário foi formulado com questões fechadas e objetivou conhecer em quais testes a tarefa de coletas é realizada, sua frequência, os recursos de tempo e operadores necessários para execução, precisão das amostras e fatores de segurança e ergonomia inerente à tarefa.

Em posse dos questionários respondidos os acadêmicos fizeram a sua tabulação o que possibilitou obter maior entendimento do cenário atual. Com base nas informações recebidas, as coletas de retilha são realizadas sempre que é feita a regulagem inicial de uma colhedora, porém possuem maior importância nos testes de desempenho. Durante os testes de desempenho são colhidas de três a quatro amostras diárias, sendo que cada coleta dura em média 10 minutos e necessita de três operadores para a sua execução. O grupo considera que a tarefa é de baixa complexidade e fácil execução, porém evidenciou que a mesma oferece altos riscos à segurança e a ergonomia dos operadores.

Para melhorar a qualidade de informações possibilitando maior clareza principalmente dos riscos referente à segurança e a ergonomia que a tarefa apresenta, optou-se pela realização de uma observação em loco registrado por meio de um relatório disponível no Apêndice B. Durante o acompanhamento dos testes verificou-se que a tarefa demanda três operadores e possui um tempo de execução médio de 2 minutos e 14 segundos além de um tempo de preparação que varia de 5 a 15 minutos, os equipamentos utilizados pelo grupo são improvisados e pouco precisos, os fatores que afetam a segurança e a ergonomia são o ruído, a poeira, a postura do operador e sua proximidade com partes móveis da colhedora.

Orientado através das informações coletadas nos questionários e na observação prática realizou-se uma reunião com a equipe responsável pelas coletas. Apoiada pela técnica do *Brainstorming*² foram identificadas as características fundamentais do dispositivo que posteriormente foram desdobradas em requisitos do modelo e hierarquizados conforme observado no Quadro 1:

² “Brainstorming é uma ferramenta para geração de novas idéias, conceitos e soluções para qualquer assunto ou tópico num ambiente livre de críticas e de restrições à imaginação” (SIQUEIRA, 2013, p.1).

Quadro 1 – Requisitos do Modelo

1º	Ser seguro
2º	Ser ergonômico
3º	Ser prático
4º	Ser de fácil instalação
5º	Ser preciso
6º	Ser de simples utilização
7º	Ter bom acabamento
8º	Resistente a situações adversas
9º	Ter acionamento automatizado

3.2.2 Etapa 2 – Definições das métricas do modelo

A definição das métricas envolveu um conjunto de informações tangíveis para planejar o modelo, realizar estimativas, planejar e controlar a sua execução.

A informação base para a definição das métricas foram os requisitos dos clientes identificados na etapa anterior. São nove requisitos dos clientes e o grupo definiu a meta para cada um deles além da forma de avaliação, bem como os aspectos indesejados, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Quadro de Especificações do Modelo

REQUISITOS	META	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS INDESEJADOS
Ser seguro	Não oferecer riscos à segurança	Teste de campo	Oferecer risco aos operadores
Ser ergonômico	Executar a tarefa em postura ergonômica	Teste de campo	Operadores expostos à riscos
Ser prático	Utilização de no máximo 2 pessoas	Teste em campo	Utilização de 3 pessoas
Ser de fácil instalação	Maximo 10 minutos para instalação	Teste em campo	Aumento do tempo
Ser preciso	Ter boa vedação	Teste em campo	Comprometer os resultados
Ser de simples utilização	Ser de fácil operação	Teste em campo	Complexidade para utilização
Ter bom acabamento	Ser pintado e sem rebarbas	Verificação visual	Oxidação
Resistente a situações adversas	Resistente ao clima e terrenos inclinados	Teste de campo	Danificar com chuva
Ter acionamento automatizado	Ser pneumático, elétrico ou hidráulico	Conforme projeto	Ser manual

3.3 PROJETO DO MODELO

O projeto do modelo consistiu na segunda fase da metodologia e objetivou formar a concepção do produto de modo que atendesse as necessidades dos clientes evidenciadas na fase anterior. Esta fase dividiu-se em quatro etapas e para completar a mesma o grupo executou as tarefas existentes dentro de cada uma delas.

3.3.1 Etapa 1 – Pesquisar por princípios de solução

Partindo da premissa que o objetivo do trabalho consiste no desenvolvimento de um dispositivo cuja função é a coleta de amostras de retilha de uma colhedora de grãos, fez-se necessário buscar princípios de solução para as sub-funções do sistema que combinados formarão a concepção do produto.

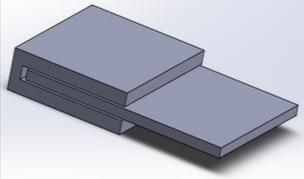
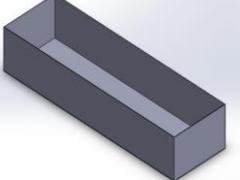
As sub-funções identificadas são: sistema de acionamento, sistema de controle, sistema de movimentação da janela coletora, sistema de armazenamento da amostra.

Na busca por princípios de solução foi empregado o método da Matriz Morfológica que é classificado como um método discursivo, esse método permite a sistematização e apresentação de uma maneira muito clara dos princípios de solução encontrados para posterior geração das concepções.

A Matriz Morfológica representada pela Figura 6, possui as sub-funções do dispositivo ordenadas nas linhas da primeira coluna e nas linhas das colunas subsequentes encontram-se representações dos princípios de solução para aquela determinada sub-função.

A identificação dos princípios de solução para cada sub-função foi realizada através de um *Brainstorming* onde o grupo gerou ideias baseadas em sistemas já existentes no mercado, sendo que aqueles considerados mais adequados para atender as especificações foram mantidos na matriz.

Figura 6 - Matriz Morfológica

Função	Princípios de solução		
	1º	2º	3º
Sistema de movimentação da janela coletora	 Pinhão e Cremalheira	 Simples deslizamento	 Trilho telescópico
Sistema de armazenagem de amostra	 Bandeja de aço	 Contentor flexível	 Bandeja de polímero
Sistema de controle	 2 botoeiras	 Botoeira e relé temporizador	
Sistema de acionamento	 Atuador pneumático	 Atuador hidráulico	 Motor elétrico

3.3.2 Etapa 2 – Combinar Princípios de solução

A combinação dos princípios de solução foi realizada apenas entre os que atenderam plenamente aos requisitos do modelo descritos no Quadro 1, dessa forma o grupo evidenciou três possíveis concepções conforme a Figura 7.

Figura 7 - Variantes de Concepções para o dispositivo

Função	Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3
Sistema de movimentação da janela coletora	 Trilho telescópico	 Trilho telescópico	 Trilho telescópico
Sistema de armazenagem de amostra	 Bandeja de polímero	 Bandeja de polímero	 Bandeja de polímero
Sistema de controle	 Botão e relé temporizador	 Botão e relé temporizador	 Botão e relé temporizador
Sistema de acionamento	 Atuador pneumático	 Atuador hidráulico	 Motor elétrico

3.3.3 Etapa 3 – Selecionar combinações

A seleção do conceito foi realizada em uma reunião entre os acadêmicos e um representante do time de testes da empresa, apoiada por uma matriz de decisão conforme Quadro 3, onde os três conceitos foram confrontados para definição do grau de atendimento às especificações do modelo definidas no Quadro 2.

Para esta análise foi utilizado como referencial o Conceito 1, sendo que os demais conceitos foram analisados com relação a ele, e para cada requisito foi respondida a seguinte questão: este novo conceito atende melhor ou pior este requisito? Podendo obter três respostas válidas: a) atende de forma pior (nesse caso

recebe a nota -1); b) atende da mesma forma que o conceito referencial (nesse caso recebe a nota 0); c) atende de forma melhor (nesse caso recebe a nota 1).

Quadro 3 – Matriz de decisão

	Conceito 1	Conceito 2	Conceito 3
Requisitos	Avaliação dos conceitos em relação aos requisitos (tomando como referência o Conceito 1)		
Ser seguro	0	0	0
Ser ergonômico	0	0	0
Ser prático	0	0	0
Ser de fácil instalação	0	-1	0
Ser preciso	0	0	-1
Ser de simples utilização	0	0	0
Ter bom acabamento	0	0	0
Resistente a situações adversas	0	0	-1
Ter acionamento automatizado	0	0	0
Somatório	0	-1	-2

Conforme a avaliação feita pela matriz de decisão, o Conceito 1 obteve o maior somatório e dessa forma é o conceito que deve ser considerado para o desenvolvimento do modelo.

Os pontos que mais pesaram na escolha desse conceito foram os fatores de custo e confiabilidade, pois o sistema não pode comprometer outros sistemas da colhedora.

3.3.4 Etapa 4 – Finalizar o conceito do modelo

O conceito escolhido é caracterizado por possuir um sistema eletropneumático para acionamento, contendo uma botoeira e relé temporizador. Esse sistema apresenta baixo custo de aquisição, fácil instalação e rápido acionamento da janela coletora.

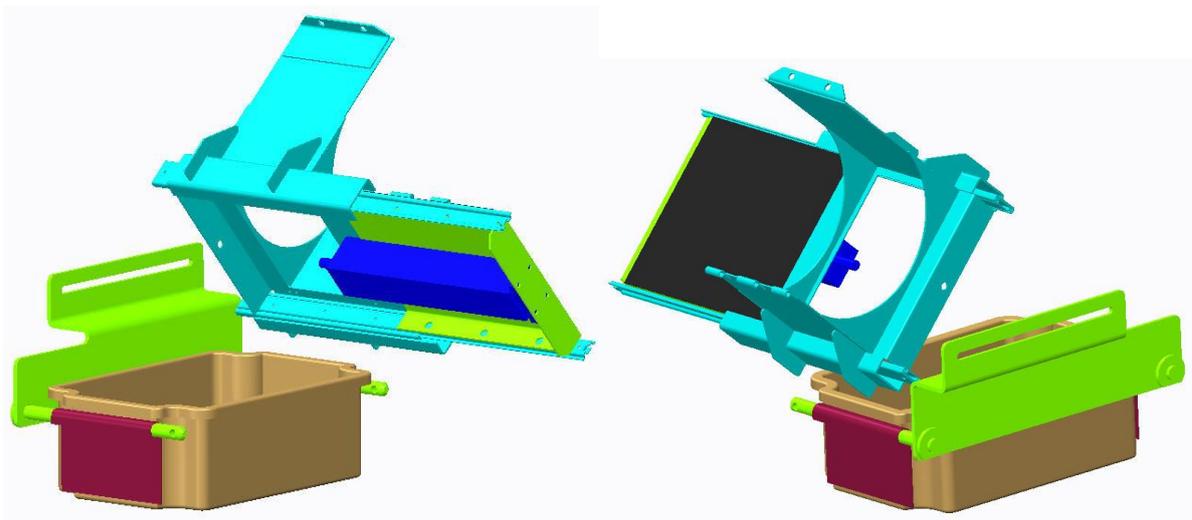
Para a movimentação da janela coletora foi evidenciado a necessidade de utilização de trilhos telescópicos devido ao espaço físico disponível para a instalação na colhedora, que é influenciado pelo ângulo de giro do pneu.

O sistema de armazenagem da amostra é composto por uma bandeja coletora de polímero, em formato retangular e dimensões apropriadas para armazenamento de uma coleta.

Para sustentação dos sistemas elaborou-se uma estrutura em aço carbono com geometria apropriada para montagem na colhedora aproveitando furações já existentes.

Através do uso de programas de computador para modelagem eletrônica elaborou-se os modelos 3D do dispositivo de coleta de retilha, conforme a Figura 8.

Figura 8 - Modelo 3D do dispositivo



A partir da Figura 8 é possível verificar que o dispositivo é composto por dois sistemas, sistema de coleta e sistema de armazenagem. O sistema de coleta é composto pelo dispositivo acoplado no elevador de retilha e pelo sistema de acionamento eletropneumático. O sistema de armazenagem é fixado abaixo do sistema coletor e receberá as amostras que serão expulsas do elevador da retilha durante a coleta.

O ciclo de coleta é iniciado a partir do acionamento do sistema elétrico pelo operador localizado na cabine da colhedora, o pulso elétrico acionará o solenóide de controle da válvula pneumática para direcionamento do ar comprimido ao atuador pneumático de modo que ele faça o movimento para abertura da janela coletora. A

janela coletora permanecerá aberta por um período definido pelo operador através do ajuste do relé temporizador.

Durante o período de abertura da janela coletora as sementes e a palha que passariam pelo elevador da retilha são liberados para dentro da bandeja coletora onde permanecem armazenadas até o momento em que for feita sua análise ou descarte.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 AVALIAÇÃO DO PRODUTO

Esta é a última fase executada e consiste no detalhamento dos componentes críticos do modelo para possibilitar a fabricação da amostra física do dispositivo. Além disso, nessa fase foram realizados os testes de montagem e funcionamento do dispositivo para verificar se o mesmo atende as necessidades e expectativas dos clientes.

4.1.1 Etapa 1 – Fabricar modelo físico

Após a definição da arquitetura do dispositivo fez-se necessário o detalhamento dos componentes críticos do projeto, tornando possível a sua fabricação. Inicialmente foi dado foco aos componentes de movimentação, atuador pneumático e trilhos telescópicos, pois esses componentes exercem influência nas demais peças do conjunto.

Sabendo que o curso necessário para a completa abertura da janela coletora era 150 mm foi selecionado um atuador com 180 mm de curso, esse atuador foi reaproveitado do material obsoleto da empresa. Considerando que o atuador seria alimentado por uma linha de ar comprimido da própria colhedora, uma informação primordial para o projeto era saber se a pressão fornecida pelo sistema seria suficiente para que o atuador exercesse força de abertura e fechamento suficiente para o deslocamento da janela coletora.

Sabendo que a pressão na saída do reservatório de ar é regulada por uma válvula reguladora de pressão em 6,32 kgf/cm², e conhecendo o diâmetro da haste (15 mm) e o diâmetro da camisa (55 mm), foi calculado a força de abertura (Fa) e a força de fechamento (Ff) do atuador.

$$F = P * A$$

$$A = \pi r^2$$

$$F_a = 6,32 * (3,14 * 2,75^2)$$

$$\underline{F_a = 151 \text{ kgf}}$$

$$F_f = 6,32 * (3,14 * (2,75^2 - 0,75^2))$$

$$\underline{F_f = 139 \text{ kgf}}$$

Percebe-se que a força exercida pelo atuador corresponde a 152 kgf durante o movimento de abertura e 139 kgf no seu fechamento, para fins de cálculo foram desconsideradas as perdas de carga nos acessórios, pois o sistema conta apenas com uma válvula 5/2 vias, um joelho 90° e 6 m de mangueiras tornando as perdas mínimas. Portanto entende-se que a força realizada supera consideravelmente os esforços necessários para movimentação da janela coletora, tendo em vista que a mesma pesa apenas 2,7 kg e é apoiada sobre trilhos que utilizam um sistema de esferas para movimentação tornando o movimento suave.

O próximo passo consistiu na seleção do trilho telescópico, para isso foi utilizado um catálogo do fornecedor Soprano, Figura 9, optando-se pelo modelo com um curso total de 450 mm e capacidade de carga igual a 45 kg em cada peça.

Figura 9 - Especificações do trilho telescópico

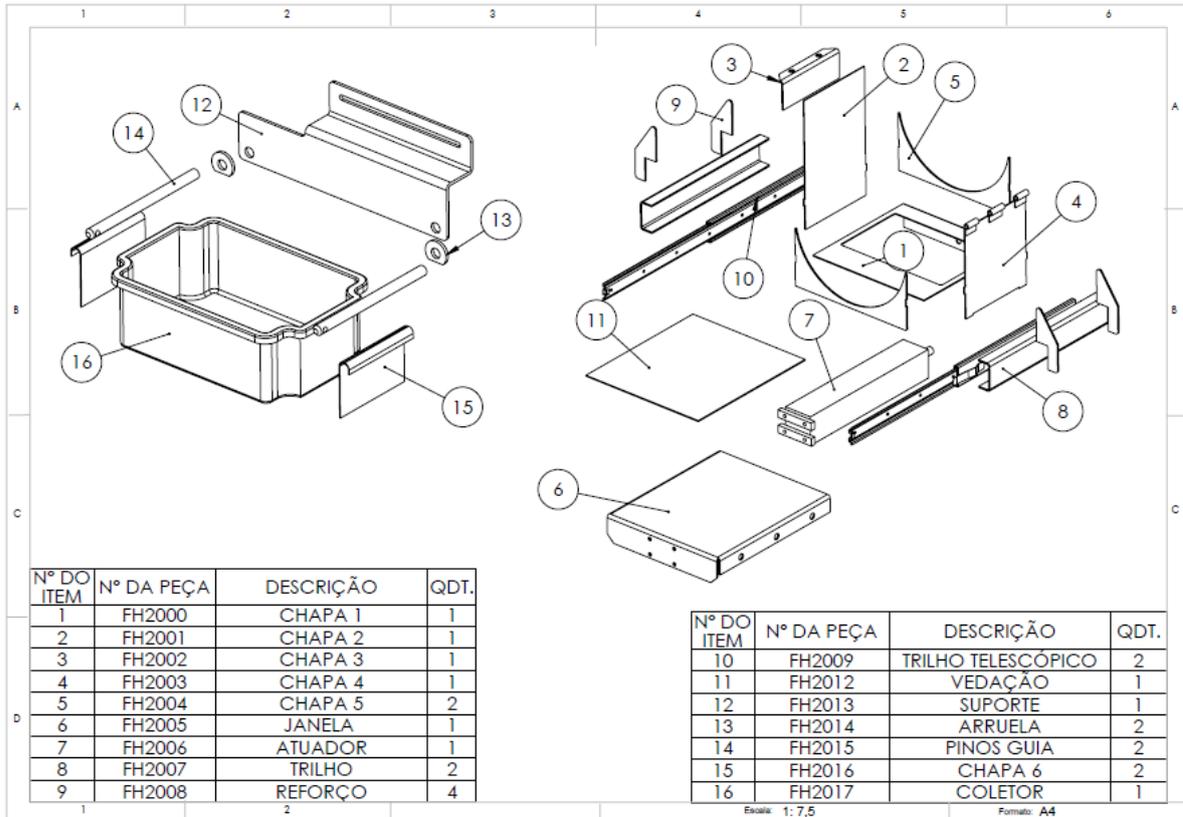
06003.0050.13	250	52	0,6944
06003.0051.13	300	52	0,8363
06003.0052.13	350	48	0,9595
06003.0053.13	400	46	1,0995
06003.0054.13	450	45	1,2600
06003.0055.13	500	42	1,3869
06003.0056.13	550	38	1,5587
06003.0057.13	600	35	1,5923
Código/Code	Comprimento / Length (mm)	Capacidade / Capacity (Kg)	Peso do par / Weight of pair (Kg)

Fonte: Soprano, 2013.

Após a definição do curso de movimentação do sistema, finalizou-se os modelos 3D dos componentes metálicos e elaboraram-se os desenhos 2D contendo as cotas, tolerâncias e especificação de material. Com relação à especificação do material o grupo entendeu que as peças do dispositivo devem seguir a mesma especificação dos itens que compõe o elevador da colhedora, SAE 1020, pois ambos serão submetidos à mesma condição de esforço e atrito durante a colheita.

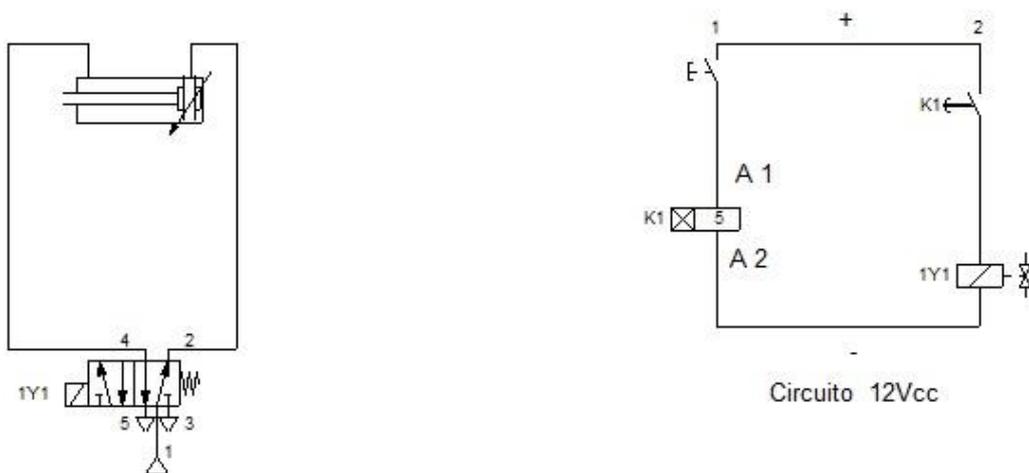
A Figura 10 representa uma vista explodida do dispositivo com uma lista de itens necessários para a sua fabricação.

Figura 10 - Vista explodida do dispositivo de coleta de sementes de retrilha



Elaborou-se um quadro de comando que permite a operação do sistema de dentro da cabine da colhedora, esse sistema composto por componentes eletropneumáticos fará o acionamento e controle do dispositivo, conforme esquema representado na Figura 11.

Figura 11 - Esquema eletropneumático



O sistema pneumático contempla além do atuador já mencionado, uma válvula 5/2 vias com acionamento por solenóide 12 Vcc e retorno por mola, além de mangueiras e conexões. Enquanto que o sistema elétrico é composto por uma chave geral, uma botoeira NF e um relé temporizador de 12 Vcc com regulagem de tempo de 0 a 30 s, conectores e cabos elétricos. Conforme Quadro 4 de especificações abaixo.

Quadro 4 – Elementos para ligação eletropneumáticas

	Qt	Elementos	Características
Componentes Elétricos	2	Conectores com garras	Tamanho adequado para terminais da bateria
	1	Chave liga/desliga	Para acionamento geral do sistema
	1	Botoeira (NF)	Contato normal fechado
	1	Relé temporizador	Alimentação 12 Vcc e tempo regulável de 0 a 15s
	10 m	Cabo elétrico	Cabo PP 3/1,00
Componentes Pneumáticos	1	Atuador pneumático	Curso 18cm
	1	Válvula 5/2	Válvula com um solenoide 12 Vcc e retorno por mola
	6	Conexão	Rosca 3/8 para mangueira 8mm
	6 m	Mangueira	Mangueira em PVC 8mm
	1	Pino de engate rápido	Pino rosca interna 3/8

A fabricação do dispositivo foi realizada na Oficina do Tio Roni e os componentes de prateleiras foram adquiridos no comércio local. Para a fabricação do dispositivo as peças metálicas foram cortadas através de um processo de corte LASER, Figura 12, posteriormente foram dobradas e finalmente unidas através de pontos de solda para possibilitar a realização de um teste de montagem na colhedora conforme Figura 13.

O custo total para fabricação e compra dos componentes do dispositivo foi de R\$2.205,00, pagos pela empresa John Deere, que irá utilizar esse dispositivo em seus testes funcionais.

Figura 12 - Conjunto de peças cortadas em laser

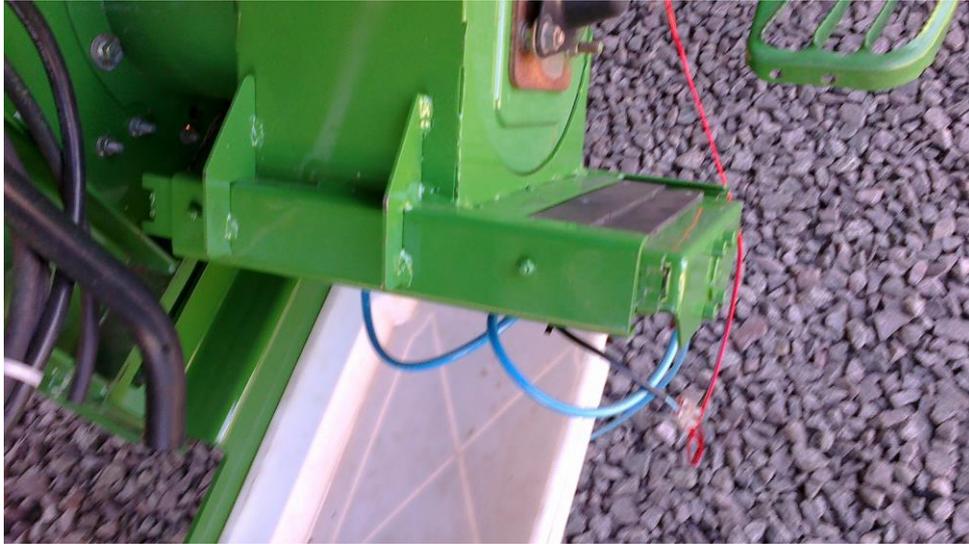


Figura 13 - Conjunto ponteadado por solda e montado na colhedora



Não havendo necessidade de alteração, foi finalizada a solda do dispositivo e realizado a pintura do mesmo. Posteriormente foi montado o sistema elétrico e o sistema pneumático conforme Figura 14.

Figura 14 - Dispositivo finalizado e montado na colhedora



Foi desenvolvida uma caixa de comando, Figura 15, para acomodar o sistema elétrico de acionamento e controle do dispositivo. Na caixa de comando encontra-se uma chave Liga/Desliga utilizada como chave geral do sistema, uma botoeira para acionamento, e o temporizador com seletor de tempo de zero a 30 segundos ajustável em intervalos de 1 segundo.

Figura 15 - Caixa de comando do dispositivo



4.1.2 Etapa 2 – Verificar a aplicação prática

Finalizada a etapa de fabricação do dispositivo, o grupo realizou testes de montagem e de funcionamento com o propósito de verificar se as especificações do modelo foram atendidas cumprindo o propósito ao qual foi desenvolvido. A avaliação

foi realizada na lavoura em Cruz Alta – RS, durante a colheita de trigo no mês de Novembro/2013.

As colhedoras John Deere modelos STS apresentam dois modelos de chassis, largo e estreito, em razão disso foi realizado um teste de montagem em ambos os modelos, conforme demonstrado na Figura 16 não foi identificado qualquer problema relacionado ao acoplamento dos sistemas na colhedora.

Figura 16 - Teste de montagem na colhedora

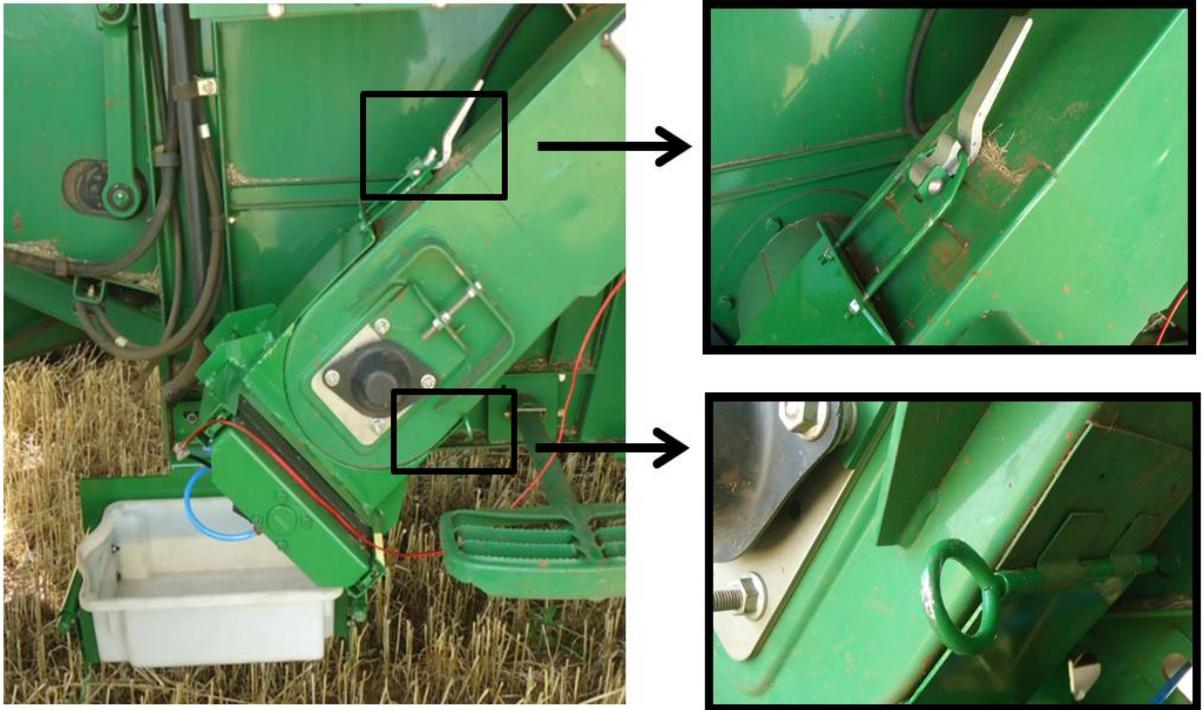


Os demais requisitos a serem avaliados referem-se às especificações do modelo listados no Quadro 2, devendo atingir a meta estabelecida. O primeiro requisito a ser avaliado refere-se à facilidade de instalação do equipamento na colhedora, onde a meta desejada é realizar a instalação em um tempo menor que dez minutos.

Durante a verificação observou-se que a instalação do equipamento pode ser feita por apenas uma pessoa em um tempo inferior a dez minutos. O operador deve executar os seguintes passos:

- Acoplar o dispositivo coletor no elevador da retrilha utilizando um pino e uma trava em forma de alavanca, Figura 17.

Figura 17 - Acoplamento do dispositivo



- Acoplar os cabos elétricos nos bornes da bateria utilizando conectores. Conectar a mangueira de ar comprimido ao reservatório utilizando o engate rápido, Figura 18.

Figura 18 - Acoplamento elétrico e pneumático



- Montar o suporte da bandeja coletora na estrutura lateral da máquina utilizando dois parafusos M12, Figura 19.

Figura 19 - Montagem da bandeja coletora



Foi realizada uma inspeção visual no dispositivo para verificar se o mesmo atende aos requisitos de possuir bom acabamento e resistência à intempéries. Não foi identificado nenhum problema em atender a esse requisito já que o dispositivo é pintado, não apresenta cantos vivos e os componentes sensíveis à umidade encontram-se em locais protegidos, além disso, o material da bandeja coletora é Polietileno de alta densidade com proteção UV. Há ainda a necessidade de operação em terreno inclinado, foi deslocado a colhedora para uma ladeira e esterçado a roda sendo que não há interferência com o dispositivo, portanto é possível sua utilização em terrenos inclinados.

Avaliaram-se os requisitos referentes à operação. O dispositivo atende ao requisito de acionamento automatizado, pois é composto por um sistema eletropneumático. O dispositivo também atende aos requisitos de praticidade, fácil operação e utilização de no máximo dois operadores, já que todo o processo de coleta é realizado por apenas um operador que aciona o sistema da cabine da colhedora pressionando apenas uma botoeira, conforme Figura 20.

Figura 20 - Painel de controle do dispositivo



Ao acionar o sistema através da botoeira ocorre a abertura da janela de coleta conforme Figura 21, dessa forma o produto que seria encaminhado para o elevador passa a ser direcionado para a bandeja coletora onde permanece armazenado, Figura 22.

Figura 21 - Acionamento da janela coletora



Figura 22 - Produto coletado



A avaliação da precisão da coleta foi realizada através de uma análise de um representante do grupo que realiza as coletas na empresa. Observou-se que as vedações de borracha fornecem um completo isolamento do dispositivo minimizando perdas, Figura 23. O tempo de coleta da amostra é preciso em razão de que o mesmo é controlado automaticamente através do relé temporizador, Figura 24.

Figura 23 - Sistema de vedação



Figura 24 - Caixa de comando com relé temporizador



O dispositivo atende aos requisitos de ergonomia, pois o operador executa todos os comandos diretamente da cabine, que oferece conforto e ergonomia. Da mesma forma a operação do dispositivo não apresenta risco à segurança do operador, sendo que ele não está próximo de partes móveis da colhedora durante o teste, nem exposto ao ambiente de ruído e poeira.

Em resumo o dispositivo atende aos propósitos para o qual foi desenvolvido, é de fácil instalação e uso, necessita apenas um operador para operação, é seguro e ergonômico, é durável e permite coletas de amostras precisas em terrenos planos ou inclinados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um cenário competitivo as empresas buscam diferenciais para produzirem produtos cada vez melhores que satisfaçam as necessidades dos seus clientes. Possuir um grupo de profissionais qualificados e comprometidos é primordial para o atingimento dos objetivos da companhia, portanto cabe à empresa zelar por seus ativos humanos oferecendo condições de trabalho seguras e motivadoras.

O trabalho de conclusão objetivou a resolução de um problema enfrentado pela empresa John Deere na realização da tarefa de coleta de retilha de colhedoras. Com base na metodologia utilizada foi desenvolvido um modelo funcional de um dispositivo eletropneumático para automatização da tarefa.

O estudo foi apoiado por uma pesquisa bibliográfica, por uma pesquisa com os funcionários que realizam a atividade, além de uma observação de campo que permitiram identificar as necessidades dos clientes e criar a concepção ideal para supri-las.

Uma amostra do dispositivo eletropneumático foi construído e testado na colhedora, e os resultados dos testes permitem afirmar que o dispositivo atende aos propósitos que foi criado. O principal ganho gerado para a empresa e seus funcionários foi a eliminação dos riscos à segurança e ergonomia, além disso ocorreu uma redução do uso de recursos de tempo e de pessoas, e aumentou a praticidade e a precisão das coletas. Em virtude dos resultados alcançados é possível afirmar que o trabalho atingiu todos os seus objetivos.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esse trabalho não se esgota em si mesmo, pois concede oportunidades para outros estudos. Como sugestão de trabalhos futuros nessa área o grupo identifica a oportunidade para criação de um sistema computadorizado integrado ao dispositivo para que as amostras coletadas possam ser analisadas automaticamente e o resultado enviado para a cabine da colhedora, isso diminuiria o tempo de análise das amostras além de permitir a plotagem de gráficos para acompanhamento da evolução do desempenho da colhedora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, D. C. ET AL. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**. Ed. Saraiva. 1ª Edição: São Paulo, 2006.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. *ASAE S396.2: Combine Capacity and Performance Test Procedure*. 1998.

AMÉRICO, I.; AZEVEDO, M. J. G.; SUZA, A. de. **Trabalho automação na metalurgia manual X automatização**. 2011. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAekoAAJ/trabalho-automacao-na-metalurgia-manual-x-automatizado>>. Acesso em 08 abr. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9001: Sistema de gestão da qualidade**. 2008.

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Ed. Guanabara Dois: Rio de Janeiro, 1983.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. Ed. Manole: São Paulo, 1987. Cap. 8.

BERNARDO, P. C.; KON, F. **A importância dos testes automatizados**. 2008. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~kon/papers/EngSoftMagazine-IntroducaoTestes.pdf>>. Acesso em 01 abr. 2013.

CAPELLI, A. **Automação Industrial**. Ed. Érica: São Paulo, 2007. Cap. 1.

CUNHA, J. P. A. R. da.; PIVA, G.; OLIVEIRA, C. A. A. de. **Efeito do sistema de trilha e da velocidade das colhedoras na qualidade de sementes de soja**. Uberlândia, jul./ago. 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6950/4606>>. Acesso em: 29 mar. 2013.

DALLMEYER, A. **O moderno-antigo que se consolida no brasil**. Revista a Granja, Porto Alegre, dez. 2008. Disponível em: <<http://www.edcentaurus.com.br/materias/granja.php?id=1841>>. Acesso em: 29 mar. 2013.

DEERE&COMPANY. **Fundamentals of Machine Operation**. Ed. Deere&Company Service Publications: Moline, 1991.

FELIZARDO, I.; BRACARENSE, A. Q. **Processos mecânicos e automatizados**. 2006. Disponível em: <http://inanilzafe.dominiotemporario.com/doc/MEC-AUTOMATIC0_lvanilza.pdf> Acesso em: 08 abr. 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 8210: Equipment for harvesting – Combine harvesters – Test procedure*. 1989.

KLEIN, O. J. **A gênese do conceito de dispositivo e sua utilização nos estudos midiáticos**. Paso Fundo, abr. 2007. Disponível em: <

http://www.ec.ubi.pt/ec/01/_docs/artigos/klein-otavio-genese-do-conceito-de-dispositivo.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2013.

LIMA, A. C. de.; TOLEDO, D. R. de.; TEIXEIRA, L. A. **Ajustes posturais são modulados pela complexidade da tarefa manual**. São Paulo, abr. 2009. Disponível em: < <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/article/view/1980-0037.2009v11n4p400/10902> >. Acesso em: 31 mar. 2013.

MACHADO, A. L. T. **Colhedoras de fluxo axial reduzem danos às sementes**. Pelotas, jul./ago. 2003. Disponível em: <<http://www.seednews.inf.br/portugues/seed74/artigocapa74.shtml>>. Acesso em: 29 mar. 2013.

PAHL, G. ET AL. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. Ed. Edgard Blücher Ltda: São Paulo, 2005.

QUEIROZ, D. M. de.; SILVA, F. M. da.; SALVADOR, N. **Colheita de cereal**. 2011. Disponível em: <http://www.poscolheita.com.br/poscolheita/Parte3/Cereal/CerealWeb/Cereal_index.htm>. Acesso em: 24 mar. 2013

ROMANO, L. N.; **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas**. Florianópolis Ago. 2003. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PEMC0724.pdf> > Acesso em: 20 abr. 2013.

ROMEIRO FILHO, E. ET AL. **Projeto do Produto**. Ed. Elsevier: Rio de Janeiro, 2010.

ROZENFELD, H. ET AL. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. Ed. Saraiva: São Paulo, 2006.

SIQUEIRA, J.; **Ferramentas de criatividade *brainstorming***. Rio de Janeiro Disponível em: <<http://www.ricardoalmeida.adm.br/brainstorming.pdf>> Acesso em: 15 nov. 2013.

SOPRANO.; **Trilhos telescópico largura 45mm**. Farroupilha Dez. 2011. Disponível em: <http://www.soprano.com.br/sites/default/files/downloads/portal/06003.0050_trilho_telescopico_largura_45mm.pdf> Acesso em: 30 out. 2013.

APÊNDICE A

1. QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DOS CLIENTES

Esse questionário objetiva obter informações referente à atividade de coleta de retilha das colhedoras. Suas informações são de extrema importância e permitirão ao grupo um maior conhecimento da tarefa, e servirão como base para propostas de melhorias.

1) Na execução de atividades de testes de máquinas realizo coletas de material do elevador da retilha?

Sim () Não ()

2) Assinale todas as atividades onde há necessidade de realizar análise de retilha.

Em teste de Benchmarking ()

Em teste de performance de novos produtos ()

Sempre que regulado uma colhedora, independente do motivo ()

Outros () Especifique.....

3) Considerando atividades que você realiza, com que frequência são coletadas amostras de retilha?

Somente na regulagem inicial da colhedora ()

Uma a duas vezes por semana ()

Três vezes ou mais por semana ()

4) Sempre que avaliado o nível de retilha, geralmente quantas amostras devem ser coletadas?

Entre uma e 2

Entre 3 e 4

Mais do que 4

5) Quanto a forma que as amostras são coletadas atualmente você considera que:

A tarefa é simples e de fácil execução ()

A tarefa é complexa ou de média dificuldade ()

A tarefa é complexa ou de alta dificuldade ()

6) Quanto a precisão das amostras coletadas atualmente você considera que:

São muito precisas ()

São satisfatoriamente precisas ()

São pouco precisas ()

São muito imprecisas ()

7) Marque na linha quanto tempo é necessário para realizar uma coleta de retilha?

0 10 20 30 (minutos)

8) Considerando fatores de segurança e ergonomia, como você classifica a atividade de coleta de retilha?

Totalmente segura e ergonômica ()

Apresenta baixos riscos à segurança ou à ergonomia ()

Apresenta médios riscos à segurança ou à ergonomia ()

Apresenta altos riscos à segurança ou à ergonomia ()

9) Atualmente quantas pessoas são necessárias para realizar essa atividade?

Uma Duas Três Mais do que três

10) Na lista a seguir assinale quais são as prioridades de melhoria no atual sistema de coleta de amostras da retilha:

Ergonomia ()

Segurança ()

Redução do tempo de execução ()

Redução da complexidade de execução ()

Redução do uso de ferramentas ()

Melhoria da precisão das amostras ()

Redução da quantidade de operadores envolvidos ()

Outros () Especifique.....

Obrigado pela sua participação.

APÊNDICE B

2. RELATÓRIO DE OBSERVAÇÃO EM LOCO DA ATIVIDADE DE COLETA DE AMOSTRAS DE RETRILHA.

Observou-se em loco o procedimento existente atualmente para coleta de amostras de retilha das colhedoras John Deere. A observação foi realizada durante a colheita de trigo no mês de setembro/2013 em Cristalina – GO.

A forma atualmente utilizada requer três operadores que executam as seguintes tarefas: um operador opera a colhedoras; um operador executa o controle de abertura do elevador e contagem de tempo de coleta; um operador realiza a coleta de grãos no elevador da retilha.

Os equipamentos utilizados atualmente consistem em uma embalagem KLT adaptada em uma haste de madeira e um barbante amarrado na alavanca de abertura do elevador, Figura 1.

Figura 1 – Equipamentos para coleta



O tempo médio de preparação para realização dos testes varia de 5 a 15 minutos e o tempo utilizado para realização do teste é em média de 2 minutos e 14 segundos, sendo que durante o dia foram realizadas quatro repetições da atividade. Nessa fazenda a atividade realizada pela empresa consistiu em avaliação comparativa entre dois modelos de colhedoras.

Não há um procedimento de teste documentado sendo o mesmo repassado pelo conhecimento dos funcionários mais experientes. Foi observado os seguintes passos para realização dos testes:

1º passo: Preparação dos equipamentos. Um operador se posiciona na cabine da colhedora para executar a operação da colheita enquanto que os outros operadores amarram o barbante na alavanca de abertura do elevador e preparam a caixa coletora para as sementes.

2º passo: Execução da coleta. A máquina é deslocada em operação de colheita a uma velocidade constante de 1 m/s.

3º passo: Após a máquina ter se deslocado por 30 m o operador aciona a buzina para alertar o segundo operador para que o mesmo execute a abertura da tampa do elevador da retilha.

4º passo: O terceiro operador deve posicionar a caixa coletora sob o elevador de forma a coletar todo o produto em um tempo de 5 s conforme contagem feita pelo segundo operador.

5º passo: Ultrapassado os 5 s a caixa de coleta é removida rapidamente e a colhedora é freada interrompendo a colheita.

6º passo: O produto coletado é levado para pesagem e identificação do nível de retilha da máquina, a tampa do elevador é fechada e o barbante é removido.

Levando-se em consideração o que foi observado ressalta-se alguns agravantes existentes na atividade que implicam na segurança e ergonomia dos operadores. Há ruído e poeira no ambiente resultante da operação de colheita; O posicionamento de trabalho do operador que executa a coleta da retilha é anti-ergonômico já que ele executa a atividade curvado e deve segurar uma das extremidades da haste de 1,5 m sendo que na outra extremidade há a caixa coletora que juntamente com o material coletado pesa 6 kg, Figura 2; Há risco de acidentes para o operador que faz a coleta de retilha já que a mesma é realizada com a colhedora em movimento e com o operador se deslocando na frente do pneu a uma distância de aproximadamente 30 cm, Figura 3, agravado pela possibilidade de quedas já que o terreno conta com relevo acidentado, pedras e buracos Figura 4.

Figura 2 – Execução da coleta da retilha



Figura 3 – Distância entre pneu e operador



Figura 4 – Condições de terreno da lavoura



Quanto a efetividade dos resultados da atividade ela é avaliada como satisfatória pela engenharia, mesmo que o tempo de coleta apresente um erro devido a contagem dos operadores.