



Rodrigo Bender

**PROJETO CONCEITUAL DE UMA COLHEDORA DE CANA
DE AÇÚCAR VOLTADA PARA A COMERCIALIZAÇÃO DO
PLENE**

Horizontina

2012

Rodrigo Bender

**PROJETO CONCEITUAL DE UMA COLHEDORA DE CANA DE
AÇÚCAR VOLTADA PARA A COMERCIALIZAÇÃO DO PLENE**

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 Antônio Mantovani, Me.

Horizontina

2012

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“PROJETO CONCEITUAL DE UMA COLHEDORA DE CANA DE AÇÚCAR
VOLTADA PARA A COMERCIALIZAÇÃO DO PLENE”**

Elaborada por:

Rodrigo Bender

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

**Aprovado em: 10/12/2012
Pela Comissão Examinadora**

**Me. Cesar Antônio Mantovani
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador**

**Me. Anderson Dal Molin
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica**

**Esp. Vilmar Bueno Silva
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

**Horizontalina
2012**

DEDICATÓRIA

Agradeço a Deus por todas as coisas boas que vivi, por que sei que o bem apenas dele é que veio.

Aos meus pais Inácio e Neusa, por serem minha maior fonte de força e perseverança e que sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos. Ao orientador Cesar Mantovani, pela sabedoria na orientação e por sua compreensão e auxílio para alcançarmos a primeira de muitas vitórias.

AGRADECIMENTO

Como já dizia Anitelli: “Sonho parece verdade quando a gente esquece de acordar”. Hoje, vivo uma realidade que parece um sonho, mas foi preciso muito esforço, determinação, paciência, perseverança, ousadia e maleabilidade para chegar até aqui, e nada disso eu conseguiria sozinho. Minha eterna gratidão a todos aqueles que colaboraram para que este sonho pudesse ser concretizado.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.” *Charles Chaplin*

RESUMO

Com o desenvolvimento de novas tecnologias no mercado da cana de açúcar e a busca incessante por novas fontes de energia, é possível notar neste ramo agrícola um grande potencial para desenvolver novas tecnologias e produtos que visam à redução de custos, melhorias no processo de produção e até mesmo novos produtos, porém, durante este crescimento surgem problemas que podem retardar ou até mesmo evitar o progresso destas inovações, deste modo, é importante ressaltar o processo de produção do plene, que é uma nova tecnologia no que se refere a mudas de cana para plantação e que nos dias de hoje sua produção é bastante complicada, devido à grande danificação da gema, durante o processo de colheita com máquinas convencionais, com isso, este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de uma colhedora, capaz de colher a cana de açúcar sem danificar esta parte do produto necessária para a criação do plene. Para isso, foi utilizada como base uma revisão bibliográfica abordando temas como o processo de plantio, colheita e preparação do solo para a produção de cana de açúcar, bem como as definições de desenvolvimento de projeto produto. Esta monografia utilizou como metodologia a pesquisa exploratória, deste modo alcançando os resultados esperados que eram, o projeto conceitual de uma colhedora de cana que atendesse as necessidades do cliente, deste modo, foi possível a conclusão da monografia a qual atingiu o objetivo proposto.

Palavras-chaves:

Cana de açúcar - colhedora de cana - plene.

ABSTRACT

With the development of new technologies in the sugar cane market and the ceaseless search for new energy sources, it is possible to note in the agricultural industry a great potential to develop new technologies and products aimed at cost reduction, improvements in the production process and to new products even though, during this growth problems arise that might delay or even prevent the progress of these innovations thus is important to emphasize the Plene production process, which is a new technology in relation to the cane planting and today its production is quite complicated, due to the great damage of the yolk during the harvesting process with conventional machines, with that, this paper aims at developing a harvester that can harvest the sugar cane without damaging this part of product required for the Plene creation. Therefore, a literature review was used as a basis, covering topics such as the planting process, harvesting and soil preparing for the sugar cane production, and the definitions of product development project. This monograph used as exploratory research methodology, thereby achieving the results that were expected, the conceptual design of a sugar cane harvester that meets customer needs thereby made possible the completion of the monograph which reached its objective.

Keywords:

Sugar cane - harvester sugar cane - Plene.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Concentração da produção de cana no Brasil	11
Figura 2: Plene.	19
Figura 3: Modelo 3520 e 3522.	21
Figura 4: Modelo A4000 e A8800.	21
Figura 5: Modelo s5010 e Tandem SII	22
Figura 6: Colhedora de cana STAR	22
Figura 7: Colhedora de cana SH7500 TAGRM	23
Figura 8: Etapas do desenvolvimento de projeto.	25
Figura 9: Etapas da fase de Projeto Informacional.....	26
Figura 10: Etapas da fase de Projeto Conceitual.	29
Figura 11: Tarefas e processos envolvidos na análise funcional.....	30
Figura 12: Matriz morfológica e a combinação de princípios de solução.....	31
Figura 13: Requisitos do projeto obtidos e classificados.	35
Figura 14: Diagrama de Mudge	36
Figura 15: Casa da Qualidade – QFD.....	37
Figura 16: Função global do sistema técnico	40
Figura 17: Desdobramento da função global	40
Figura 18: Matriz Morfológica.....	42
Figura 19: Combinação selecionada para sistemas funcionais.....	47
Figura 20: Projeto conceitual da colhedora de cana A	47
Figura 21: Conjunto de engate e suspensão para regulagem da altura de corte.	48
Figura 22: Divisor de linhas.	48
Figura 23: Sistema de corte e tombamento da cana de açúcar.	49
Figura 24: Esteira de transporte.....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Identificação dos clientes ao longo do ciclo de vida do carro.	32
Quadro 2: Informações a serem coletadas nas fases do ciclo de vida do produto.	33
Quadro 3: Requisitos do cliente.	34
Quadro 4: Especificações do projeto em ordem de importância obtidas através do QFD – terço superior.....	38
Quadro 5: Especificações do projeto em ordem de importância obtidas através do QFD – terço médio.....	38
Quadro 6: Especificações do projeto em ordem de importância obtidas através do QFD – terço inferior.....	39
Quadro 7: Entradas e saídas do sistema técnico em termos de material, energia e sinal.	40
Quadro 8: Descrição das funções parciais e elementares.	41
Quadro 9 – Resultados da aplicação da analogia simbólica às declarações das funções do sistema técnico.....	42
Quadro 10: Comparativo de seleção para sistema de regulação da altura de corte.	44
Quadro 11: Comparativo de seleção para alinhar a cana de açúcar.....	45
Quadro 12: Comparativo de seleção para sistema de corte da cana.	45
Quadro 13: Comparativo de seleção para sistema de tombamento da cana.	46
Quadro 14: Comparativo de seleção para sistema de transporte da cana.	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1 CANA DE AÇUCAR.....	10
2.2 PROCESSO PRODUTIVO DA CANA DE AÇUCAR.....	12
2.2.1 Escolha da área e preparação do solo para o plantio	12
2.2.2 Plantio da cana de açúcar.....	14
2.2.3 Colheita mecanizada da cana de açúcar	16
2.3 TECNOLOGIA PLENE.....	19
2.4 COLHEDORAS DE CANA DE AÇUCAR.....	20
2.5 PROJETO DO PRODUTO.....	23
3 METODOLOGIA	25
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS	25
3.1.1 Projeto Informacional	26
3.1.2 Projeto Conceitual.....	28
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	32
4.1 PROJETO INFORMACIONAL	32
4.1.1 Especificações do Projeto.....	32
4.1.2 Requisitos dos clientes	33
4.2 PROJETO CONCEITUAL.....	39
4.2.1 Concepção do produto – Estrutura funcional.....	39
4.2.2 Princípios de soluções	41
4.2.3 Seleção das concepções alternativas	43
4.2.4 Avaliação e escolha das combinações.....	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PROJETO DO PRODUTO	56
APÊNDICE B – PROTÓTIPO CONCEITUAL COLHEDORA DE CANA	57

1 INTRODUÇÃO

Na busca constante pela redução de perdas e custos, o cultivo da cana de açúcar evoluiu com o passar dos tempos, do plantio a colheita esta cultura tem passado por grandes modificações. Com o aumento na procura por fontes de energia menos poluidoras, se viu na cana de açúcar um grande aliado no objetivo de redução do consumo de combustíveis fósseis.

O Brasil é um dos melhores países com condições climáticas para a produção da cana de açúcar, nesta situação a área de produção deste produto vem aumentando gradativamente ao longo dos anos, com isso as indústrias estão na busca por novas soluções para aumento da produtividade e diminuição das perdas durante o cultivo. Diante disso tornou-se oportuno citar o Plene, um processo inovador no que diz respeito ao plantio da cana, a qual inclui processos que devem ser melhorados e que vem ao encontro da área de estudo deste trabalho.

A temática abordada neste trabalho se define na busca de um conceito de equipamento para a colheita de cana de açúcar com o objetivo de utilizá-la na fabricação do Plene.

Ainda abordando a temática do trabalho se pode destacar o grande aumento do setor sucroalcooleiro, as empresas vêm melhorando e desenvolvendo novos produtos. Um exemplo disso é o desenvolvimento de uma nova muda para plantação de cana de açúcar chamada Plene, juntamente com sua plantadora, única existente no mercado, e que aos poucos vem trazendo uma nova idéia de cultivo de cana.

O plene é um novo conceito em mudas de cana de açúcar desenvolvida pela Syngenta, trata-se de um nó do colmo provido de uma gema com cerca de 3 centímetros de altura, a qual é tratada quimicamente, para que tenha capacidade de gerar a planta e para que fique resistente a ataques de fungos e insetos.

Assim, é importante destacar a busca constante para melhorias nos processos agrícolas visando cada vez mais o aumento de produção, ou seja, produzir mais com menos área, menos custos e pouco desperdício. Visando estes resultados é importante ressaltar a união entre a mecânica e a agronomia no que diz respeito a busca de novas idéias e resultados sustentáveis.

Diante destas informações a colheita mecanizada de cana de açúcar vem sofrendo poucas modificações nestes últimos anos e as colhedoras existentes no

mercado não foram projetadas para a colheita de cana visando à utilização do caule para a fabricação do plene.

A fim de justificar a realização deste trabalho é importante destacar que nos dias de hoje, a Syngenta, fabricante do plene utiliza colhedoras convencionais para a colheita do plene, a qual danifica grande quantidade das gemas da cana e que são utilizadas na fabricação do produto final, tendo um baixo aproveitamento da cana colhida para este fim, deste modo se tem uma grande perda durante a colheita.

O projeto a ser apresentado tem por objetivo o desenvolvimento de um projeto conceitual de uma colhedora de cana de açúcar visando somente à fabricação do plene, buscando a otimização da colheita.

É preciso reconhecer que este processo ainda necessita melhorias, diante disso este projeto visa a viabilização de um novo produto destinado a colheita de cana com ênfase no plene, pois no processo existente hoje, a gema é muito danificada durante a colheita descartando-a da utilização para a fabricação do mesmo, desta maneira, faz-se necessário a colheita de uma área maior desta cultura afim de buscar a quantidade de gemas necessárias para um futuro plantio.

O desenvolvimento deste projeto torna-se importante na medida em que a maneira que se encontra o processo hoje o custo da fabricação do plene se torna elevado sem contar as perdas existentes no processo atual. Além de oportunizar ao acadêmico a aplicação prática de conhecimentos adquiridos ao longo destes anos em alguns componentes curriculares.

Destacando novamente o objetivo deste trabalho que visa desenvolver o projeto conceitual de uma colhedora de cana de açúcar voltada ao desenvolvimento do plene, a fim de eliminar o desperdício da gema através da danificação durante o processo de colheita, é oportuno citar, que no mercado hoje, não tem nada parecido com este produto, o que o torna de suma importância ao que se refere a redução de perdas e gastos durante o processo produtivo do plene.

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, com a introdução, no capítulo dois está abordado um estudo bibliográfico, a fim de apresentar detalhes sobre a cultura, produção e colheita da cana de açúcar e a tecnologia plene, já no capítulo três, está apresentado a metodologia da pesquisa utilizada para o desenvolvimento deste trabalho, e no capítulo quatro, tem se os resultados obtidos e a apresentação do produto final, seguidos pelos próximos capítulos de conclusão e sugestões.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo apresenta-se uma introdução a assuntos que serão de suma importância para o desenvolvimento deste trabalho que devido à abrangência e as várias áreas de estudo, serão destacados alguns conceitos e terminologias referentes aos processos que envolvem a produção da cana de açúcar, como o plantio, colheita, preparação do solo e etc. e que serviram para o aprendizado e informação na busca pelos resultados esperados.

2.1 CANA DE AÇUCAR

Com os problemas envolvendo o aquecimento global, a busca incessante por novos combustíveis veio aumentando em paralelo com a abrangência deste problema e com o passar dos anos vem sendo mais abordados pelas grandes potências mundiais, no Brasil o álcool se tornou uma das grandes alternativas para diminuição da poluição, além do mais, tem outras vantagens destacadas por Siqueira, Sales e Lucena (2008), como preço mais barato, menos emissões de gases, pode ser misturado em qualquer porcentagem com a gasolina.

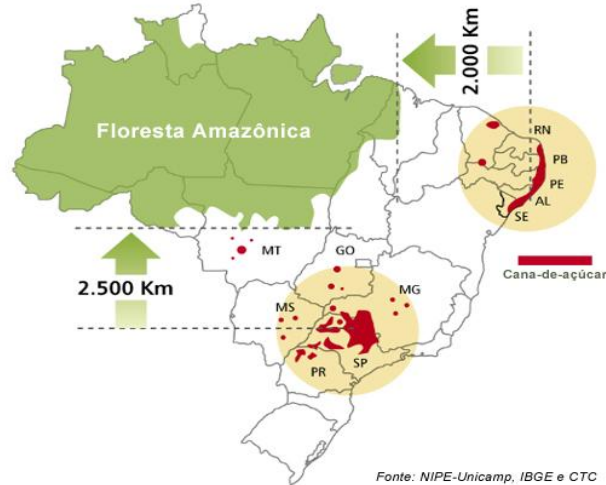
No Brasil a produção de cana de açúcar teve seu auge em 2003, com a crise do petróleo e o desenvolvimento dos carros biocombustíveis, além da volta do programa do governo chamado Proálcool, um incentivo à produção de cana de açúcar, com isso, a produção Brasileira que era de 300 milhões de litros, passou a mais de 11 bilhões de litros produzidos, deste modo, o Proálcool se tornou o maior programa de energia renovável já estabelecido mundialmente. Conforme Figura 1, podemos ver as áreas de concentração da produção de cana de açúcar no Brasil (MACHADO *apud* SIQUEIRA; SALES; LUCENA, 2008).

De acordo com levantamento publicado pela IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2009, o estado de São Paulo é o maior produtor nacional da cana de açúcar, produzindo 60% da produção Brasileira deste produto e com uma área de plantação em torno de 428 mil hectares, divulgados pelo IMPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), correspondente a 9% da área de todo o estado (BORBA; BAZZO, 2009).

Apesar de todos estes benefícios citados acima, a cana de açúcar até poucos anos atrás era responsável por grande impacto ambiental, devido a emissão de partículas, gases do efeito estufa e precursores do ozônio troposférico para a

atmosfera, tudo isso devido a prática da queima da cana. Isso ainda acontece nos dias de hoje, porém com o aumento do uso das colhedoras automotrizes está prática vem diminuindo consideravelmente (FRANÇA; AGUIAR; RUDORFF, 2009).

Figura 1: Concentração da produção de cana no Brasil



Fonte: única

Mas não é somente o álcool que é extraído da cana, conforme Vasconcelos *apud* Hamerski (2009), este produto é muito versátil, pois pode ser utilizada da forma mais simples, como para ração animal, até da forma mais nobre, como o açúcar, além do mais, nesse produto tudo pode ser reaproveitado, pois do caldo, temos o álcool, o açúcar, a cachaça entre outros, do caule já extraído o caldo, pode ser utilizado como combustível para as caldeiras da própria usina, também é composto na fabricação do papel, além de servir como matéria orgânica para os solos.

Estudando um pouco sobre a cultura da cana de açúcar, Hamerski (2009), demonstra que este produto tem uma grande habilidade de estocar sacarose nos colmos da planta, a qual é uma cultura tropical que pertence ao grupo das gramíneas ou poáceas. Ainda nesta linha de pensamento da autora, podemos citar uma parte de seu estudo, a qual informa.

De forma geral, a planta é constituída de um sistema radicular, dos colmos, onde a sacarose é predominantemente estocada, e das folhas dispostas ao redor da cana, nos nódulos inter colmos e também na parte superior da planta onde se localiza a gema apical (palmito) (MANTELATTO *apud* HAMERSKI, 2009).

Deste modo, podemos verificar que a cana de açúcar vem em um crescimento elevado nos últimos anos, graças à busca de novas matérias primas para

combustíveis mais limpos, e que também vem sendo objeto de estudos para melhoria no processo de produção e também a injeção de novas tecnologias.

2.2 PROCESSO PRODUTIVO DA CANA DE AÇUCAR

De acordo com Fernandes, Furlani Neto e Stolf (1981), o cultivo da cana de açúcar é um processo com características de cultura de longo tempo e de altos rendimentos, a qual necessita de equipamentos pesados desde o processo de preparação do solo até a colheita. Deste modo torna-se imprescindível o estudo destas etapas do processo produtivo.

2.2.1 Escolha da área e preparação do solo para o plantio

A escolha da área e o preparo do solo são as etapas mais importantes na inicialização de um canavial, pois deste modo proporciona melhores condições para o desenvolvimento da cana. Conforme Townsend (2000), a área selecionada deve ser plana ou com uma leve inclinação a fim de evitar o encharcamento, outro ponto destacado é a realização de uma análise do solo antes da inicialização do plantio, com o intuito de verificar a necessidade ou não de correção e adubação do solo. Deste modo, destaca-se que o método de escolha da área de plantio é simples, desde que se tome alguns cuidados, a fim de evitar problemas no futuro.

No que se refere ao processo de preparação do solo para a plantação de cana de açúcar é relevante disseminar a citação de Staut (2006).

A cana-de-açúcar possui um sistema radicular diferenciado em relação à exploração das camadas mais profundas do solo quando comparado com o sistema radicular das demais culturas, principalmente as anuais. Por ser uma cultura semiperene e com ciclo de cinco a sete anos, o seu sistema radicular se desenvolve em maior profundidade e assim passa a ter uma estreita relação com pH, saturação por bases, porcentagem de alumínio e teores de cálcio nas camadas mais profundas do solo. E estes fatores, por sua vez, estão correlacionados com a produtividade alcançada principalmente em solos de baixa fertilidade e menor capacidade de reter umidade.

Deste modo é imperioso destacar que a cana de açúcar é uma cultura diferenciada das demais, principalmente as de maiores produções no Brasil como, soja, milho, trigo e etc. com isso é de suma importância um estudo minucioso quando se pretende trabalhar com esta cultura, pois após a plantação da mesma, a colheita é realizada com a mesma muda durante 5 (cinco) a 7 (sete) anos, então

qualquer problema durante a preparação do solo, tanto no que se refere a adubação como também a descompactação do solo, poderá trazer prejuízos durante todos esses anos, sem contar que se o problema for de grande escala, será necessário o replantio e assim o aumentando ainda mais nos custos com este processo (TOWNSED, 2000).

A boa preparação do solo traz grandes benefícios ao produtor, Staut (2006) relata alguns resultados obtidos com pesquisas realizadas em uma propriedade no Estado de São Paulo, a qual pode-se utilizar como uma boa referência na tentativa de demonstrar os resultados de um tratamento eficiente e que traz grandes vantagens ao proprietário da lavoura. Conforme Staut (2006), vale destacar que.

Corrigindo-se as limitações químicas, o cultivo da cana-de-açúcar em uma mesma área pode se prolongar por um bom tempo. Resultados obtidos em condições de lavouras no Estado de São Paulo indicam que talhões onde a saturação por bases era baixa, 27%, na camada superficial até 0,20 m, e valores extremamente baixos, inferiores a 10%, na subsuperfície até 1,00 m de profundidade, a produtividade no segundo corte chegou a 70 t ha⁻¹, enquanto nos demais talhões a média foi de 87 t ha⁻¹. Por outro lado, no talhão em que a saturação por bases era elevada, tanto na superfície, com 62%, como na subsuperfície, com valores ao redor de 70% (até a 1,00 m de profundidade), no décimo corte, de uma determinada variedade de cana, a produtividade ainda se mantinha em 62 t ha⁻¹, elevada se considerar o número de cortes.

É preciso reconhecer que com o passar dos anos a produtividade da lavoura vai diminuindo, conseqüência dos vários cortes realizados sobre a mesma muda, a qual vai perdendo seus nutrientes e diminuindo a capacidade de produção. Fernandes, Furlani Neto e Stolf (1981), citam que na medida com que a produção em termos de toneladas de cana por hectare não se torna viável no que diz respeito à economia, é necessário que a área passe por um processo de reforma, na busca da restituição das boas condições físicas do mesmo.

Com o passar dos anos o aumento no uso de grandes máquinas agrícolas no cultivo da cana de açúcar tem provocado alterações nas propriedades do solo, causando a compactação do mesmo, o que reflete na resistência sobre a penetração das raízes, impedindo as plantas de buscar os nutrientes necessários para seu bom desenvolvimento (KOCHHANN; DENARDIN *apud* ANDRÉ, 2009).

Devido aos problemas de compactação do solo, sua manutenção é imprescindível para deixá-lo produtivo, para isso existem processos de reforma, o

qual pode ser realizado através de operações diferentes, a aração, a subsolagem e a gradeação.

Outro aspecto importante que deve ser considerado na preparação da área a ser plantada é a criação dos talhões, os mesmos não devem ter a declividade maior que 12%, devido às colhedoras existentes no mercado não suportar valor superior a este. (MAGALHÃES; GRAZIANO *apud* LIONÇO et al., 2010).

Além da inclinação, o tamanho do talhão também deve ser definido, segundo Benedini e Conde *apud* Lionço et al. 2010, os talhões devem ter comprimento de 500 metros a 700 metros e largura entre 150 metros a 400 metros, desta maneira é importante definir antecipadamente as estradas e formato destas áreas para reduzir o pisoteio e compactação durante as manobras.

Para Segato *apud* Lionço et al. (2010), o formato mais recomendado para os talhões seria o retangular com o maior comprimento possível, a fim de evitar muitas manobras e aproveitar toda a eficiência da colhedora. Devem-se escolher talhões que não tenham árvores, cercas e etc. que possa interferir no deslocamento dos equipamentos.

2.2.2 Plantio da cana de açúcar

A mecanização na cultura de cana de açúcar é de suma importância na busca do aumento da produção em larga escala, e que vem ao encontro da produtividade, redução de custos e perdas (FRASSON, 2004).

Nesta linha de pensamento, torna-se oportuno citar Pauli (2009).

O processo de plantio da cultura é tradicionalmente realizado de forma semimecanizada, envolvendo operações manuais e mecânicas. Com o advento de uma nova geração de plantadoras, a cultura de cana passa a ser totalmente mecanizada, do plantio à colheita. No sistema mecanizado, as plantadoras utilizam rebolos e mudas colhidas por colhedoras de cana picada e realizam simultaneamente a sulcação, a distribuição das mudas e de insumos e a cobertura dos sulcos.

Pauli (2009) destaca também que, a operação de plantio da cana de açúcar é uma das que necessitam maiores cuidados e conhecimentos técnicos, pois qualquer erro cometido durante este processo trará prejuízos em todo o ciclo de produção da cultura. Deste modo deve-se elaborar um bom planejamento, controlar e garantir a qualidade dos processos, isso é primordial na busca pela excelência na produtividade e longevidade do canavial.

A este respeito, torna-se imprescindível destacar a distância entre os sulcos durante o plantio, este aspecto é comentado por Benedini e Conde (2008), os quais afirmam.

A redução da distância entre sulcos no plantio da cana-de-açúcar na maioria das vezes resulta em ganhos de produtividade. Inúmeros experimentos apresentaram aumento de produtividade agrícola, mais significativa em solos de menor fertilidade, com a utilização de menores espaçamentos entre sulcos. Revisão de literatura sobre o assunto mostra, em média, ganhos de 1 a 2% em produtividade para cada 10 cm de redução no espaçamento. Vários fatores podem interferir nesta maior produtividade: maior área foliar, maior aproveitamento dos nutrientes e água do solo, melhor controle de ervas daninhas pelo fechamento rápido, etc.; sendo que a qualidade da matéria-prima é pouco afetada pela redução do espaçamento.

A cana de açúcar vai à contra ponto com as outras culturas de maior produção no Brasil (milho, soja, algodão, café, etc.) as quais se beneficiam do aumento entre linhas de plantio, ainda mais se não houver restrição de água e nutrientes (BENEDINI; CONDE, 2008).

Coleti e Stupello *apud* Barros (2008) demonstram as principais atividades que cercam as operações de plantio desta cultura, que são espaçamento entre fileiras, profundidade do sulco, época de plantio, quantidade de mudas, e os cuidados com estas operações, os mesmos ainda abordam a importância das mesmas para a inicialização da cultura, a qual exige grande planejamento e conhecimento técnico.

Em vista disso, enfatiza-se Pauli (2009), o qual destaca a dificuldade ao que se refere à plantação da cana de açúcar.

O dinamismo natural e a complexidade do plantio, junto à recente implantação do sistema mecanizado, ampliaram o número de variáveis que podem influenciar o processo. Os produtores que decidem aderir à mecanização total das operações de plantio, geralmente enfrentam problemas na implantação e execução, principalmente para definir quais dessas variáveis devem ser controladas e que merecem maior atenção. As dificuldades em definir as variáveis podem ocasionar o aumento de desperdícios de insumos e prejudicar a qualidade das operações, influenciando na longevidade das soqueiras e onerando os custos de produção.

Um ponto de suma importância de acordo com Rossetto e Santiago (2007), que deve ser levado em consideração no plantio da cana de açúcar é a época de plantio, cuja escolha adequada influencia diretamente no desenvolvimento da cultura, pois necessita de boas condições climáticas para se desenvolver e acumular açúcar. A cana precisa de grande disponibilidade de água, elevadas temperaturas e um bom

índice de radiação solar, para isso o plantio pode ser realizado em 3 (três) épocas, descritas abaixo.

a) Sistema de ano-e-meio (cana de 18 meses): A cana-de-açúcar é plantada entre os meses de janeiro e março. Nos primeiros três meses, a planta inicia seu desenvolvimento e, com a chegada da seca e do inverno, o crescimento passa a ser muito lento durante cinco meses (abril a agosto), vegetando nos sete meses subsequentes (setembro a abril), para, então, amadurecer nos meses seguintes, até completar 16 a 18 meses. Este período (janeiro a março) é considerado ideal para o plantio da cana-de-açúcar, pois apresenta boas condições de temperatura e umidade, garantindo o desenvolvimento das gemas. Essa condição possibilita a brotação rápida, reduzindo a incidência de doenças nos toletes.

b) Sistema de ano (cana de 12 meses): Em algumas regiões, a cana-de-açúcar pode ser plantada no período de outubro a novembro. Esse sistema de plantio precisa ser utilizado de forma restrita.

c) Sistema de inverno: Com o uso da torta de filtro que contém cerca de 70 a 80% de umidade, aplicada no sulco de plantio, é possível plantar a cana-de-açúcar mesmo no período de estiagem. A torta fornece a umidade necessária para a brotação. Se ainda for feita uma fertirrigação com vinhaça, ou mesmo irrigação, o plantio da cana pode ocorrer praticamente o ano todo (ROSSETO; SANTIAGO, 2007).

No que se refere ao plantio de cana, as mudas (propágulos), devem ter sido colhidas de canaviais com 8 (oito) a 12 (doze) meses de idade, fortes e sem doenças. É recomendado que as mudas passem por tratamento de fungicidas e inseticidas. O corte da mesma deve ser muito próximo do solo com a retirada das ponteiros, além do mais, no transporte e distribuição das mudas deve-se ter muito cuidado para não danificar as gemas, por isso recomenda-se o plantio logo após o corte. Outra recomendação é de que em média se utilize de 8 (oito) a 15 (quinze) toneladas de mudas por hectare durante o plantio (TOWNSEND, 2000).

Seguindo todas estas recomendações desde o preparo do solo até o plantio da cana de açúcar as chances de se ter uma boa produtividade é grande, e a tendência é que a mesma continue durante todo o ciclo desta cultura.

2.2.3 Colheita mecanizada da cana de açúcar

A agricultura é uma importante fonte de empregos para as pessoas com baixo nível de estudos. Nas diversas culturas agrícolas, a mecanização vem substituindo estes empregos com a necessidade de manter-se competitivo no mercado e facilitar o gerenciamento das tarefas. Os processos de produção da cana, desde o preparo do solo até a colheita são muito complexos e demandam de energia diversificada (BRAUNBECK; OLIVEIRA, 2006).

A mecanização da agricultura no Brasil está em evolução constante, e o uso de tecnologia aumenta cada vez mais, nesta linha de pensamento vale citar Braunbeck e Oliveira (2006).

A mecanização de algumas operações de colheita, como é o caso dos cereais e das forragens, sofreu grande evolução desde seus primórdios, no início do século XIX e, dificilmente, poderão ser substituídas competitivamente por operações semimecanizadas. No entanto, a colheita de outras culturas, como frutas, hortaliças e cana-de-açúcar, encontram-se, ainda, em estágio incipiente de mecanização ou com deficiências tecnológicas, tais que, no quadro socioeconômico atual, permitem considerar os processos semimecanizados, ou de auxílio mecânico [...]

De acordo com Magalhães (2007), as características dos equipamentos usados na cultura de cana variam de acordo com os sistemas utilizados no plantio, cultivo e colheita. Os sistemas adotados são divididos em mecanizados e semimecanizados, somente variando entre eles a quantidade de colaboradores, máquinas e implementos empregados. Nos dias de hoje praticamente não existe mais um sistema totalmente manual e nenhuma das fases de produção desta cultura.

Braunbeck e Oliveira (2006), ressaltam que a colheita mecanizada de cana de açúcar em relação a colheita semimecanizada apresenta algumas vantagens e desvantagens. Como vantagem pode-se destacar a menor agressão ao meio ambiente, mais acúmulo de material orgânico no solo e também a redução do quadro funcional. Como desvantagem está a redução na qualidade da matéria prima, necessidade de colaboradores especializados e perdas quali-quantitativas.

Um ponto relevante que deve ser considerado na busca pela redução de perdas durante a colheita é o corte da cana, deste modo é imperioso destacar Townsend (2000), o qual descreve um pouco sobre o corte desta cultura.

A cana deve ser cortada rente ao solo, os cortes mais altos ou profundos, prejudicam a rebrota que se dá a partir das gemas basais. No primeiro caso, são mantidas as gemas aéreas (axilares) que produzem rebrota com pouco perfilhamento, e a soca remanescente favorece o surgimento de pragas e doenças, além de dificultar as operações com tratos culturais subseqüentes. No segundo caso, corre-se o risco de extirpar as gemas basais. A medida que o canavial for sendo utilizado, evitar o trânsito ou pisoteio sobre a soca que encontra-se rebrotando. No momento do corte, as folhas secas deverão ser retiradas e deixadas nas 0,30 entrelinhas, servindo como cobertura de solo, auxiliando no controle de plantas invasoras e na retenção da umidade, além do mais, essas folhas apresentam baixo valor nutritivo, quando ofertadas aos animais.

Ainda nesta linha de considerações Townsend (2000), comenta que os talhões de corte devem ser dimensionados, de tal maneira que a quantidade de cana cortada, seja utilizada no mesmo dia, ou em até 2 (dois) dias, afim de evitar a fermentação devido a estocagem, deste modo descartando a cana até para a alimentação animal. Após a colheita, a cana de açúcar deve ser estocada em local livre do sol e de temperatura amena.

Reis (2009) relata também outras perdas na colheita mecanizada, como as perdas do tipo, rebolo repicado, pedaço fixo, pedaço solto, lasca, cana-ponta, cana inteira e estilhaço, cujo somatório das mesmas contabiliza perdas totais, qualitativamente falando, outros problemas que podem ocorrer é os danos causados às soqueiras após a colheita pela máquina e também o arranco das mesmas.

Magalhães et al. *Apud* Reis (2009), destacam medições realizadas pelo CTC (Centro de Tecnologia Canavieira), o qual mostra que 10% da matéria-prima colhida é perdida no campo quando o corte é mecanizado, que representa um prejuízo em torno de US\$ 450 milhões por ano. O autor também informa que a mecanização da colheita de cana apresenta alguns problemas como o aumento dos índices de material estranho na matéria-prima, o que diminui a qualidade, além dos colmos e frações deixados no campo após a colheita.

Em contraponto Rodrigues *apud* Reis (2009), apresenta valores na comparação entre a colheita mecanizada a qual tem um custo de 3,06 US\$/t contra 7,74 US\$/t para a colheita manual de cana, o que representa uma redução de 60,46% em favor do custo de tonelada colhida mecanicamente.

A colheita mecanizada de cana de açúcar vem sofrendo algumas mudanças em função do novo conceito de aproveitamento do palhiço para geração de energia e também cobertura natural do solo, com o intuito de evitar danos ao mesmo. Deste modo, modela-se novo conceito de colheita, a qual visa o aproveitamento de toda a cultura, trazendo operações adicionais para a retirada do palhiço e a disposição adensa do mesmo e de colmos para o transporte, essas novas técnicas vêm de encontro à busca incessante da redução das perdas durante a colheita (BRAUNBECK; OLIVEIRA, 2006).

2.3 TECNOLOGIA PLENE

Diante da grande importância da cana através de suas propriedades e de seus subprodutos, a busca por novos resultados na sua prática de cultivo tem tornado-se um processo natural. Ao longo de vários anos especialistas tem aprimorado a qualidade desta cultura, apesar de uma complexa composição genética (CIB-CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA, 2009).

A cana de açúcar é uma cultura de difícil cultivo, devido a condições específicas de produção e de sua genética de alta complexidade, nesta linha de raciocínio é de suma importância o relato de CIB - Conselho de Informações sobre Biotecnologia (2009).

Para que haja cruzamento entre duas variedades, ou híbridos, de cana, é necessário que elas floresçam, o que só ocorre em circunstâncias específicas de fotoperíodo (iluminação) e temperatura diurna e noturna. O ambiente ideal é encontrado apenas entre 5° e 15° de latitude, razão pela qual todos os programas de melhoramento brasileiro têm suas estações de cruzamento no Nordeste (Alagoas e Bahia). Além da dificuldade de florescimento, o pólen da cana perde rapidamente a viabilidade em condições naturais, com algumas variedades apresentando ainda baixa fertilidade do pólen.

Nesta linha de pensamento vale destacar os estudos realizados pela Syngenta no desenvolvimento do Plene, apresentado na Figura 2, o qual aponta um aumento na produção de 5% a 15% por hectare através do uso deste produto e os custos de produção para o cliente de acordo com o autor é 15% menor do que o plantio manual, o qual tem um custo de US\$2.250,00 por hectare e o mecanizado um custo de US\$2.100,00 por hectare (CRUZ, 2008).

Figura 2: Plene.



Fonte: Autor (2012).

Cruz (2008) destaca também que a produção convencional de cana de açúcar necessita de uma área em torno de 5% do total das propriedades para o cultivo de mudas para o plantio, área essa que não é necessária com o plantio do plene.

A Syngenta (2012) destaca os benefícios proporcionados pelo Plene:

- a) Ganho imediato de novas áreas de plantio:** Plene elimina a necessidade de ter áreas de viveiro;
- b) Menos equipamentos:** Plene dispensa o uso de maquinários pesados, preservando solo;
- c) Plantio direto:** Plene elimina o tratamento de Proteção de Cultivo no plantio;
- d) Redução de mão de obra:** o plantio é todo mecanizado demandando uma mão de obra mais qualificada;
- e) Sustentabilidade:** além de gerar plantas mais saudáveis, livres de pragas e doenças, o processo de plantio de Plene gera menor compactação do solo e menor consumo de combustíveis;
- f) Economia:** com Plene a sua produtividade por hectare sobe, enquanto suas despesas diminuem. Ele permite menor investimento em máquinas, equipamentos e mão de obra, redução no volume de mudas e o uso racional de Proteção de Cultivos;

Com o plene a distância de plantio entre as mudas e o tempo de crescimento da planta é o mesmo das plantas convencionais, porém a abertura de sulcos na terra durante o plantio é menor, com isso há a redução de etapas no processo de preparação do solo e com isso é reduzido a perda de umidade (CRUZ, 2008).

2.4 COLHEDORAS DE CANA DE AÇUCAR

Com a necessidade de diminuição das queimas e com a falta de mão de obra, a colheita da cana vem sendo automatizada com uma velocidade muito grande, além de ser uma colheita mais rápida e sem agredir o meio ambiente, a tecnologia com que essas máquinas vêm entrando no mercado fez com que suas vendas aumentassem muito nestes últimos anos. Deste modo, tornasse oportuno um breve estudo sobre estas máquinas.

Com a crescente expansão da colheita mecanizada, muitas empresas vêm entrando neste ramo de equipamento, com o objetivo de entrar em um mercado que está aumentando em um ritmo acelerado, porém, ainda são poucas as empresas que fabricam colhedoras de cana, entre as mais conceituadas e com grande participação no mercado está a John Deere, Case IH e Santal.

A John Deere vende no Brasil os modelos 3520 e 3522, a colhedora de cana 3520 é um dos modelos mais vendidos da John Deere, ela tem a opção de ser

fabricada com esteira, ou com rodas, tem um motor com potência de 342cv de 9.0 litros, já o modelo 3522, é equipada com um motor de 380cv e tem a capacidade de colher duas linhas de cana de açúcar, porém não tem a opção de ser vendida com rodas, somente com esteiras, abaixo, é possível ver os dois modelos da John Deere na Figura 3 (JOHN DEERE, 2012).

Figura 3: Modelo 3520 e 3522.



Fonte: John Deere

Já a Case IH, tem em seu portfólio três modelos de colhedoras de cana de açúcar, a A4000, que é um modelo de pequeno porte, para propriedades menores, e que é equipada com um motor de 170cv e é vendida somente com pneu, sem a opção de esteiras. Outro modelo vendido pela Case IH é a A8000, uma colhedora do mesmo porte que os modelos John Deere, e que é equipada com um motor de 330cv de potência, a mesma, também é equipada com pneus, para o cliente que optar por uma colhedora de esteiras, pode adquirir o modelo A8800, que também é de 330cv de potência no motor, conforme pode ser visto na Figura 4, os modelos A4000 e A8800 (CASE IH, 2012).

Figura 4: Modelo A4000 e A8800.



Fonte: Case

Outra grande fabricante de colhedora de cana de açúcar no Brasil é a Santal, empresa voltada somente para a linha de produção de cana, a mesma produz dois modelos de colhedoras, a S5010 e a Tandem SII. Os modelos S5010 são compostos

por um motor de 12 litros com 336cv de potência, este colhedora é disponibilizada para venda somente com esteiras. O outro modelo chamado Tandem SII é equipado com um motor de 12 litros de 336cv de potência, mesma potência gerada pelo outro modelo, porém o diferencial entre os duas colhedora é seu rodado, pois a Tandem SII é vendida apenas com roda, não tendo disponibilidade de esteira, outra diferença deste modelo para a concorrência é que a mesma é composta por três eixos, e não dois como das outras fabricantes, abaixo, é possível ver os dois modelos da Santal na Figura 5 (SANTAL, 2012).

Figura 5: Modelo s5010 e Tandem SII



Fonte: Santal

Existem outros modelos que são comercializados no Brasil para a colheita de cana de açúcar, contudo devido a falta de informações concretas e técnicas, não serão apresentadas, porém abaixo, temos a Figura 6 que demonstra outro modelo de colhedora vendida aqui no Brasil.

Figura 6: Colhedora de cana STAR



Fonte: Star Máquinas

Na Figura 7, temos demonstrado outro modelo de colhedora vendida aqui no Brasil.

Figura 7: Colhedora de cana SH7500 TAGRM



Fonte: Tagrm

2.5 PROJETO DO PRODUTO

A inovação é um grande aliado na busca pelo sucesso dos negócios. A economia depende da competitividade entre as companhias, a fim de superar resultados alcançados por suas concorrentes. As empresas precisam renovar seus produtos, buscar novas tecnologias, para evitar que seus competidores acabam ocupando a parte do mercado que era sua (BAXTER; 2011).

Projetar um produto envolve muitas variáveis além de só por em prática algo inovador, desta forma, torna-se imperioso ressaltar uma citação de Barbosa Filho (2009), o qual demonstra um pouco sobre sua idéia em relação ao desenvolvimento de novos produtos.

Desenvolver um produto para um mercado é bem mais do que empreender, visando transformar uma boa idéia em um projeto, em seguida fabricá-lo e envidar esforços para a sua venda. Implicações ambientais relativas às escolhas de matéria-prima, ao gasto energético despendido e sobre os resíduos gerados na produção devem estar contempladas entre as preocupações do projetista de um novo produto. Igualmente aspectos de saúde e segurança para o trabalhador que irá produzi-lo, bem como de seu usuário final também devem ser atendidos. Por fim, não devemos nos esquecer de que o sucesso de um produto no mercado depende de uma série de dimensões econômicas que estão diretamente relacionadas ao seu projeto.

Nesta linha de pensamento vale ressaltar que, para o desenvolvimento de novos produtos torna-se viável afirmar que, o processo de um projeto necessita ser minuciosamente planejado e executado sistematicamente. Desta forma torna-se imprescindível a utilização de um processo sistemático, que possa interagir com os diferentes aspectos envolvidos no projeto, a fim de tornar o processo lógico e compreensível (FORCELLINI, 2002).

Através destas considerações é de suma importância a definição de projeto do produto mencionado por Forcellini (2002) o qual faz a seguinte citação.

O projeto do produto então pode ser formulado como uma atividade de planejar, sujeito às restrições da resolução, uma peça, uma parte ou um sistema para atender de forma ótima necessidades estabelecidas, sujeito, ainda, às restrições de solução. Entende-se aqui como restrições de resolução aquelas que se relacionam com o conhecimento disponível, o tempo, facilidades de laboratório e de computação para resolver o problema e, as restrições de solução que englobam aspectos de custos, disponibilidade de materiais, equipamentos de fabricação, de uso, manutenção e descarte. Assim, um projeto sendo sempre sujeito a certas restrições, torna a solução, em qualquer ponto no tempo, invariavelmente um compromisso.

Através dos estudos acima podemos dizer que o desenvolvimento de novos projetos de produtos vem ao encontro do desenvolvimento do ser humano, o qual ao longo dos anos tem buscado constantemente resultados sustentáveis, como por exemplo, a busca por energias renováveis, com o objetivo de redução da emissão de poluentes a fim de reduzir a degradação da cama de ozônio e etc. Tudo gira em torno do bem estar da população e satisfação do consumidor final.

3 METODOLOGIA

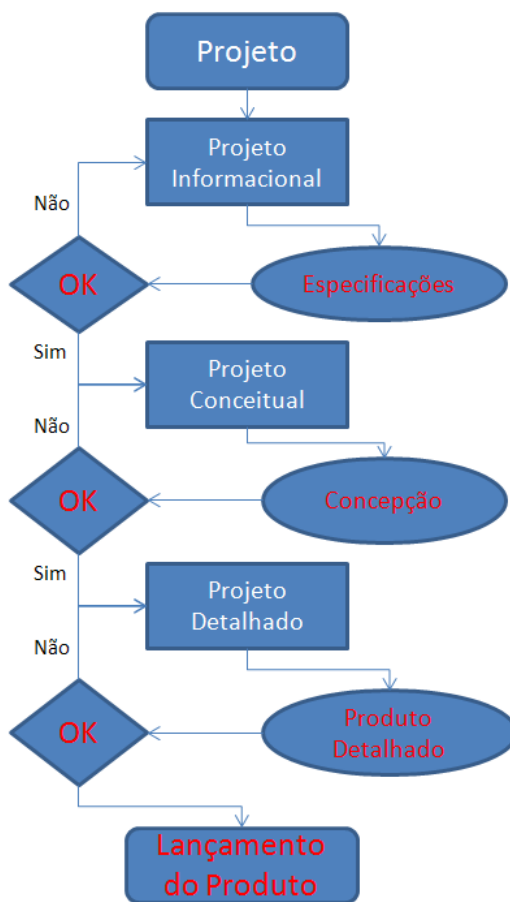
Neste capítulo o trabalho aborda o caminho, ou seja, o método e as técnicas analisadas para que seja possível o desenvolvimento de um conceito para uma colhedora de cana voltada para o comércio do Plene, estudando a metodologia por método exploratório e o desenvolvimento do estudo de projeto de produto.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS

Na busca por técnicas sustentáveis, este projeto consiste no método de pesquisa exploratória a fim de encontrar as soluções para o assunto pesquisado e chegar ao resultado esperado. A primeira fase consiste na elaboração de uma pesquisa bibliográfica, a fim de desenvolver o conhecimento sobre a cultura de cana de açúcar e as tecnologias empregadas em seu processo de produção.

Segundo Mantovani (2011), um projeto pode ser dividido em três fases conforme Figura 8, porém este projeto irá se estender somente até a fase 2 de projeto conceitual.

Figura 8: Etapas do desenvolvimento de projeto.



Fonte: Adaptado de Forcellini (2002).

A fim de melhorar o entendimento sobre estas fases que serão utilizadas neste projeto torna-se imprescindível a definição delas, que são: Projeto Informacional e Projeto Conceitual, mas primeiro, vale um breve conceito de Pesquisa Exploratória.

3.1.1 Projeto Informacional

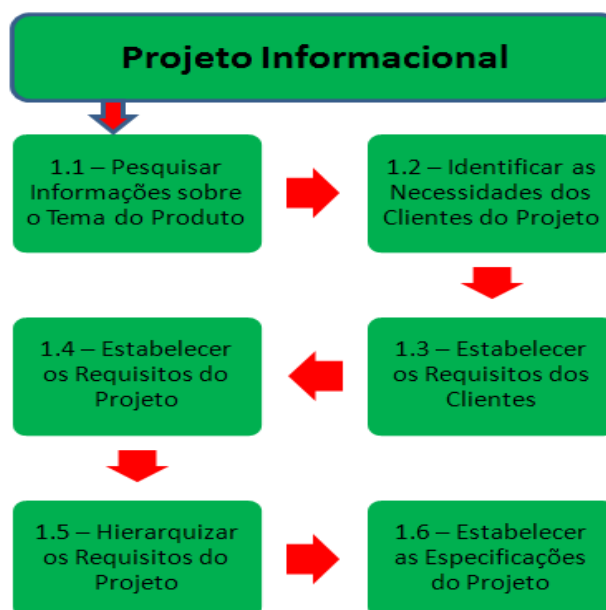
Para Forcellini (2002), o início de um projeto é o problema que gerou à necessidade do desenvolvimento de algum produto que atendesse a mesma.

O projeto informacional é uma análise detalhada do problema em questão, buscando-se todas as informações possíveis a fim de entender o problema. O produto obtido no final desta fase é chamado de especificações do projeto, a qual consiste em uma lista de objetivos que o produto deve atender (ROOZENBURG; EEKELS *apud* FORCELLINI, 2002). Após isso é definida todas as funções e necessidades do produto e suas possíveis restrições com relação ao processo de projeto (FORCELLINI, 2002).

De acordo com Roozenberg e Eeckels *apud* Forcellini (2002), dentro do projeto as especificações tem duas funções, uma delas é direcionar o processo das possíveis soluções e a outra consiste em fornecer as bases para os critérios de avaliação.

Nesta linha de considerações pode-se destacar a Figura 9, a qual demonstra as fases que compõe o Projeto Informacional.

Figura 9: Etapas da fase de Projeto Informacional.



Fonte: Adaptado de Forcellini (2002).

Sobre o projeto conceitual, Rozenfeld et al. (2006), destaca o objetivo desta fase em um projeto a qual é destacada abaixo.

O objetivo dessa fase é, a partir das informações levantadas no planejamento e em outras fontes, desenvolver um conjunto de informações, o mais completo possível, chamando de especificações-meta do produto. Essas especificações, além de orientar a geração de soluções, fornecem a base sobre qual serão montados os critérios de avaliação e de tomada de decisão utilizados nas etapas posteriores do processo de desenvolvimento.

Deste modo, podemos destacar Back et al. (2008), o qual destaca que quando iniciado o plano do projeto, deve realizar algumas atividades que tem por objetivo a definição de pontos que influenciam no projeto do produto. Em paralelo, o plano de marketing continua sendo monitorado a fim de verificar mudanças que possam modificar determinadas especificações de projeto. Deste modo, o estabelecimento das especificações de projeto, são determinadas primeiramente com as necessidades dos clientes, sendo subdividida em requisitos do usuário, após identifica-se os requisitos de projeto do produto, como, funcionais, ergonômicos, segurança e etc.

Para, Rozenfeld et al. (2006), a definição do problema de projeto é de suma importância, pois a mesma tem por objetivo o entendimento conciso e completo do problema a ser trabalhado, além de entrar mais a fundo nas informações recebidas na fase de planejamento, são pesquisadas detalhadamente outras informações, como aspectos tecnológicos e de produtos da concorrência.

Ainda nesta linha de pensamento, podemos destacar que os requisitos do cliente são expressos na linguagem do consumidor, por tanto, não são precisas, ou seja, não está na forma correta e adequada para ser utilizada nas definições das próximas fases do projeto do produto, desta forma, faz-se necessário uma caracterização técnica destas expressões e desta forma, ser possível mensurá-las (ROZENFELD et al; 2006).

Deste modo, é de suma importância, mencionar Back et al. (2008), o qual destaca que os requisitos de projeto determinam as especificações de projeto, ou seja, o objetivo pelo qual o produto está sendo projetado, com estas especificações em mãos pode se definir fatos que determinam planos de manufatura, desenvolvimento de fornecedores, meta de custos do produto e etc.

Com o intuito de finalizar as etapas do projeto informacional vale citar novamente Back et al. (2008), o qual menciona.

Para concluir a fase de projeto informacional, as especificações de projeto do produto são submetidas à aprovação, considerada como critério que autoriza o progresso para a fase seguinte, e são realizadas as análises econômica e financeira e a atualização do plano do projeto. O monitoramento do progresso do projeto é realizado simultaneamente às tarefas da fase. Finalmente, o comprometimento das áreas envolvidas no desenvolvimento é obtido através da avaliação e tomada de decisão de aprovação de passagem de fase.

Através de uma análise destas etapas do projeto informacional, pode se dizer que esta fase é o princípio dos estudos de viabilidade de um projeto bem como a definição de requisitos, que juntos se tornam imprescindível para o início do desenvolvimento do produto.

3.1.2 Projeto Conceitual

Sobre o projeto conceitual, Forcellini (2002) destaca alguns pontos, e que se torna imperioso citar.

O projeto conceitual é tido como a etapa mais importante na fase de projeto de um produto, pois as decisões tomadas nessa etapa influenciam sobremaneira os resultados das fases subsequentes. O projeto conceitual é a etapa do processo de projeto que gera, a partir de uma necessidade detectada e esclarecida, uma concepção para um produto que atenda da melhor maneira possível esta necessidade, sujeita às limitações de recursos e às restrições de projeto.

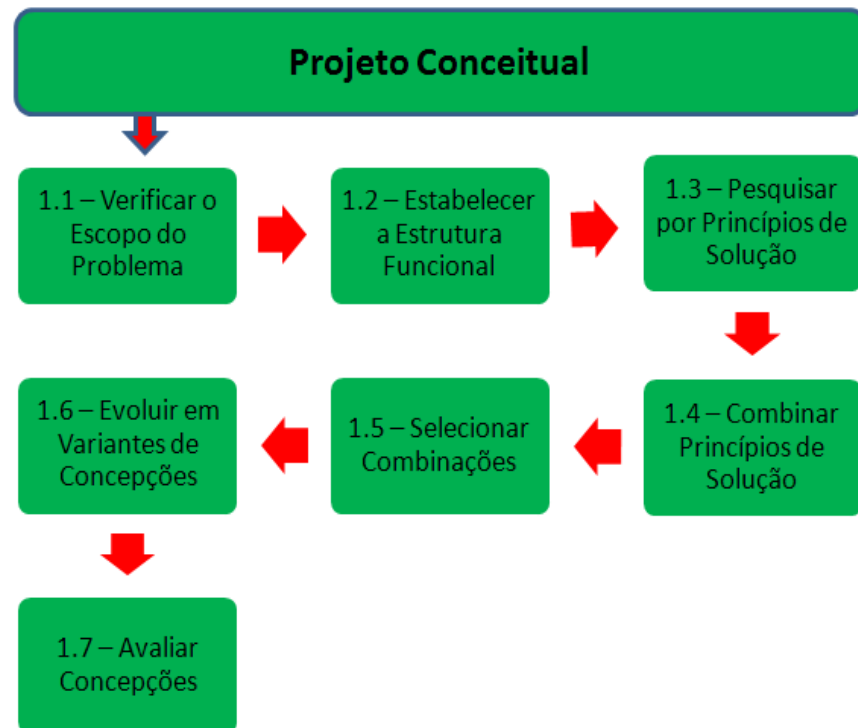
Ainda na linha de pensamento de Forcellini (2002), esta fase do projeto de produto tem por objetivo definir princípios para o novo produto. Deve ser produzido para satisfazer as exigências do cliente final e ser diferenciado dos outros produtos existentes no mercado. O autor ainda destaca que o projeto conceitual deve apresentar como o novo produto irá atingir os objetivos pelo qual ele foi desenvolvido, por isso é necessário que o benefício básico seja bem definido e com boa compreensão das necessidades do consumidor.

Com base nessas informações torna-se oportuno demonstrar através da Figura 10 as etapas do Projeto conceitual.

Back et al. (2008), mencionam em seu trabalho que para alcançar os objetivos desta fase devem ser realizados procedimentos que buscam definir a linha funcional do produto, a qual introduz a definição da função global a ser trabalhada, além de

suas subfunções. Com isso, parte-se para a análise de estruturas funcionais alternativas, a fim de selecionar a que melhor se enquadra.

Figura 10: Etapas da fase de Projeto Conceitual.



Fonte: Adaptado de Forcellini (2002).

Back et al. (2008), determinam que para a seleção da concepção, deve-se realizar um estudo comparativo entre algumas considerações, como, especificações de projeto, custo, riscos, metas da qualidade e etc. Com essas concepções definidas o autor destaca a próxima etapa, que consiste em uma análise dos processos de fabricação existentes, a fim de selecionar os principais processos que poderão ser utilizados na manufatura do produto.

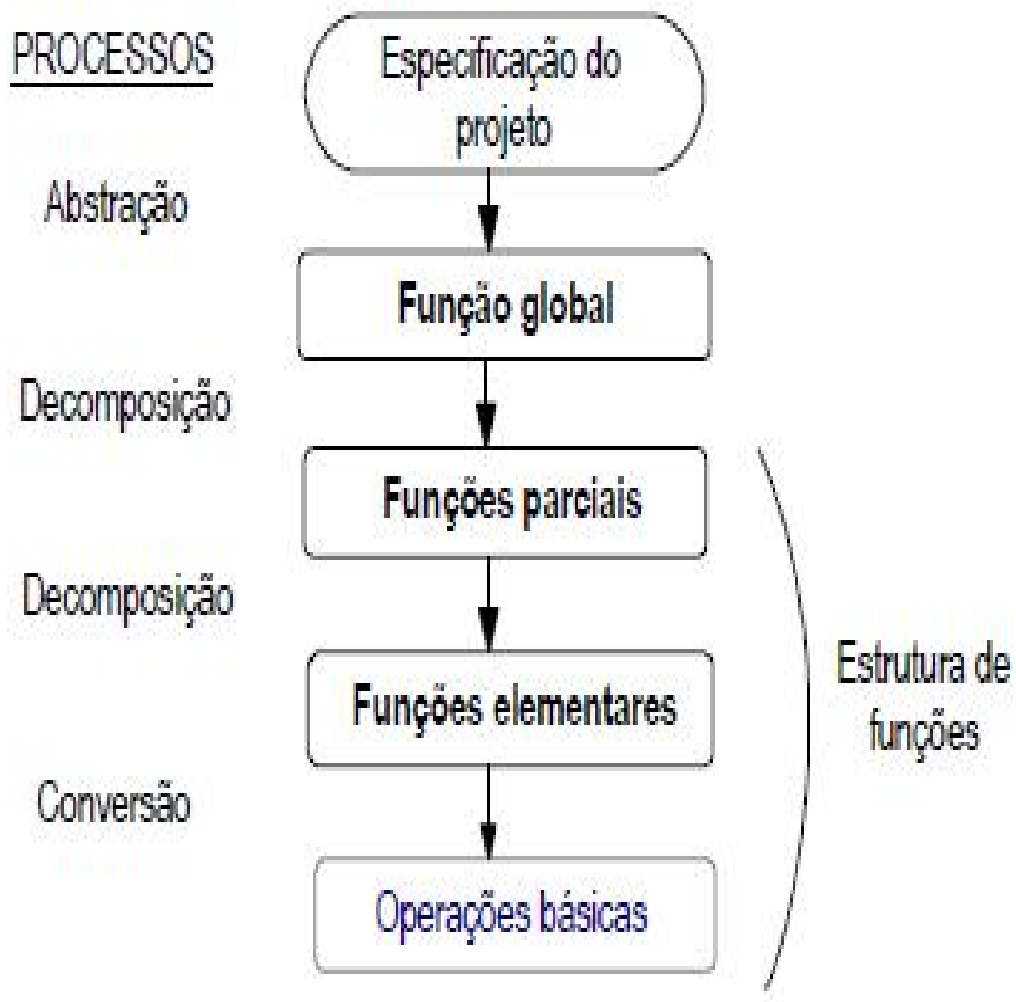
Contudo, torna-se imperioso destacar um trecho da obra de Rozenfeld et al. (2006), que explana sobre o começo do projeto conceitual.

No início da fase de Projeto Conceitual, o produto é modelado funcionalmente e descrito de uma forma abstrata, independentemente de princípios físicos. Com isso, evita-se que experiências ou preconceitos formem uma barreira contra novas soluções, ou, em outras palavras, que o foco seja mantido na essência do problema e não na solução imediata. Essa abstração é feita definindo-se o produto em termos de suas funções. Para isso, inicialmente define-se a função global do produto que, em seguida, é desdobrada em várias estruturas de funções do produto até que uma seja selecionada.

Através de uma análise da síntese de soluções alternativas com relação à inovação do produto Back et al. (2008), destaca métodos sistemáticos de geração de concepções de novos produtos, e um destes métodos é o da Matriz Morfológica, a qual se define em um método sistemático de várias combinações de elementos ou parâmetros, com o intuito de encontrar nova solução para o problema.

Segundo Forcellini (2002), uma análise funcional do produto deve ser realizada, ou seja, as principais funções que o mesmo deve desempenhar, independente de qualquer situação em particular, deste modo é importante destaca a Figura 11, que mostra melhor estas funções.

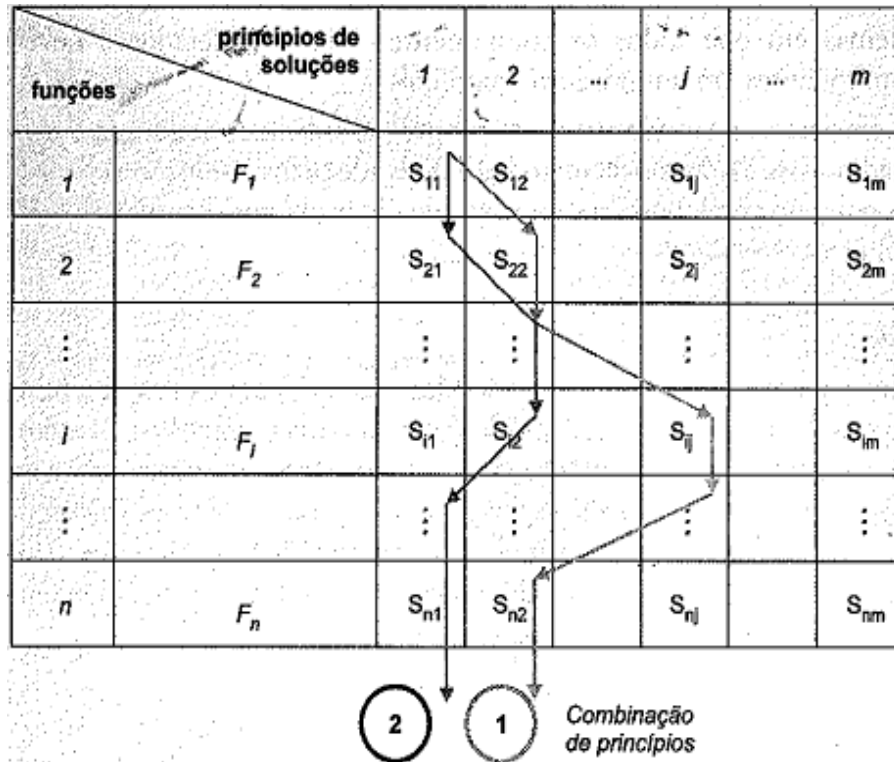
Figura 11: Tarefas e processos envolvidos na análise funcional.



Fonte: Forcellini (2002)

Rozenfeld et al. (2006), apresenta o procedimento básico para montagem da matriz morfológica, listar funções do produto, listar possíveis meios para cada função e representar as funções, soluções e explorar as combinações, conforme Figura 12.

Figura 12: Matriz morfológica e a combinação de princípios de solução.



Fonte: Rozenfeld et al. (2006).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia de projeto de produto estabelecida anteriormente, bem como o modelo conceitual do produto a fim de apresentar o conceito do produto final, além de definir uma melhor concepção do que será o equipamento.

4.1 PROJETO INFORMACIONAL

Com o intuito de estabelecer as especificações do projeto esta etapa vem de encontro a definir informações importantes no desenvolvimento de um produto, como a necessidades dos clientes, visando sua total satisfação com o produto.

4.1.1 Especificações do Projeto

A criação de um novo produto ou até mesmo serviço, sempre começa com o estabelecimento das especificações do cliente, o mesmo consiste em conjunto de atributos, somado aos modos e grandezas a fim de avaliar as conformidades estabelecidas e com as devidas escalas de atendimentos (BACK et al. 2008). Deste modo, é de suma importância definirmos primeiramente o ciclo de vida do produto, este está reproduzido no Quadro 1.

Quadro 1: Identificação dos clientes ao longo do ciclo de vida do carro

FASES DO CICLO DE VIDA	CLIENTES		
	Internos	Intermediários	Externos
Projeto	Equipe de projeto		
Produção	Equipe de projeto + Equipe de produção		
Comercialização		Marketing e Vendas	
Usuários			Produtores de Cana de Açúcar
Descarte			Produtores de Cana de Açúcar

Fonte: Autor (2012).

É importante destacar que o desenvolvimento deste projeto tem como objetivo, desenvolver um produto voltado 100% a colheita da cana de açúcar com ênfase à

produção do Plene, deste modo, torna-se indispensável à realização do levantamento de dados que mostram o que o produto deverá ter a fim de satisfazer as necessidades do cliente.

Porém, antes da aplicação do questionário, é imperioso saber o que se deseja conhecer com a aplicação deste questionário, o qual está atrelado as informações do ciclo de vida do produto e o resultado está apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Informações a serem coletadas nas fases do ciclo de vida do produto.

FASES DO CICLO DE VIDA	O QUE SE DESEJA CONHECER
Projeto	Aspectos sobre a utilização funcional
	Características técnicas desejáveis
	Necessidades do cliente
Produção	Processo de fabricação desejável
Comercialização	Revenda do produto usado
Uso	Aspectos de movimentação
	Aspectos de segurança
	Aspectos de manutenção

Fonte: Autor (2012).

Em relação às especificações do projeto, vale apresentar Back et al. (2008), o qual demonstra uma certa preocupação com a definição das especificações, pois com a determinação imprópria destes aspectos terá conseqüências como, decisões erradas, o que acarretara uma solução para um problema diferente do necessário.

4.1.2 Requisitos dos clientes

Os requisitos dos clientes é uma das primeiras etapas no desenvolvimento do projeto, pois é a partir deste que o produto terá seu ponto de partida, estes requisitos são importantes, pois com eles parte-se para um estudo a fim de atendê-los e garantir a satisfação do cliente.

Analisando os dados expostos no Quadro 2, foi possível desenvolver um questionário 1 (APÊNDICE A), a fim de obter algumas informações importantes para o desenvolvimento do produto, este questionário foi aplicado à funcionários da Syngenta, que estão diretamente ligados ao projeto do Plene e também a operadores de colhedoras de cana de açúcar, os quais definiram pontos de suma importância para o bom desempenho e funcionalidade do produto.

Conforme já mencionado neste trabalho, a pesquisa de levantamento de dados dos requisitos dos clientes gera um resultado com uma linguagem simples e do dia a dia dos entrevistados, deste modo, torna-se relevante uma análise subjetiva a fim de tornar o resultado mais elaborado e com um linguajar mais técnico.

Após a realização do estudo em cima das respostas obtidas através do questionário, foi possível fazer o levantamento das características e informações julgadas importantes pelos entrevistados, obtendo-se assim o resultado que está exposto no Quadro 3.

Quadro 3: Requisitos do cliente.

CLIENTE/FASE DO CICLO DE VIDA	REQUISITOS DOS CLIENTES
PROJETO	1. Projeto simples 2. Manual de operação
PRODUÇÃO	3. Fácil fabricação 4. Baixo custo de produção
COMERCIALIZAÇÃO	5. Suporte pós-venda 6. Equipamento de fácil revenda 7. Alto custo/benefício 8. Disponibilidade de peças de reposição 9. Fácil operação e manuseio
USO	10. Velocidade de colheita
REGULAGEM	11. Ajuste de altura de corte 12. Fácil limpeza do equipamento
OPERAÇÃO	13. Apresentar bom funcionamento com a cana deitada 14. Apresentar boa resistência 15. Segurança para o operador 16. Ajuste de rotação 17. Sistema de travamento 18. Não danificar a gema e o broto 19. Ter precisão no corte
MANUTENÇÃO	20. Durabilidade 21. Facilidade de manutenção 22. Baixo custo de manutenção

Fonte: Autor (2012).

Com o levantamento dos requisitos dos clientes e a listagem das mesmas na linguagem técnica, percebem-se as necessidades dos clientes, porém a mesma ainda não está ligada às características do produto para se obter estes requisitos partem para um estudo que define os parâmetros ligados às propriedades técnicas

definitivas do que será o produto, com isso se obtém os requisitos do projeto mostrado na Figura 13.

Figura 13: Requisitos do projeto obtidos e classificados.

Atributos Gerais	Atributos básicos	Funcionamento	Não danificar o broto Precisão de corte	
		Ergonômico	Fácil engate no Trator Regulagem Altura para engate	
		Econômicos	Custo de Produção Custo de Manutenção	
		Segurança Confiabilidade Estético, Legal, Patentes, Ambiental	Proteção do operador Vida útil Longa Da normalização, Do impacto	
	Atributos do Ciclo de Vida	Fabricabilidade	Fabricação simples	
		Montabilidade	Facil montagem de peças	
		Mantenabilidade	Facil Manutenção	
			Embalabilidade, Transportabilidade, Armazenabilidade, Comercibilidade, Da função, Usabilidade, Reciclabilidade, Descartabilidade	
Atributos Específicos	Atributos Materiais	Geométricos	Dimensões	Passo de corte contínuo
			Ajustes	Regulagem da abertura do sem-fim Regulagem da rotação das navalhas Regulagem de altura do corte
		Material Cor, Peso	Materiais Padronizados Baixo peso	
	Atributos Energéticos	Cinemática Forças, Tipo de Energia, Fluxo	TDP, Hidráulica	
	Atributos de Controle	Controle Sinais, Estabilidade	Regulagens disponíveis	

Fonte: Adaptado de Fonseca (2000).

Com a definição dos requisitos do projeto, é imperioso ressaltar a importância de realizar uma análise a fim de obter a valorização através de um ranqueamento dos requisitos do cliente, para isso, utiliza-se o diagrama de Mudge, o qual identificou os principais requisitos, como o de não danificar a gema e o broto com 8,39% que ficou como o primeiro requisito a ser observado, seguido de ajuste da altura do corte com

6,92% e em terceiro requisito mais importante para o cliente ficou o ter precisão no corte, com 6,79%, podemos ver este resultado mais completo na Figura 14.

Figura 14: Diagrama de Mudge

		Número de necessidades do consumidor																				Soma	Porcentagem 1	Porcentagem 2	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21				22
1	1B			4C	5B	1A	7A	8C	9C	10C	11C	12C	13C	14B	15C	16C	17B	18C	19C	20C	21C	22C	4	0,59084195	0,59
2	2B			4C	5C	6A	2B	8B	9B	10C	11C	12C	13C	14B	15B	16C	17C	18C	19C	20C	21C	22C	6	0,886262925	0,89
	3			4B	5A	3B	3A	8B	9C	10C	11C	12C	13C	14A	15C	16C	17C	18C	19C	20C	21C	22C	5	0,738552437	0,74
	4			4A	4C	4C	4A	4A	4C	10A	11A	12A	4A	4B	15A	16B	17A	18B	19B	20A	21B	22C	34	4,527296937	4,53
	5			5C	5C	5C	5A	5A	5C	5A	5A	5A	5A	5B	5A	16B	5A	18A	5A	5B	5A	22A	39	5,193075899	5,2
	6			6B	6B	6B	8A	8A	9C	10C	11C	12C	13A	14A	15B	16B	17A	18B	19B	20B	21B	22B	4	0,532623169	0,53
	7			7C	7C	7C	8C	9C	10C	11C	12C	13C	14C	15C	16C	17C	18C	19C	20C	21C	22C	1	0,133155792	.13	
	8			8B	8B	8B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16A	17A	18C	19B	20B	21A	22B	17	2,263648469	2,26	
	9			9A	9A	9A	9A	10A	11A	12A	13A	9A	9A	9A	9A	9A	9A	18C	19B	9A	21A	22C	32	4,260985353	4,26
	10			10A	10A	10A	10A	10A	10A	10A	10A	10A	10A	10B	10B	10A	10A	10A	10A	10A	10C	10A	48	6,391478029	6,39
	11			11A	11A	11A	11A	11A	11A	11A	11A	11A	11A	11B	11B	11A	11A	11A	11B	11A	11C	11A	52	6,924101198	6,92
	12			12A	12A	12A	12A	12A	12A	12A	12A	12A	12A	12B	12B	16A	12A	18B	19B	20A	12C	12A	43	5,725699068	5,72
	13			13A	13A	13A	13A	13A	13A	13A	13A	13A	13A	13A	13A	13A	13A	13A	13A	13A	13C	13B	37	4,926764314	4,93
	14			14A	14A	14A	14A	14A	14A	14A	14A	14A	14A	14A	14A	14A	14A	14A	14A	14A	14A	14A	18	2,396804261	2,4
	15			15A	15A	15A	15A	15A	15A	15A	15A	15A	15A	15A	15A	15A	15A	15A	15A	15A	15C	15B	42	5,592543276	5,59
	16			16A	16A	16A	16A	16A	16A	16A	16A	16A	16A	16A	16A	16A	16A	16A	16A	16A	16C	16B	50	6,657789614	6,66
	17			17A	17A	17A	17A	17A	17A	17A	17A	17A	17A	17A	17A	17A	17A	17A	17A	17A	17B	17B	27	3,595206391	3,4
	18			18A	18A	18A	18A	18A	18A	18A	18A	18A	18A	18A	18A	18A	18A	18A	18A	18A	18C	18B	63	8,388814913	8,39
	19			19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19C	19C	51	6,790945406	6,79
	20			20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	36	4,793608522	4,79
	21			21A	21A	21A	21A	21A	21A	21A	21A	21A	21A	21A	21A	21A	21A	21A	21A	21A	21A	21A	33	4,394141145	4,39
	22			22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	35	4,66045273	4,66
	677			90,3647918																			677	90,3647918	90,03

Valores de importância
 A = um pouco mais importante, 1
 B = medianamente mais importante, 3
 C = muito mais importante, 5

Fonte: Autor (2012).

Através do estudo da matriz QFD é possível agrupar os requisitos mais importantes, determinando os próximos passos do projeto conforme o grau de importância. Para isso é de suma importância definir valores metas para cada requisito do projeto, juntamente com a forma de como será realizado a avaliação destes valores e também os aspectos indesejados que poderá se ter durante a implementação do mesmo.

Este estudo está dividido em três partes o qual está apresentado nos Quadros 4, 5 e 6 abaixo.

Quadro 4: Especificações do projeto em ordem de importância obtidas através do QFD – terço superior.

REQUISITO	VALOR META	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS INDESEJADOS
1.Não danificar o broto.	≤ 5% / há	Análise da cana colhida e % de matéria prima não utilizável. Registro de danificação	Danificação do broto, impedindo o mesmo de germinar.
2.Precisão de corte	≤ 7% / ha	Produtividade da cana após a colheita	Danificação do talo da cana. E entrada de impurezas
3.Regulagem da rotação das navalhas	1000 - 4000 rpm	Equipamento projetado para ficarm entre estas rotações, o operador deverá selecionar a que melhor se enquadra para a cultura.	Impossibilidade de corte ou quebra da cana.
4.Regulagem de altura do corte	5 - 50 mm	Medição média da altura da cana que cortada e que fica plantada no solo.	Corte muito elevado ou muito abaixo do esperado, causando perdas de produto.
5.Facil Manutenção	>90%	Identificar todas as funções e regulagens do equipamento, afim de analisar e detalhar as informações	Difícil troca de peças danificadas no campo, aumentando o tempo de parada do equipamento.
6.Vida útil Longa	> 10 anos	Avaliação da Portabilidade e ergonomia do produto.	Superdimensionamento das peças aumentando o peso, e a não resitência do material.

Fonte: Autor (2012).

Quadro com os requisitos do terço mediano.

Quadro 5: Especificações do projeto em ordem de importância obtidas através do QFD – terço médio.

REQUISITO	VALOR META	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS INDESEJADOS
7.Fabricação simples	< 5h	Medição do tempo de fabricação.	Tempo elevado de fabricação, quebra de máquinas.
8.Custo de Produção	< R\$5000,00	Soma dos valores custeados para fabricação	Preço elevado da matéria prima, alto custo de venda do equipamento.
9.Passo de corte contínuo	< 5%	Medição da continuidade da rotação das navalhas.	Variação elevada de rotação em relação à velocidade de colheita.
10.Regulagem da abertura do sem-fim	> 30 mm	Medição da capacidade de regulagem	Não identificado
11. Custo de Manutenção	< R\$1000,00	Média de valor para revisão geral do equipamento.	Quebra de peças complexas

Fonte: Autor (2012).

E para finalizar esta etapa de análise das especificações, tem-se o terço inferior.

Quadro 6: Especificações do projeto em ordem de importância obtidas através do QFD – terço inferior.

REQUISITO	VALOR META	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS INDESEJADOS
12. Proteção do operador	> 90%	Realizar um Safety Review.	Alto índice de possibilidades de acidentes.
13. Fácil engate no Trator	< 20%	Obter relatórios de satisfação do operador em relação a este quesito.	Não identificado.
14. Fácil montagem de peças	>80%	Levantamento de relato de clientes em relação a este assunto.	Elevado índice de reclamação.
15. Baixo peso	< 2500kg	Avaliação da Portabilidade e ergonomia do produto.	Superdimensionamento das peças aumentando o peso, e a não resistência do material.
16. Regulagem Altura para engate	> 30cm	Medição da capacidade de regulagem do engate reboque.	Não atingir a capacidade.

Fonte: Autor (2012).

Com a análise dos Quadros 4, 5 e 6 foi possível definir que nenhum dos requisitos irá comprometer o andamento do trabalho, deste modo, pode-se dar andamento para as próximas etapas do projeto da colhedora de cana de açúcar.

4.2 PROJETO CONCEITUAL

No intuito de apresentar esta etapa do projeto, vale citar Rozenfeld et al. (2006), o qual menciona que o projeto conceitual defini-se como a etapa que visa entender o modo como determina-se a seleção da concepção do produto baseado em suas especificações resultantes do projeto informacional.

4.2.1 Concepção do produto – Estrutura funcional

Com a definição dos requisitos do cliente e os requisitos do projeto, parte-se para um estudo de um produto que atenda as necessidades levantadas anteriormente, para isso, é imprescindível, fazer uma análise das estruturas das funções do produto, relacionando a entrada através do sistema técnico com a saída, olhando a parte física do problema, este processo gerou o Quadro 7.

O Quadro 7 apresenta a entrada com uma visão física do material, energia e sinal, e a saída para os mesmos.

Porém analisando de uma forma geral mais voltada para a física do produto.

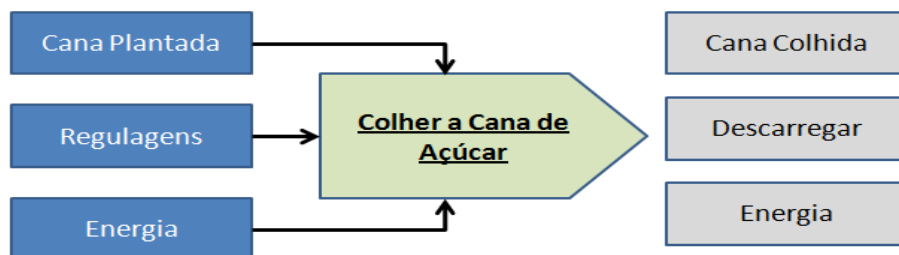
Quadro 7: Entradas e saídas do sistema técnico em termos de material, energia e sinal.

	ENTRADA	SAÍDA
MATERIAL (fluxo principal)	Cana Plantada	Cana Colhida uniformemente
ENERGIA	Energia Rotacional e Potencial	Energia perdida pela força de corte
SINAL	Regulagens	Regulagem da Altura de Corte

Fonte: Autor (2012).

Uma vez identificadas as necessidades geradas pelo Quadro 7, é imperioso ressaltar a função global do produto, resultado obtido com o estudo acima, e que gerou como função global a necessidade de “Colher a cana de açúcar sem danificar o broto”, conforme Figura 16.

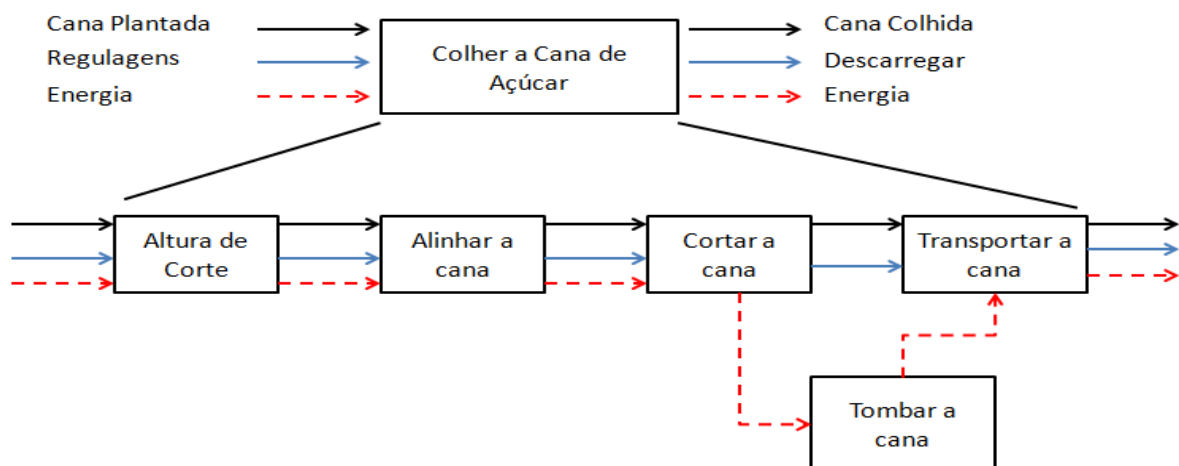
Figura 16: Função global do sistema técnico



Fonte: Autor (2012).

Por conseguinte, faz-se o desdobramento da função global, apresentado na Figura 17, ou seja, a partir da função principal, definem-se as funções de menor complexidade, a fim de obter as funções em um nível requerido.

Figura 17: Desdobramento da função global



Fonte: Autor (2012).

4.2.2 Princípios de soluções

Ao nos referirmos a princípios de soluções, podemos dizer que esta etapa visa encontrar a melhor maneira de resolução das funções globais encontradas com o desdobramento da função principal, ou seja, está etapa visa iniciar o projeto do produto em termos de desenho da concepção geral que o produto deve ter.

Deste modo, cabe apresentar o Quadro 8, o qual apresenta uma breve descrição das funções levantadas, que são: Regular a Altura de corte; Alinhar a cana; Cortar a cana; Tombar a Cana e por fim, transportar a cana até o transbordo.

Quadro 8: Descrição das funções parciais e elementares.

Função	Descrição
Regular Altura de Corte	Possibilitar a regulagem da altura de corte em relação ao solo
Alinhar a Cana	Alinhar a cana que está fora da linha de plantio e também as plantas que estão tombadas, afim trazer todo o produto em direção das navalhas de corte.
Cortar a Cana	Cortar a cana na altura desejada com o mínimo de danificação do produto possível
Tombar a Cana	Tombar a cana que está sendo cortada para que a mesma caia em direção da esteira de transporte da cana
Transportar a Cana	Após cortar e tombar a cana, transportar a mesma até o transbordo engatado em outro trator.

Fonte: Autor (2012).

Através da identificação das funções principais e com suas descrições apresentadas, é fundamental como próxima etapa identificar através de esboço os princípios de solução para estas atividades que o produto deve atender, para isso, optou-se por utilizar da ferramenta Matriz Morfológica, a fim de desenvolver alternativas de resolução para cada função.

Antes de partir para o estudo da matriz morfológica, é de suma importância realizar uma analogia dos possíveis verbos que podemos utilizar para descrever a função principal do produto, esta técnica auxilia no desenvolvimento dos esboços para a matriz morfológica, pois mostra as principais atividades que podem caracterizar determinada função.

Com o levantamento destes verbos de caracterização, parte-se para a escolha destes que melhor descreve e que também melhor atende a função global do

produto e que estão apresentados no Quadro 9, e a partir disso parte-se para o estudo da matriz morfológica.



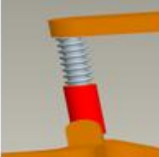


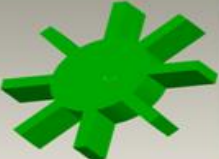
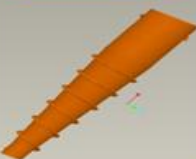
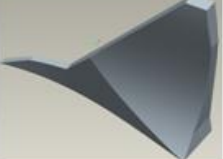



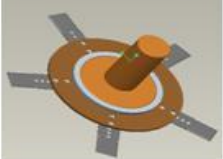

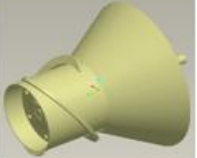

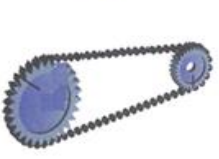

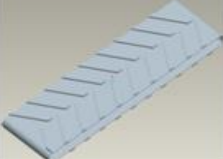
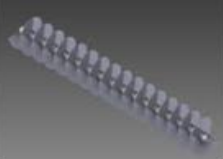
Quadro 9 – Resultados da aplicação da analogia simbólica às declarações das funções do sistema técnico.

Função	Sinônimos ou Declarações Alternativas
Regular Altura de Corte	<u>Regular</u> , Padronizar, Selecionar, <u>Medir</u> , Priorizar
Alinhar a Cana	Puxar, <u>Alinhar</u> , <u>Direcionar</u> , Guiar, Delinear
Cortar a Cana	Acionar, Regular, <u>Cortar</u> , Transportar, Arrancar, <u>Remove</u>
Tombar a Cana	<u>Tombar</u> , <u>Deitar</u> , Direcionar, Alinhar, Regular, Controlar
Transportar a Cana	Separar, Acionar, <u>Transportar</u> , Expulsar, <u>Guiar</u>

Fonte: Autor (2012).

Dados todos os levantamentos e estudos realizados anteriormente tornam-se possível o desenvolvimento da matriz morfológica, conforme Figura 18.

Figura 18: Matriz Morfológica.

Função	Princípio de Solução			
	Princípio 1	Princípio 2	Princípio 3	Princípio 4
Regular Altura de Corte				
Alinhar a Cana				
Cortar a Cana				
Tombar a Cana				
Transportar a Cana				

Fonte: Autor (2012).

A fim de definir alternativas de soluções, baseado em um método arquitetônico, é de suma importância que se desenvolva o maior número possível de soluções para cada função, a fim de englobar todas as alternativas possíveis, desta forma, tornando o projeto do produto, mais fácil de ser realizado.

O intuito da matriz morfológica é fazer uma pesquisa sistêmica com diferentes combinações peças ou croquis a fim de encontrar novas soluções para o problema, conforme Figura 18, podemos verificar, que foram encontradas quase 4 princípios de solução para cada função do produto, um número considerado bom relevando a complexidade da função principal do produto.

Para a realização desta matriz morfológica, procurou-se em cada função efetuar uma análise criteriosa em cada princípio de solução levantada, com a tentativa de que todos estes princípios pudessem atender aos requisitos dos clientes apresentados anteriormente, desta forma, todas as combinações que seriam possíveis realizarem, estaria dentro das especificações estudadas.

4.2.3 Seleção das concepções alternativas

Uma vez identificada todas as possíveis soluções para as funções principais do produto, parte-se para uma análise criteriosa a fim de obter a melhor opção para concepção do produto, para isso, foi escolhido um método de análise por tabela, a qual lista as opções de uso e analisa um a um através das variantes de seleção versus avaliação por critério de seleção.

Os critérios utilizados para a análise das funções foram;

- Compatibilidade garantida; atende a demanda da lista de requisitos;
- Realizável em princípio;
- Dentro dos custos permitidos;
- Incorpora medidas de segurança direta;
- Preferida pelos projetistas e informação adequada;

Com estes critérios foi possível identificar a solução para a função que atendesse a todos estes requisitos, desta forma chegou-se a solução proposta e que está apresentada no estudo abaixo.

a) Combinação sistema de regulagem altura de corte

Dadas todas as análises sobre cada função através da matriz morfológica, é de suma importância iniciar o estudo das possíveis combinações para cada função, desse modo, optou-se por começar com a função de regulagem da altura de corte, onde tem se quatro opções listadas abaixo, e apresentadas no Quadro 10.

- Regulagem da altura pelo engate 3 pontos do trator.
- Regulagem manual por engate com pinos.
- Regulagem com mola gás.
- Regulagem por posicionamento.

Quadro 10: Comparativo de seleção para sistema de regulagem da altura de corte.

Gráfico de Seleção - Regulagem Altura de Corte								
Vs	Variantes de Solução (Vs) avaliadas por Critério de						Decisão	
							Marque a variante de solução (Vs)	
	(+) Sim	(-) Não	(?) Falta Informação	(!) Checar lista de requisitos				
							(+) Persista com a solução	
							(-) Elimine solução	
							(?) Coletar informações	
							(!) Mudar lista de requisito	
	Compatibilidade garantida							
	Atende a demanda da lista de requisitos							
	Realizável em principio							
	Dentro dos custos permitidos							
	Incorpora medidas de segurança direta							
	Preferida pelos projetistas							
	Informação adequada							
	Indicar razão							
1	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	-			Não atende o projeto / risco de acidente
3	+	+	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+	+	-			Não atende o projeto / risco de acidente

Fonte: Autor (2012).

b) Combinação sistema de alinhamento da cana de açúcar

Com relação à função de alinhamento da cana de açúcar durante a colheita, foram levantadas algumas possibilidades para atender esta função, as mesmas estão listadas abaixo e apresentadas no Quadro 11.

- Alinhamento através de esteira com pás.
- Alinhamento através de disco com pás.
- Alinhamento por sem-fim.
- Alinhamento por braço levantador.

Quadro 11: Comparativo de seleção para alinhar a cana de açúcar.

Gráfico de Seleção - Alinhar a Cana									
Vs	Variantes de Solução (Vs) avaliadas por Critério de Seleção							Decisão	
	A	B	C	D	E	F	G		
	Compatibilidade garantida								
	Atende a demanda da lista de requisitos								
	Realizável em princípio								
	Dentro dos custos permitidos								
	Incorpora medidas de segurança direta								
	Preferida pelos projetistas								
	Informação adequada								
	Indicar razão								
1	-							Não atende o projeto /Alto custo	-
2	+	-						Não atende o projeto / Eficiência não garantida	-
3	+	+	+	+	+	+	+		+
4	+	+	+	-				Não atende o projeto /Alto custo	-

Fonte: Autor (2012).

c) Combinação sistema de corte da cana

No que se refere ao sistema de corte da cana, o estudo em cima dos requisitos do cliente, possibilitou o levantamento de algumas soluções que estão apresentadas no Quadro 12.

- Corte por faca curvada
- Corte por disco serrilhado
- Corte por faca serrilhada.
- Corte por disco com facas retas.

Quadro 12: Comparativo de seleção para sistema de corte da cana.

Gráfico de Seleção - Cortar a cana									
Vs	Variantes de Solução (Vs) avaliadas por Critério de Seleção							Decisão	
	A	B	C	D	E	F	G		
	Compatibilidade garantida								
	Atende a demanda da lista de requisitos								
	Realizável em princípio								
	Dentro dos custos permitidos								
	Incorpora medidas de segurança direta								
	Preferida pelos projetistas								
	Informação adequada								
	Indicar razão								
1	+	+	+	+	+	-		Escolha projetista	-
2	+	+	+	-				Não atende o projeto / Alto custo	-
3	+	+	+	+	+	+	-	Não atende o projeto / Eficiência não garantida	-
4	+	+	+	+	+	+	+		+

Fonte: Autor (2012).

d) Combinação sistema de tombamento da cana

Para o sistema de combinação da função de tombamento da cana de açúcar, levantou se algumas possibilidades apresentadas no Quadro 13.

- Disco com pás.
- Sem-Fim Cônico.
- Esteira com pás.

Quadro 13: Comparativo de seleção para sistema de tombamento da cana.

Gráfico de Seleção - Tombar a cana									
Vs	Variantes de Solução (Vs) avaliadas por Critério de Seleção							Decisão	
	A	B	C	D	E	F	G	Marque a variante de solução (Vs)	
	(+) Sim (-) Não (?) Falta Informação (!) Checar lista de requisitos							(+) Persista com a solução (-) Elimine solução (?) Coletar informações (!) Mudar lista de requisito	
	Compatibilidade garantida								
	Atende a demanda da lista de requisitos								
	Realizável em princípio								
	Dentro dos custos permitidos								
	Incorpora medidas de segurança direta								
	Preferida pelos projetistas								
	Informação adequada								
	Indicar razão								
1	+	+	+	+	+	-		Escolha projetista	
2	+	+	+	+	+	+	+		
3	+	+	+	-				Não atende o projeto / Alto custo	

Fonte: Autor (2012).

e) Combinação sistema de transporte da cana

Com relação ao sistema de transporte da cana colhida até o transbordo de transporte, foram estudadas algumas possibilidades de resolução desta função e que estão apresentadas no Quadro 14.

Quadro 14: Comparativo de seleção para sistema de transporte da cana.

Gráfico de Seleção - Transportar a Cana									
Vs	Variantes de Solução (Vs) avaliadas por Critério de Seleção							Decisão	
	A	B	C	D	E	F	G	Marque a variante de solução (Vs)	
	(+) Sim (-) Não (?) Falta Informação (!) Checar lista de requisitos							(+) Persista com a solução (-) Elimine solução (?) Coletar informações (!) Mudar lista de requisito	
	Compatibilidade garantida								
	Atende a demanda da lista de requisitos								
	Realizável em princípio								
	Dentro dos custos permitidos								
	Incorpora medidas de segurança direta								
	Preferida pelos projetistas								
	Informação adequada								
	Indicar razão								
1	-							Não atende o projeto / Eficiência não garantida	
2	+	+	+	+	-			Não atende o projeto / risco de acidente	
3	+	+	+	+	+	+	+		
4	-							Não atende o projeto / Eficiência não garantida	

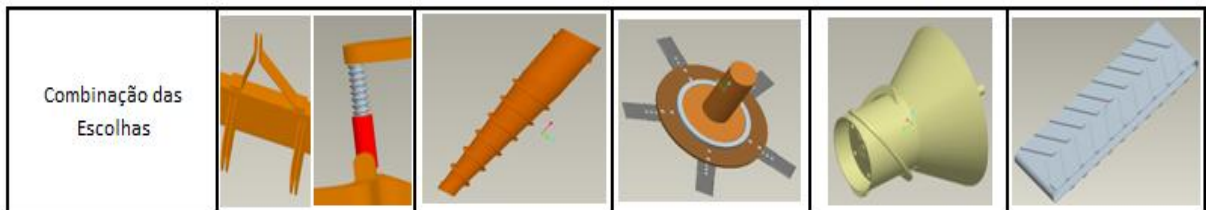
Fonte: Autor (2012).

4.2.4 Avaliação e escolha das combinações

Através dos estudos das possíveis combinações gerou-se um resultado com os projetos selecionados para cada função do produto final, estas escolhas visaram acima de tudo atender aos requisitos do cliente e também aos requisitos do projeto, a fim de obter um produto de qualidade e que atenda as necessidades pela qual surgiu a oportunidade de projetar este produto.

As opções selecionadas estão apresentadas na Figura 19 abaixo.

Figura 19: Combinação selecionada para sistemas funcionais.

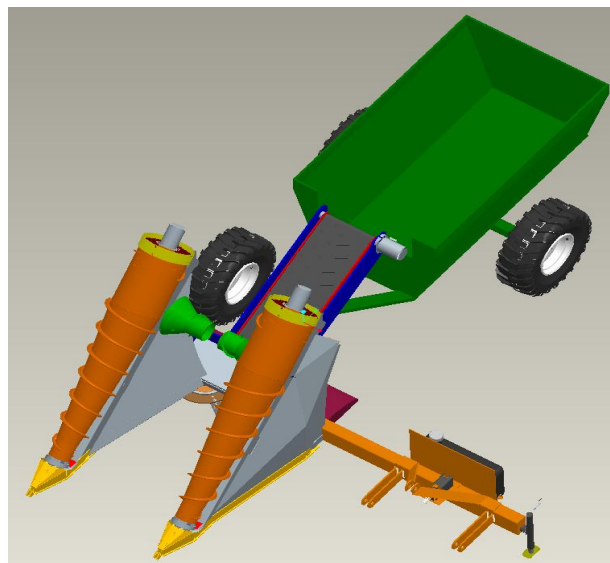


Fonte: Autor (2012).

Como pode se perceber, o sistema de regulagem de altura foi contemplado com duas opções escolhidas, a fim de, obter um produto com maior possibilidade de regulagem de altura deste modo, o cliente terá mais opções de posicionamento do equipamento durante o trabalho.

É imperioso ressaltar que com o estudo das combinações e a escolha das concepções tornou-se possível a criação de um protótipo conceitual, que está apresentado na Figura 20.

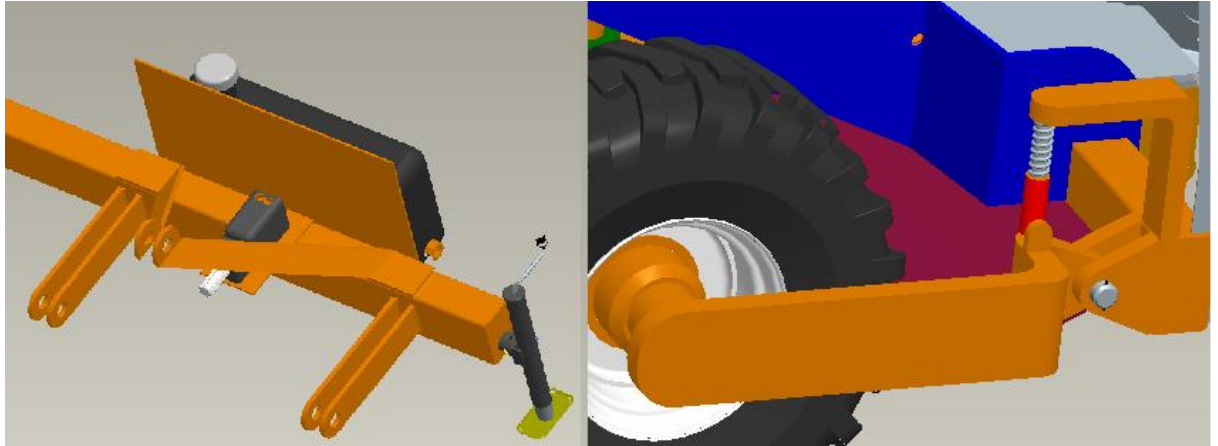
Figura 20: Projeto conceitual da colhedora de cana A



Fonte: Autor (2012).

Este conceito foi projetado para ser acoplado no engate de três pontos do trator, com isso, torna-se possível a regulagem da altura de corte, além disso, o implemento é composto por uma suspensão, a qual auxilia também na regulagem de altura do corte, estas partes do produto podem ser melhor visualizadas na Figura 21.

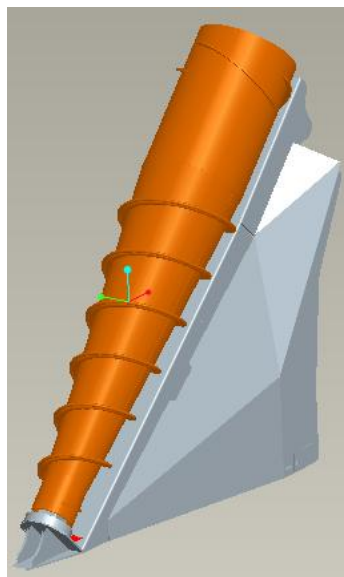
Figura 21: Conjunto de engate e suspensão para regulagem da altura de corte.



Fonte: Autor (2012).

Outro aspecto analisado durante a realização do projeto foi a questão de alinhar a cana para o corte, devido a esta cultura é de grande porte e a mesma não se concentra na linha de plantio, ou seja, a cana se transpassa entre as linhas, e é necessário separá-la para o corte, deste modo, foi desenvolvido o divisor de linhas, que tem por função realizar este alinhamento da cana em sua linha antes da realização do corte, conforme pode ser visto na Figura 22.

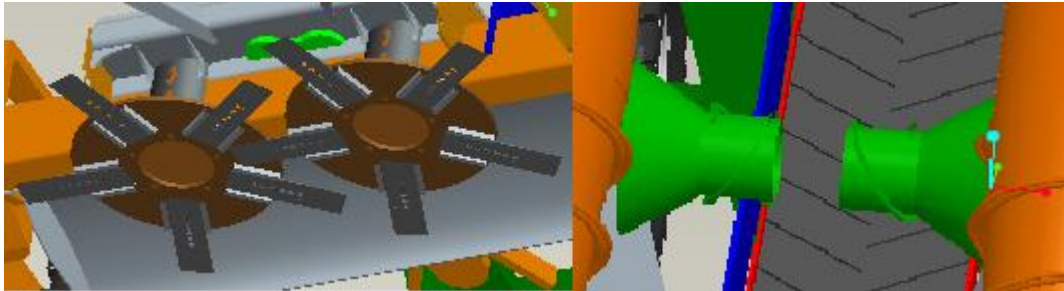
Figura 22: Divisor de linhas.



Fonte: Autor (2012).

Em relação ao corte e tombamento da cana, o protótipo é equipado com o mesmo disco de corte com navalhas e tombador que compõem as colhedoras de cana automatizadas, pois é um sistema eficaz, porém, em nosso projeto, o disco de corte girará em sentido anti-horário, a fim de auxiliar o tombador a deitar a cana sobre a esteira de transporte, evitando assim que a cana caia para o lado contrário do necessário, este conjunto está apresentado na Figura 23.

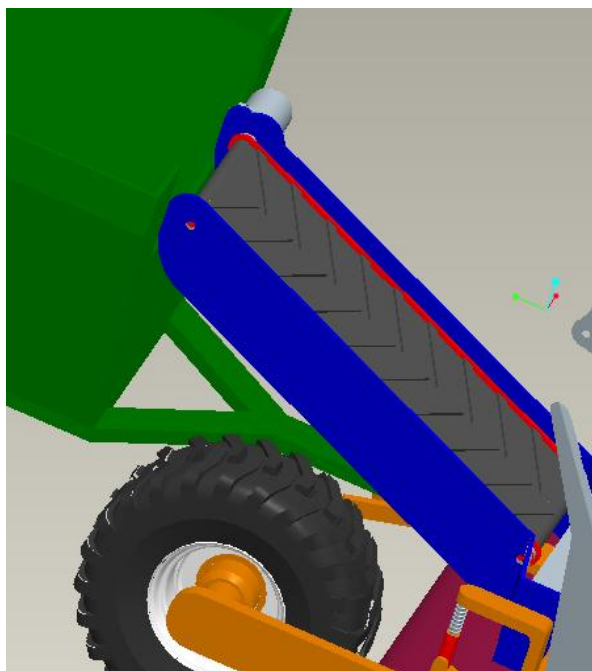
Figura 23: Sistema de corte e tombamento da cana de açúcar.



Fonte: Autor (2012).

Com a realização do corte e tombamento da cana, o conceito ainda é capaz de transportar a cana colhida até um transbordo, que pode ser acoplado atrás da colhedora, este transporte é realizado através de uma esteira de borracha, que conta com elevações, a fim de auxiliar na aderência da cana sobre a esteira, evitando que a mesma não seja transportada até o transbordo, conforme Figura 24.

Figura 24: Esteira de transporte.



Fonte: Autor (2012).

Todos estes conjuntos que foram apresentados até agora, são potenciados através de um conjunto motor e bomba hidráulica, que é tocado pela TDP do trator, este conjunto, pega o óleo do reservatório e envia para a válvula de comando, que controla o óleo do motor da esteira, do tombador e dos discos de corte e por fim retornando ao reservatório, todas estas rotações são controladas através de solenóides (controlador eletrônico) e também com a rotação da TDP do trator.

Mais imagens do protótipo desenvolvido podem ser visualizadas nos apêndices do trabalho (APÊNDICE B).

Com a realização desta fase, foi possível obter um esboço da idéia de um produto, expressa através do levantamento dos requisitos do cliente obtida através de um questionário já apresentado neste trabalho. Com a utilização de uma ferramenta chama de diagrama de mudge foi possível perceber quais os requisitos mais importantes para o cliente e que mais adiante foi cruzada com a matriz QFD, onde se realiza uma correlação entre os requisitos do cliente e os requisitos do projeto, obtendo-se desta maneira a ordem de importância dos requisitos do projeto. A partir disso, parte-se para o desenvolvimento e seleção de princípios de solução, através da matriz morfológica e do quadro de seleção e desta forma concluindo-se está fase do trabalho, com um conceito de produto já apresentado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como já mencionado anteriormente, este trabalho teve como proposta a elaboração de um projeto conceitual de uma colhedora de cana de açúcar voltada para a comercialização do Plene, passando por um estudo bibliográfico sobre os processos de produção e colheita da cana e também informações sobre esta nova tecnologia, além de uma análise no que se refere ao desenvolvimento de novos projetos, e também a metodologia utilizada para o desenvolvimento desta monografia, a fim de, chegar ao ponto de partir para o desenvolvimento de um projeto conceitual, aplicando técnicas e ferramentas aplicadas em grandes empresas.

Desta forma, este projeto atingiu seus objetivos, pois de uma forma simplificada englobou os problemas existentes durante o processo de produção do Plene, principalmente focando na danificação da gema durante a colheita com máquinas convencionais, trazendo desta forma uma possibilidade viável de garantir uma colheita com os níveis de danificações permitidas pelos clientes, ou seja, foi possível desenvolver um conceito que atendesse as necessidades do cliente e que colhesse a cana sem danificar a gema, coisa que hoje não é possível com as colhedoras convencionais, pois as mesmas não são voltadas para a produção do plene.

Com a realização do projeto conceitual, abordando de uma forma geral toda a metodologia para o desenvolvimento do projeto, notou-se o quão grande e complexo é o desenvolvimento de um produto, partindo das necessidades do cliente, sem esquecer as outras pessoas envolvidas, como mecânicos e operadores de máquinas, todas as informações obtidas com essas pessoas é de suma importância para obter o conceito do produto e que no final, o mesmo possa atingir as expectativas dos clientes e outras pessoas envolvidas.

Deste modo, a realização deste projeto possibilitou um elevado aperfeiçoamento profissional, pois foi possível aprender um novo ramo da engenharia, o qual vem sendo cada vez mais desenvolvido, que é a produção de cana de açúcar e que está diretamente ligada a busca por energias renováveis, ramo este que tem aumentado ainda mais a busca por profissionais recém formados e com conhecimento neste quesito.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalho futuro, mencionaria a importância de realizar a fase do projeto detalhado para o produto, já que após a conclusão desta fase o produto estaria apto para envio a fabricação, e também, seria capaz de realizar testes de campo, a fim de verificar a funcionalidade do equipamento, bem como seria necessário o dimensionamento da parte hidráulica do produto, com o intuito de analisar as potências e capacidades da unidade hidráulica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉ, A. J. **Sistemas de preparo de Solo para cana-de-açúcar em sucessão com amendoim**. 2009. Dissertação – Universidade Estadual Paulista “Julio De Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/pv/m/3804.pdf>>. Acesso em: 5 de Abril de 2012.
- BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos**. São Paulo: Manoele, 2008.
- BARBOSA FILHO, N. A. **Projeto e desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Atlas, 2009.
- BARROS, F. F. **A melhoria continua no processo de plantio da cana-de-açúcar**. 2008. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/111148/tde-18112008-105133/pt-br.php>>. Acesso em: 02 de Abril de 2012.
- BAXTER, M. **Projeto de Produto: Guia prático para o design de novos produtos**. 3 ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2011.
- BENEDINI, S. M.; CONDE, J. A. **Espaçamento ideal de plantio para a colheita mecanizada da cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://www.coplana.com/gxpf/files/ws001/design/RevistaCoplana/2008/Outubro/pag26-27-28.pdf>>. Acesso em: 5 de Abril de 2012.
- BORBA, M. M. Z. et al. **Estudo econômico de ciclo produtivo da cana-de-açúcar para reforma de canavial, em área de fornecedor no Estado de São Paulo**. Trabalho apresentado no 47º Congresso SOBER, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/1169.pdf>>. Acesso em: 11 de Setembro de 2012.
- BRAUNBECK, A. O.; OLIVEIRA T. A. J. **Colheita de cana-de-açúcar com auxílio mecânico**. [artigo técnico]. Disponível em: <http://www.sumarios.org/sites/default/files/pdfs/482_2155.pdf>. Acesso em: 7 de Abril de 2012.
- CASE IH, **Colhedoras e colheitadeira**, 2012. Disponível em: <<http://www.caseih.com/brazil/Products/Colhedoras-e-Colheitadeiras/Pages/Product.aspx>>. Acesso em: 01 de Novembro de 2012.
- CIB-CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA, **Guia da Cana de Açúcar**, 2009. Disponível em: <http://cib.org.br/em-dia-com-a-ciencia/noticias/cib-lanca-guia-da-cana-de-acucar-2/pdf/guia_cana.pdf> Acesso em: 07 de Abril de 2012.
- CRUZ, P. **Syngenta produzirá mudas de cana no país**. Disponível em: <http://servicos.syngenta.com.br/plene/pdfs/2009_07_syngentaInvesteCana.pdf>. Acesso em: 7 de Abril de 2012.
- FERNANDES, J., FURLANI NETO, L. V., STOLF, R. **Preparo de solo para plantio de cana-de-açúcar**. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, v.97, n.1, p.41-4, 1981. Disponível em: <http://www.cca.ufscar.br/dnrpa/hprubismar_ARTIGOS/09_Preparo_do_solo_para_o_plantio_de_cana-de-acucar_%28Stolf,R.%29.pdf>. Acesso em: 02 de Abril de 2012.
- FORCELLINI, A. F. **Apostila Desenvolvimento do Produto**. In: **Capítulo I. Desenvolvimento de produtos e sua importância para a competitividade**, 2002. p. 1-13.
- FONSECA A.J.H. **Sistematização do Processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. Florianópolis,

2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – UF de SC).

FRANÇA, D. A.; AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T. **Relação entre queima da cana-de-açúcar e saúde: estudo preliminar em municípios da Região Administrativa de Araçatuba – SP**. Trabalho apresentado no XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, 2009. Disponível em: <<http://martemarte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.17.22.57/doc/7537-7544.pdf>>. Acesso em: 15 de Setembro de 2012.

FRASSON, R. F. **Relatório final – Participação nos projetos e pesquisas desenvolvidas na área de mecanização no Centro de Tecnologia**. 2004. – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. Disponível em: <<http://www.ler.esalq.usp.br/download/gmap/estagio/FlaviaFrasson.pdf>>. Acesso em: 02 de Abril de 2012.

HAMERSKI, F. **Estudo de Variáveis no processo de carbonatação do caldo de cana-de-açúcar**. Mestrado em Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/20957/Dissertacao%20Fabiane%20Hamerski.pdf;jsessionid=F7543B787F3DD2A759C75DA4D0AC0C87?sequence=1>>. Acesso em: 10 de Setembro de 2012.

JOHN DEERE BRASIL, **Equipamentos para manejo de cana de açúcar**, 2012. Disponível em: <http://www.deere.com.br/wps/wcm/connect/pt_BR/products/equipment/suger_cane_harvester/suger_cane_harvester.page?>. Acesso em: 01 de Novembro de 2012.

LIONÇO, et al, **Sistematização da área para implantação da colheita mecanizada da cana-de-açúcar**. 2010. [artigo científico]. Disponível em: <<http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/viewFile/727/346>>. Acesso em: 4 de Abril de 2012.

MAGALHÃES, G. S. P. **Máquinas e implementos**, 2007. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_73_22122006154841.html>. Acesso em: 7 de Abril de 2012.

MANTOVANI, A. C. **Metodologia de projeto de produto**, 2011.

PAULI, G. D. **Planejamento da qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar**. 2009. – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/111148/tde-09112009-154915/pt-br.php>>. Acesso em: 06 de Abril de 2012.

REIS, N. G. **Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas do corte de base**. 2009. – Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/cs/d/2314.pdf>>. Acesso em: 08 de Abril de 2012.

ROSSETO, R., SANTIAGO, D. A. **Plantio de cana-de-açúcar**. 2007 Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_33_711200516717.html>. Acesso em: 06 de Abril de 2012.

ROZZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTAL, **Produtos**, 2012. Disponível em: <<http://www.santal.com.br/produtos/>>. Acesso em: 01 de Novembro de 2012.

SIQUEIRA, L. B.; SALES, L. B.; LUCENA, W. G. L. **Evidenciação dos custos de produção de uma empresa do setor agroindústria da zona da mata sul do estado de**

Pernambuco: Safra 2005/2006. [artigo científico]. Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/viewFile/124/105>>. Acesso em: 11 de Setembro de 2012.

SYNGENTA. **Porque plene é uma revolução.** Disponível em: <<http://www.syngenta.com/country/br/pt/produtosemarcas/Plene/Pages/beneficios.aspx>>. Acesso em: 06 de Abril de 2012.

STAUT, L. A. **Condições dos solos para o cultivo de cana-de-açúcar.** 2006. Artigo em Hipertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/CanaSolo/index.htm>. Acesso em: 03 de Abril de 2012.

TOWNSEND, R. C. **Recomendações técnicas para o cultivo da cana-de-açúcar forrageira em Rondônia.** Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Rt_21_000fkv0qne702wyiv80sq98yqvmh7ouy.PDF>. Acesso em: 02 de Abril de 2012.

ÚNICA, **União da indústria de cana de açúcar,** 2012. Disponível em: <http://www.unica.com.br/Downloads/estudosmatrizenergetica/pdf/MATReenerget_FINAL_WEB.pdf>. Acesso em: 01 de Novembro de 2012.

APÊNDICE A – Questionário Projeto do Produto



Questionário - Projeto do Produto

1. Quanto está disposto a pagar pelo produto?
2. Qual a capacidade de colheita mínima o produto deve ter (ha/h)?
3. Qual a porcentagem de danificação do Plene aceita?
4. O equipamento deve colher e ter um transbordo acoplado para recolher a cana, ou deverá somente colher a cana?
5. O equipamento deve ser de fácil regulagem ou complexo porém com maior capacidade de trabalho?
6. Qual a porcentagem de danificação durante o corte do colmo e da muda aceita?
7. Qual região o produto seria mais vendido?
8. Em relação com a forma de colheita para o plene atualmente, o que você acredita que poderia melhorar?
9. Quais as principais regulagens que o equipamento deverá ter?
10. Qual o valor que você pagaria por um produto de colheita voltada para o Plene?
11. Qual a velocidade média durante a colheita da cana de açúcar?
12. O corte da cana é realizada rente ao solo? Ou abaixo do solo?
13. O engate da colhedora no trator, deve ser na Barra de Tração ou no engate tres pontos?

Sua opinião é de suma importância

APÊNDICE B – Protótipo Conceitual Colhedora de Cana

