

Sistematização de conhecimento para o projeto de plataformas de colheita de feijão



André Bisognin

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**SISTEMATIZAÇÃO DE CONHECIMENTO PARA O
PROJETO DE PLATAFORMAS DE COLHEITA DE
FEIJÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

André Bisognin

Santa Maria, RS, Brasil

2011

SISTEMATIZAÇÃO DE CONHECIMENTO PARA O PROJETO DE PLATAFORMAS DE COLHEITA DE FEIJÃO

André Bisognin

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola.**

Orientador: Prof. Leonardo Nabaes Romano, Dr. Eng. Mec.

Santa Maria, RS, Brasil

2011

B622s Bisognin, André
 Sistematização de conhecimento para o projeto de plataformas de colheita de
 feijão / por André Bisognin. – 2011.
 145 f. ; il. ; 30 cm

 Orientador: Leonardo Nabaes Romano
 Coorientador: Arno Udo Dallmeyer
 Coorientador: José Fernando Schlosser
 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de
 Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2011

 1. Colhedoras 2. Projeto de máquinas 3. Plataforma I. Romano, Leonardo
 Nabaes II. Dallmeyer, Arno Udo III. Schlosser, José Fernando IV. Título.

 CDU 631.3

Ficha catalográfica elaborada por Cláudia Terezinha Branco Gallotti – CRB 10/1109
Biblioteca Central UFSM

©2011

Todos os direitos autorais reservados a André Bisognin. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Avenida Roraima, Nº 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, Brasil, CEP: 97105-900;

Fone: (55) 9699-2962; Endereço Eletrônico: abisognin@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado.

**SISTEMATIZAÇÃO DE CONHECIMENTO PARA O PROJETO DE
PLATAFORMAS DE COLHEITA DE FEIJÃO**

elaborada por
André Bisognin

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:

Leonardo Nabaes Romano, Dr. Eng.
(Presidente/Orientador)

Ângelo Vieira do Reis, Dr. Eng. (UFPEl)

Arno Udo Dallmeyer, Dr. Agron. (UFSM)

Santa Maria, 21 de Setembro de 2011

Dedicatória

A minha namorada, pelo grande apoio e compreensão nas horas difíceis.
Ao meu grande amigo e colega Hendrigo (*in memoriam*), pelo tempo que convivemos
juntos desde a época da faculdade, e pela lição de vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu orientador Leonardo Nabaes Romano, por acreditar e confiar nos trabalhos desenvolvidos, pelo esforço e dedicação, e pela sábia orientação prestada durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos co-orientadores, professor Arno Udo Dallmeyer e José Fernando Schlosser, pela co-orientação prestada e pela atenção e disponibilidade oferecida sempre que a eles precisei recorrer.

Às empresas participantes da pesquisa em particular aos profissionais que me auxiliaram respondendo as perguntas e questionários com especial dedicação, disponibilizando seu tempo em prol da pesquisa.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) pela oportunidade de cursar em uma instituição pública e de qualidade.

Ao CT, LPST e ao NAFA, pela disponibilidade do local para realização das atividades.

Ao NEMA e ao LASERG, em especial ao professor Airton dos Santos Alonço, pela disponibilização de materiais que contribuíram no desenvolvimento desse trabalho.

Aos colegas do laboratório em especial aos colegas do mestrado, que sempre estiveram à disposição para ajudar e dar suas contribuições nos trabalhos realizados.

Aos alunos de Iniciação científica, que de várias formas vieram a colaborar com o trabalho, em especial ao Airton Trindade, André Bender e Dioslei Cocco Lago.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

Agradeço aos professores de Universidade Federal de Pelotas (UFPel), em especial aos professores do curso de Engenharia Agrícola, e do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da UFPel, por contribuírem com minha formação; em especial ao professor Ângelo Vieira dos Reis, com quem trabalhei durante boa parte do curso.

Agradeço especialmente a DEUS, que nos deu a vida e a possibilidade de aproveitar as oportunidades que ela nos oferece.

Por fim agradeço a todos que de uma forma ou de outra contribuíram com a realização desse trabalho.

“Uma pessoa inteligente resolve um problema, um sábio o previne.”

Albert Einstein

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

SISTEMATIZAÇÃO DE CONHECIMENTO PARA O PROJETO DE PLATAFORMAS DE COLHEITA DE FEIJÃO

AUTOR: ANDRÉ BISOGNIN

ORIENTADOR: PROF. LEONARDO NABAES ROMANO, DR. ENG. MEC.

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 21 de Setembro de 2011.

Em virtude da necessidade de aumento da produção e dos altos índices de perdas na plataforma decorrentes de máquinas com baixa eficiência na colheita, apresenta-se, nesse trabalho, a sistematização de conhecimentos necessários para novos projetos de plataformas de colheita de feijão. O trabalho apresenta as máquinas atualmente utilizadas para colheita de feijão, os sistemas de colheita e a relação dos fatores de influência que determinam a base de conhecimento necessária para projetos. Foram encontrados nos registros de patentes colhedoras capazes de realizar todas as etapas da colheita, máquinas para corte ou arranquio das plantas, peças para adição ou substituição nas colhedoras e máquinas com tecnologias diferenciadas. A pesquisa por máquinas disponíveis no mercado mostrou as características gerais das plataformas como acoplamentos mecânicos e hidráulicos, dimensões e os sistemas de transmissão de potência utilizados. Foi realizada uma comparação entre os subsistemas e notou-se que, embora as máquinas sejam destinadas à mesma cultura e possuem sistemas praticamente idênticos, possuem algumas regulagens bastante distintas, em alguns casos não atendendo às recomendações agronômicas, demonstrando espaço para otimização dos projetos. É apresentado um estudo sobre as tecnologias na colheita e a relação de tamanho das máquinas que viabilizam sua construção, seguida, das quatro principais categorias relacionadas aos fatores de influência no projeto (exame do escopo, características do ambiente operacional, critérios de homologação, e, máquinas disponíveis no mercado). Foi observado que há ainda potencial de melhorias dos projetos depositados em patentes, inclusive com exploração de novas concepções. Muitas máquinas registradas em patentes não são encontradas no mercado. Dentre os prováveis motivos está o fato de que a maioria das máquinas registradas realiza a colheita individualizando as linhas de plantio, característica que não apresta boa aceitação no mercado.

Palavras-chaves: Colhedoras; Projeto de máquinas; Plataforma.

ABSTRACT

Master's Thesis
Master's Degree Program in Agricultural Engineering
Federal University at Santa Maria

KNOWLEDGE SYSTEMATIZATION FOR THE DESIGN OF HARVEST HEADERS OF BEANS

AUTHOR: ANDRÉ BISOGNIN

ADVISER: PROF. LEONARDO NABAES ROMANO, DR. ENG. MEC.

Time and place of defense: Santa Maria, September 21st, 2011

Due to the need to increase in production and to the high rates of losses in the header because of machines with low efficiency in harvesting, it is presented, in this thesis the knowledge systematization needed to develop new header designs to harvest beans. This work presents the machines used for the harvest of beans, the harvesting systems, and a list of influencing factors that determine the knowledge required for new projects. In the patent records, harvesters able to carry out all the harvest's phases, machines for cutting or pulling off plants, addition or replacement parts for harvesters, and machines with different technologies were found. The result of a search for machines in the market showed the main characteristics of headers such as mechanical and hydraulic couplings, dimensions and power transmission systems that are used. A comparison among subsystems was made, and it was noticed that, although the machines are designed for the same culture, and the systems are virtually identical, there are some quite different adjustments, and, in some cases, they do not observe agronomical recommendations, showing that the optimization of designs is possible. It is presented a study on the technologies in harvesting and the size relation of machines that enable their construction followed by the four main categories related to the influencing factors in the project (project scope examination, operating environment characteristics, ratification criteria, and machines available in the market). It was observed that there are still potential improvements in the recorded designs in the patents including the exploration of new concepts. It was observed that many machines recorded in patents are not found in the market. Among the possible reasons for this, there is the fact that the great majority of machines registered in patents carry out the harvest by individualizing the planting lines, which is a characteristic that does not have a good market acceptance.

Keywords: Combine; Machinery design; Header.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dados históricos da produção brasileira de alimentos	26
Figura 2 – Hábitos de crescimento do feijão	28
Figura 3 – Pés de feijão na lavoura	28
Figura 4 – Distribuição das regiões produtoras de feijão das três safras	30
Figura 5 – Participação da agricultura familiar na produção de vários produtos	32
Figura 6 – Sistemas envolvidos nas colhedoras de grãos.....	39
Figura 7 – Sistemas envolvidos em colhedoras utilizadas para feijão.....	40
Figura 8 – Arrancador CEMAG em operação.....	41
Figura 9 – Ceifador-enleirador MIAC.....	41
Figura 10 – Colhedora autopropelida	42
Figura 11 – Colhedora combinada acionada pela tomada de potência do trator	43
Figura 12 – Recolhedora trilhadora Double Master.....	43
Figura 13 – Trilhadora estacionária	44
Figura 14 – Esquema de uma plataforma de corte e seus principais componentes .	46
Figura 15 – Vista esquemática de uma plataforma recolhedora de grãos.....	49
Figura 16 – Detalhes dos dentes destacadores de uma plataforma recolhedora de grãos	50
Figura 17 – Ciclo de produção-consumo.....	51
Figura 18 – Modelo macro do processo de desenvolvimento de produto	52
Figura 19 – Fluxograma da fase de projeto informacional	53
Figura 20 – Domínios de conhecimento abordados no PDMA	54
Figura 21 – Modelo geral dos fatores de influência.....	56
Figura 22 – Modelagem geral dos fatores de influência.....	68
Figura 23 – Estrutura de decomposição de uma plataforma tradicional.....	76
Figura 24 – Tipo de plataforma utilizada pelas empresas, quanto à flexibilidade da barra de corte	77
Figura 25 – Empresas que oferecem plataformas com chassi inteiriço e subdividido	78
Figura 26 – Sistema de acoplamento da plataforma à máquina	79
Figura 27 – Relação dos acoplamentos hidráulicos presentes nas plataformas.....	80

Figura 28 – Formas de transmissão de potência da máquina à plataforma	81
Figura 29 – Empresas que utilizam os correspondentes sistemas de transmissão nas plataformas	82
Figura 30 – Relação do número de empresas fabricantes de plataformas que utilizam o correspondente transportador transversal	83
Figura 31 – Sistema de barra de corte com chapa defletora enleiradora	83
Figura 32 – Variações da posição do molinete de algumas plataformas pesquisadas	89
Figura 33 – Barra de corte com sistema de dedos e facas de 76,2 mm	90
Figura 34 – Facas da navalha de 50,8 mm, onde: (a) facas duplas; (b) facas simples, com dedos duplos	91
Figura 35 – Conjunto formado por duas peças compondo os dedos da barra de corte	93
Figura 36 – Oferta de kits para colheita de feijão pelos fabricantes de plataformas ..	94
Figura 37 – Modelos de plataformas ofertadas pelos fabricantes	95
Figura 38 – Percentual de empresas que produzem determinada largura de corte ..	95
Figura 39 – Relação da tecnologia e o índice de mecanização da colheita	99
Figura 40 – Viabilidade em função do tamanho da máquina agrícola	100
Figura 41 – Distribuição das regiões produtoras de feijão das três safras. Onde: (a) primeira safra; (b) segunda safra; (c) terceira safra	102
Figura 42 – Dados de precipitação no Brasil	110
Figura 43 – Áreas aptas ou inaptas para a produção de feijão no Brasil	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Representação das tabelas dos fatores de influência propostas por Romano (2003) e Marini (2007)	57
Quadro 2 – Categoria de Exame do escopo do projeto	58
Quadro 3 – Características do ambiente operacional da máquina	60
Quadro 4 – Classes dos critérios de homologação	61
Quadro 5 – Categoria de análise comparativa das máquinas existentes	63
Quadro 6 – Modelo de apresentação das informações	69
Quadro 7 – Colhedoras com características de realizar todas as etapas da colheita	71
Quadro 8 – Colhedoras que cortam ou arrancam as plantas deixando-as no campo	72
Quadro 9 – Componentes para serem adicionados ou substituir peças	73
Quadro 10 – Outras máquinas agrícolas utilizadas na colheita de feijão	74
Quadro 11 – Sistema de cultivo para definição do escopo do sistema de coleta de grãos	102
Quadro 12 – Sistemas de colheita na categoria de exame do escopo	103
Quadro 13 – Processo operacional para definição do escopo da máquina	104
Quadro 14 – Interferências e limites para a operação	105
Quadro 15 – Requisitos energéticos para definição do escopo	106
Quadro 16 – Decomposição em subsistemas para o exame do escopo	107
Quadro 17 – Tipologia de projeto para definição do escopo	108
Quadro 18 – Características de clima e ambiente na classe de ambiente operacional	109
Quadro 19 – Caracterização do solo no ambiente operacional	111
Quadro 20 – Caracterização da planta no ambiente operacional da máquina	112
Quadro 21 – Caracterização do insumo a ser processado pela máquina	113
Quadro 22 – Características do campo de operação da máquina	114
Quadro 23 – Acoplamento da máquina na categoria de ambiente operacional	114
Quadro 24 – Normas relacionadas à segurança em máquinas agrícolas	115
Quadro 25 – Normas relacionadas à capacidade e desempenho das máquinas	116

Quadro 26 – Terminologias para utilização em máquinas agrícolas	116
Quadro 27 – Normas para utilização de pictogramas nas máquinas	117
Quadro 28 – Norma de sinalização e iluminação para tráfego em vias públicas	117
Quadro 29 – Normas que estabelecem as dimensões limites para o tráfego em vias públicas.....	118
Quadro 30 – Dimensões físicas na categoria de análise do mercado.....	119
Quadro 31 – Acoplamento da máquina na categoria de análise do mercado	119
Quadro 32 – Subsistemas das máquinas disponíveis no mercado	120
Quadro 33 – Opcionais oferecidos pelos fabricantes de máquinas.....	121
Quadro 34 – Sistemas de transmissão e conversão de energia utilizados pelas empresas.....	121
Quadro 35 – Capacidades das máquinas disponíveis no mercado.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aquisição de feijão <i>per capita</i> anual (kg) para fins alimentares nas diferentes regiões do Brasil	31
Tabela 2 – Relação das dimensões e regulagens do caracol para os seis modelos de plataformas.....	84
Tabela 3 – Características dos molinetes ou transportadores longitudinais oferecidos pelas empresas.....	86
Tabela 4 – Rotação do molinete e posição em relação à barra de corte	87
Tabela 5 – Dados referentes aos dedos do molinete das plataformas.....	88
Tabela 6 – Empresas que utilizam os dois sistemas de facas disponíveis no mercado	92
Tabela 7 – Resposta dos fabricantes de máquinas.....	96

LISTA DE REDUÇÕES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASAE	<i>American Society of Agricultural Engineers</i> (Sociedade Americana de Engenharia Agrícola)
c/min	Ciclos por minuto
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CPI	Classificação Internacional de Patentes
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional para Padronização)
kg/(hab.ano)	Quilograma <i>per capita</i> anual
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
MU	Modelo de Utilidade
NBR	Norma Brasileira
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> (Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico)
PDMA	Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas
PI	Patente de Invenção
PIB	Produto Interno Bruto
POF	Pesquisa de Orçamentos Familiares
sac/ha	Sacas por hectare
TDP	Tomada de potência
”	Polegada
°	Graus

SUMÁRIO

Capítulo 1	17
INTRODUÇÃO	17
1.1 Delimitação do problema.....	21
1.2 Objetivos	22
1.3 Justificativa.....	23
1.4 Estrutura da dissertação	24
Capítulo 2	26
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1 A cultura do feijão.....	27
2.1.1 Produção	29
2.1.2 Ciclo de produção do feijão	33
2.1.3 Sistemas de colheita	33
2.2 Máquinas agrícolas – Colhedoras	36
2.2.1 Sistemas das máquinas colhedoras existentes	38
2.2.2 Máquinas para colheita do feijão	40
2.2.3 Sistemas de recolhimento	44
2.2.3.1 Plataformas de corte	45
2.2.3.2 Plataforma recolhedora	49
2.3 Projeto de máquinas	50
2.3.1 Exame do escopo do projeto (A1)	57
2.3.2 Características do ambiente operacional (A2).....	59
2.3.3 Critérios de homologação (A3)	61
2.3.4 Análise comparativa das máquinas disponíveis no mercado (A4).....	62
Capítulo 3	65
METODOLOGIA.....	65
3.1 Análise das patentes de máquinas para colheita de feijão.....	65
3.2 Levantamento das plataformas existentes no mercado	66
3.3 Levantamento dos fatores de influência no projeto de uma plataforma	67

Capítulo 4	70
RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
4.1 Patentes de máquinas para colheita de feijão disponíveis para consulta	70
4.2 Análise das plataformas utilizadas para colheita de feijão	75
4.2.1 Características gerais das plataformas	77
4.2.2 Subsistemas das plataformas.....	82
4.2.3 Kits para colheita de feijão.....	93
4.2.4 Dimensões físicas	94
4.3 Fatores de influência	98
4.3.1 Considerações iniciais.....	98
4.3.2 Exame do escopo do projeto (A1)	101
4.3.3 Características do ambiente operacional (A2).....	108
4.3.4 Critérios de homologação (A3)	115
4.3.5 Análise comparativa das máquinas disponíveis no mercado (A4).....	118
Capítulo 5	124
CONCLUSÕES	124
REFERÊNCIAS	127
APÊNDICE	131
ANEXOS	135

INTRODUÇÃO

Em escala global, a produção de alimentos sempre foi uma das maiores preocupações e no mais alto status de prioridade. Com o aumento da demanda mundial por alimentos, como foi ressaltado pelas organizações OECD/FAO (2010), que preveem que o mundo necessitará de um aumento de 70% na oferta de alimentos até 2050, o Brasil destaca-se por ser um dos países com maiores expectativas para o suprimento da demanda mundial. De acordo com as organizações, que analisaram os países com maior potencial de suprir a demanda mundial, o Brasil apresenta-se em primeiro lugar, sendo que o aumento de produção previsto é superior a 40% até 2019, seguido da Ucrânia, com perspectivas de crescimento na ordem de 29% para o mesmo período.

O Brasil destaca-se como um país de grande importância na produção mundial de alimentos, também conhecido por muitos como o celeiro do mundo, isso por possuir uma vasta extensão de terras produtivas. Uma parte significativa das terras aproveitáveis ainda não é explorada, sendo que as atualmente cultivadas ainda possuem grande potencial de aumento de produtividade, que pode ser obtido com incremento de tecnologias nas diferentes fases de produção. Dados do INCRA (2007) indicam que a área agricultável disponível ainda não utilizada corresponde a 90 milhões de hectares, isso corresponde a 10,57% do território nacional, excluídas as áreas de pastagens, florestas nativas e reservas ambientais. Dados da mesma fonte indicam ainda que quase um terço das terras (27%) ainda por serem exploradas no mundo encontram-se no Brasil. Dessa forma, além da possibilidade de aumento de produção nos locais já cultivados, tem-se também a possibilidade de expandir o espaço produtivo para áreas ainda inexploradas.

Para que esse potencial seja efetivamente utilizado, são necessárias máquinas e novas tecnologias para que se torne viável a produção agrícola.

Nesse contexto, a cultura do feijão ganha importância por ser um dos alimentos mais consumidos no Brasil. O feijoeiro é uma espécie de planta cultivada em todos os estados brasileiros, sendo a região sul a maior produtora, correspondendo a 31% do total produzido no País. O País é também considerado o maior consumidor mundial de feijão.

Dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2011a) indicam que as lavouras de feijão tiveram um aumento médio de produtividade na ordem de 80% nos últimos 30 anos, não apresentando grandes variações históricas com relação à área plantada. O produto vem sofrendo um leve aumento de produção que fica em torno de 2% ao ano.

Um dos entraves que pode estar impondo barreiras à expansão da cultura é a mecanização na fase de colheita, que no caso do feijão é boa parte ainda realizada de forma manual. Isso devido a uma série de fatores, incluindo os altos custos de aquisição das máquinas por pequenos produtores, dificuldade de mecanização na fase de colheita e principalmente altos índices de perdas ocasionados pela colheita mecanizada.

Singh (2006) estimou o impacto dos índices de mecanização na produção e na economia através de um estudo de caso realizado na Índia onde a mecanização por tração mecânica contribuiu com aumento de 32% na produtividade. A análise revelou que o custo do trabalho humano ainda é o maior componente do custo de cultivo na safra de trigo, que é a mais mecanizada das culturas na Índia. Os estados com maiores índices de mecanização obtiveram menor custo de cultivo da safra de trigo devido ao aumento da produtividade da cultura.

Atualmente, um dos principais desafios para os produtores é a utilização de máquinas que realizam o trabalho de colheita de maneira igual ou melhor que a colheita manual, tanto em relação à eficiência como ao custo do serviço. Esse propósito vem sendo buscado por alguns fabricantes de máquinas, porém na maioria dos casos o projeto das máquinas é feito encima de projetos já existentes, não considerando características peculiares de cada cultura.

Dados do MAPA (2010) indicam que no Brasil a taxa de aumento de consumo de feijão projetada para os próximos anos é de 1,22% ao ano. Espera-se que no ano de 2020 o consumo chegue a 4,31 milhões de toneladas.

O processo de produção do feijão passa por várias etapas até atingir o final do ciclo da cultura. Nesse ponto muito já foi investido, todos os tratamentos culturais, insumos, mão de obra, entre outros, devendo ser realizada a colheita. Essa etapa visa retirar do campo as partes de interesse da planta sem danificá-las. Por esse motivo, a fase de colheita deve ser bem sucedida para que haja o mínimo de perdas, obtendo o máximo de aproveitamento da cultura.

Como a maioria das perdas que ocorrem no momento da colheita do feijoeiro são provenientes da fase em que a planta é cortada e recolhida pela máquina, um sistema muito utilizado, principalmente pelos produtores que praticam a agricultura familiar, é a colheita semimecanizada. Nesse sistema, o mais comumente utilizado é o arranquio das plantas realizado de forma manual e a trilha realizada com utilização de máquinas. A fase de arranquio, além de ser um trabalho bastante árduo, utiliza muita mão-de-obra para arrancar as plantas, restando poucas opções para o produtor, sendo que, ou ele perde parte da produção e colhe com máquina (principal opção dos grandes produtores), ou investe boa parte do seu lucro no arranquio manual, reduzindo assim as perdas. Esta opção, para muitos agricultores acaba dando a falsa sensação de que há um aumento no lucro da produção. Porém, o que sobra para eles é o valor da mão-de-obra e não lucro efetivo da lavoura.

Atualmente ainda é um desafio produzir uma máquina capaz de gerar perdas aceitáveis e ter um bom desempenho na colheita do feijão, fazendo com que muitos agricultores tenham que sacrificar sua própria saúde para a realização da colheita, ou evitando o plantio por falta de recursos tecnológicos. Para isso, devem ser feitos bons estudos antes de projetar uma máquina, investindo em pesquisa de campo para conhecimento do ambiente de trabalho da máquina, conhecendo as máquinas existentes, seus pontos fortes e fracos, e principalmente ser capaz de visualizar fatores chave das máquinas existentes que necessitam de melhorias.

Observa-se uma tendência cada vez maior de exigências dos produtores quanto à qualidade das máquinas. Isso tem ocorrido nas diferentes classes de produtores, desde o produtor familiar ao produtor patronal. Um ponto em comum exigido pelos produtores é a eficiência, e isso só é alcançado com um bom projeto e

uma boa definição dos pontos que se deseja melhorar, embora muitas empresas atualmente ainda estejam vendendo seus produtos em boa parte pela magnitude e pela área colhida por unidade de tempo.

Para um bom projeto, é necessário que todas as etapas do mesmo sejam muito bem desenvolvidas e estudadas. Dessa forma, um bom conhecimento prévio, a sistematização de conhecimentos e a definição dos fatores de influência no projeto tornam-se os pontos mais importantes, pois nessa etapa serão realizadas buscas e coletas de informações a respeito da máquina que será desenvolvida, para posteriormente direcionar o rumo do projeto.

Contexto:

Observa-se que, com exceção dos agricultores que praticam a agricultura de subsistência, a mecanização da colheita de feijão no Brasil é uma tendência em grandes, médias e pequenas propriedades rurais. Alguns órgãos de pesquisa vêm desenvolvendo novas cultivares de feijão que melhor se adaptam à colheita mecanizada, porém as perdas na colheita continuam com níveis elevados para a cultura. Cabe, portanto, ser realizada a seguinte pergunta: é a planta que deve se adaptar à máquina ou a máquina que deve se adaptar à planta?

Sabe-se que melhorias nas plantas também são importantes, porém são limitadas. Se for possível trabalhar de forma a adaptar a máquina para colher determinada cultura, certamente estar-se-á interferindo menos na natureza e a eficiência na colheita será melhor.

Embora muito já tenha sido feito para a melhoria das colhedoras, a colheita do feijão continua sendo um dos entraves na expansão da cultura, principalmente devido ao fato de que, na maioria das vezes, o projeto das máquinas é baseado em adaptações das colhedoras de grãos existentes, com melhorias muitas vezes até insignificantes diante do problema em questão. Sabe-se, porém, que um bom gerenciamento e um banco de dados atualizados poderão gerar projetos que sejam bem sucedidos, sendo que isso pode ser conquistado seguindo as metodologias propostas por estudiosos das áreas de projeto de máquinas, como Romano (2003), Reis (2003), Back et al. (2008), entre outros.

1.1 Delimitação do problema

Sabe-se que apenas produzir máquinas não é suficiente. Elas precisam ser adaptadas à cultura e projetadas de modo a satisfazer as necessidades dos usuários da máquina. Um fato relevante nas colhedoras atualmente utilizadas para a colheita do feijão são as perdas na colheita. Estas têm sido caracterizadas mais como fato inerente à colheita do que como um problema que deve ser minimizado com o aperfeiçoamento das colhedoras.

A Norma Brasileira NBR 9740¹ considera, para os testes em colhedoras, perdas de 3% em decorrência da máquina, número bastante inferior aos encontrados por pesquisadores que têm realizado testes com máquinas para colheita do feijão como Rafaeli Neto et. al. (2008), os quais encontraram perdas referentes à plataforma de corte no valor de 7%. Outros pesquisadores como Silva et al. (1994), em seus experimentos, obtiveram como perdas mínimas na plataforma de corte 2,6%, chegando, inclusive, a encontrar 61,19% de perdas, e concluíram que as perdas na plataforma teriam ficado em torno de 10%. Os autores ressaltam também que, exceto quando as plantas estavam muito acamadas, o uso de levantadores não trouxe nenhum benefício à colheita além de aumentar a quantidade de terra recolhida pela máquina.

Considerando esses dados e a produção anual de feijão no Brasil de 3,5 milhões de toneladas, o País estaria deixando na lavoura 350 mil toneladas do produto, isso se não levar em conta as demais perdas na colheita e as pós-colheita, com transporte e armazenamento. Considerando que a cotação do feijão esteja em torno de R\$100,00 a saca, tem-se um prejuízo anual de 583 milhões de reais apenas para as perdas na plataforma de corte.

Jardine (2002) informa que no cálculo da avaliação anual de produção agrícola no Brasil não são computadas as perdas. Tendo em vista a produção agrícola total do Brasil – no caso do ano de 2001, a produção anunciada pelo Ministério da Agricultura foi de 98 milhões de toneladas – considerando que 10% dessa produção tenha sido perdida, a produção real do Brasil teria atingido a marca

¹ ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9740**: colhedora autopropelida de grãos – determinação das características técnicas e de desempenho: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987. 12 p. Cancelada em 16/11/2010.

de 109 milhões de toneladas, o autor conclui que, naquele ano, as perdas teriam sido de 10,9 milhões de toneladas de produto.

Jardine (2002) cita alguns exemplos do que essas perdas significam em termos de valores: quando computada apenas a safra de milho, o Brasil perdeu, em 2001, 53 milhões de sacas. Com essa produção daria para comprar 4.050 colhedoras, próximo do total comercializado no País no ano anterior que foi de 4,1 mil máquinas. Com o arroz, só no estado do Rio Grande do Sul, as perdas chegam a 10,6 milhões de sacas. No caso da soja, as perdas de aproximadamente 2 sacas por hectare representam um prejuízo superior a R\$ 570 milhões. Computando a produção de arroz, de feijão, de milho, de soja, de trigo e de hortigranjeiros, o desperdício econômico chega a 7,8% do PIB do agronegócio brasileiro.

Questão de pesquisa

Em decorrência da grande quantidade de produtos que são produzidos e deixados na lavoura anualmente, é pertinente que sejam realizadas melhorias nas máquinas existentes, otimizando o sistema de recolhimento da cultura. Dessa forma a questão a ser abordada é:

Como contribuir no projeto de plataformas de corte e/ou recolhimento de feijão, para que sejam mais eficientes, diminuindo as perdas?

1.2 Objetivos

O objetivo dessa dissertação é reunir e sistematizar conhecimentos que servirão de base para novos projetos de plataformas de recolhimento de grãos a serem utilizadas na colheita de feijão.

Objetivos específicos

- Analisar comparativamente os sistemas de colheita disponibilizados no INPI.
- Analisar comparativamente as especificações técnicas dos sistemas de colheita disponíveis no mercado.

- Identificar e definir os parâmetros para a modelagem das propriedades formadoras dos fatores de influência no projeto de plataformas.

1.3 Justificativa

Em decorrência do crescente aumento de produção e as perspectivas de que esse aumento se acentue nos próximos anos, certamente aumentará a demanda por máquinas agrícolas, aumentando também as exigências do consumidor. Dessa forma, serão necessárias melhorias nas máquinas existentes e novos projetos para atender à demanda do mercado.

A colheita é uma das etapas mais importantes dentre os processos envolvidos na produção do feijão, levando em conta os incrementos que aumentam os custos de produção no decorrer do ciclo de desenvolvimento da planta. Portanto, nessa última etapa da produção, deve-se ter uma atenção especial, pois próximo dos 90% dos custos já foram investidos. Quando essa etapa é mal processada, pode haver perdas de grãos e interferir de maneira decisiva na lucratividade da lavoura. As perdas podem ser quantitativas (grãos deixados na lavoura) ou qualitativas (má qualidade do produto e conseqüente queda do seu valor comercial)

Com o passar dos anos, os produtores estão percebendo as necessidades de reduzir os custos e as perdas na colheita, fatores que poderão tornar a produção inviável economicamente no futuro.

Os produtores estão cada vez buscando mais conforto e eficiência na hora da colheita, dessa forma o incremento de tecnologia e a redução do trabalho braçal, com finalidade de melhorias da qualidade de vida dos agricultores, rendimento e eficiência da máquina, estão se tornando essenciais na produção agrícola. Se o agricultor tiver uma boa qualidade de vida no campo, estar-se-á contribuindo com a redução da miséria nos grandes centros urbanos, pois os produtores não precisarão migrar para as cidades à procura de melhores condições de vida.

Se na colheita da soja foi possível uma redução das perdas de 69% em 20 anos, reduzindo as perdas de 3,2 sac/ha para 1 sac/ha (MESQUITA et al, 1998), com dedicação e foco centrado na pesquisa, será possível alcançar níveis

semelhantes também na colheita do feijão. Dessa forma, pode-se reduzir as perdas, e isso poderá ser feito com pesquisa para o desenvolvimento e otimização das máquinas para a colheita.

Em virtude dos altos índices de perdas resultantes de operações ineficientes das máquinas, é fundamental a contribuição no desenvolvimento de um sistema eficaz de corte e recolhimento voltado para a colheita de feijão. Assim, pode-se contribuir para projetos futuros que venham a trabalhar com a colheita de feijão, de modo a reduzir as perdas.

Segundo Back et al. (2008), é frequente a geração e transformação de ideias em produtos que não atendam aos usuários, de forma a gerar produtos com características abaixo das necessidades ou acima das exigências. Muitas vezes, esses fatos, além de gerar custos para a indústria, não atendem aos produtores, fazendo com que estes não fiquem totalmente satisfeitos.

O levantamento dos dados capazes de formar o conhecimento necessário ao projeto de máquinas – entre eles os fatores de influência no projeto – contribuem para que projetos de novas máquinas venham a atender à demanda de mercado.

1.4 Estrutura da dissertação

No capítulo 2 são apresentados dados de produção do feijão, métodos de colheita utilizados, detalhes de algumas máquinas de colheita, questões de mecanização, sistemas de recolhimento utilizados e metodologia de projeto de máquinas agrícolas.

No capítulo 3 é apresentada a forma da busca de dados que foi abordada para realização da pesquisa.

No capítulo 4 são apresentados os resultados da pesquisa, onde são inicialmente apresentadas as patentes de máquinas existentes no INPI, seguido da análise comparativa das plataformas disponíveis no mercado para a colheita de feijão, sendo o capítulo encerrado com a apresentação dos fatores de influência no projeto de máquinas agrícolas.

No capítulo 5, referente às conclusões, são apresentadas as conquistas alcançadas com o trabalho e as considerações finais da dissertação.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dados da CONAB (2011a) demonstram um crescimento da produção nacional de grãos no decorrer dos últimos 30 anos (Figura 1). Os dados também evidenciam que a produção triplicou e a produtividade aumentou em 2,5 vezes no mesmo período, evidenciando um aumento e expansão de tecnologia aplicada na agricultura moderna.



Figura 1 – Dados históricos da produção brasileira de alimentos
Fonte: CONAB (2011a).

Notícias da mesma fonte relatam que o Brasil vai produzir aproximadamente 162 milhões de toneladas de grãos no ano safra 2010/2011. A produção é novamente recorde, com aumento de 8,6% ou cerca de 12,8 milhões de toneladas a mais que a safra passada, quando chegou a 149,2 milhões de toneladas.

No caso do feijão, a área pode crescer 7,3%, chegando a 3,9 milhões de hectares. Já a produção eleva-se em 14,3%, devendo alcançar 3,8 milhões de toneladas na safra 2010/2011.

Dados como estes apresentados podem evidenciar uma demanda futura por máquinas e equipamentos com mais tecnologia para a agricultura, e também uma maior exigência dos produtores, visto que aqueles que não produzirem de forma competitiva poderão ser excluídos de boa parcela do mercado num futuro próximo. Nesse contexto, apresenta-se a revisão bibliográfica acerca dos seguintes temas: A cultura do feijão; Máquinas agrícolas – colhedoras; e, Projeto de máquinas.

2.1 A cultura do feijão

O feijão é uma planta cultivada em várias partes do mundo. O gênero *Phaseolus* compreende aproximadamente 55 espécies, das quais apenas cinco são cultivadas: o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*); o feijão de lima (*P. lunatus*); o feijão ayocote (*P. coccineus*); o feijão tepari (*P. acutifolius*); e o *P. polyanthus*. Desses, destacam-se o feijão comum, quando proveniente da espécie *Phaseolus vulgaris* L. e o feijão-caupi (feijão-de-corda ou feijão-macassar), quando proveniente da espécie (*Vigna unguiculata* (L) Walp). Essas duas espécies são também as mais cultivadas no Brasil (EMBRAPA, 2010).

A EMBRAPA classifica os feijões quanto ao hábito de crescimento em quatro tipos, são eles:

Tipo I – hábito de crescimento determinado, arbustivo e porte da planta ereto.

Tipo II – hábito de crescimento indeterminado, arbustivo, porte da planta ereto e caule pouco ramificado.

Tipo III – hábito de crescimento indeterminado, prostrado ou semiprostrado, com ramificação bem desenvolvida e aberta.

Tipo IV – hábito de crescimento indeterminado, trepador; caule com número reduzido de ramos laterais.

Os hábitos de crescimento do feijão podem ser vistos na Figura 2, onde são apresentados os quatro tipos.

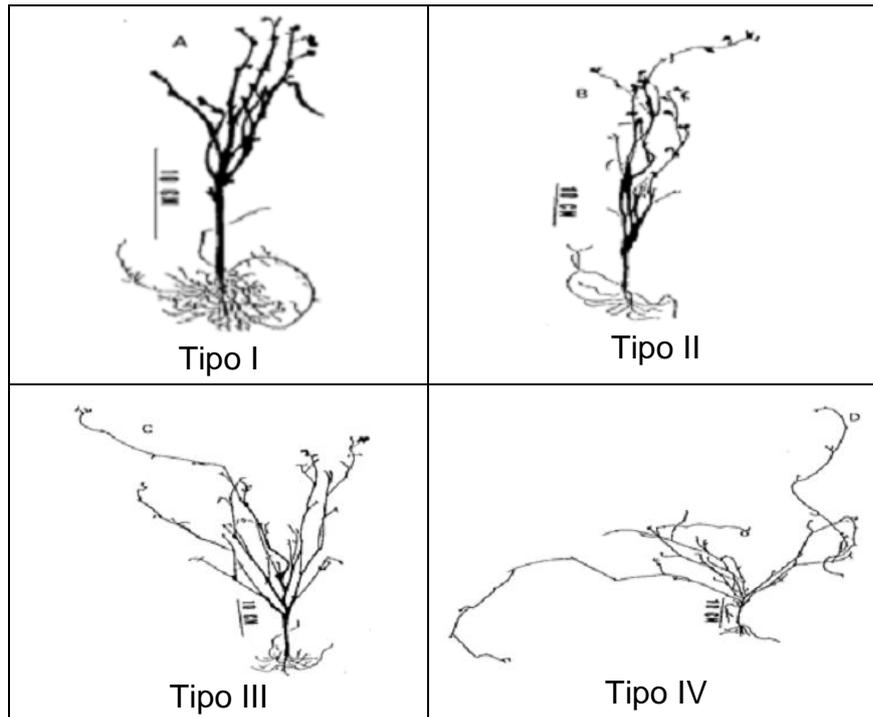


Figura 2 – Hábitos de crescimento do feijão
 Fonte: Pinto (2000).

A Figura 3 ilustra as plantas de feijão no campo, onde são percebidas as características de ser uma planta rasteira, com as vagens muito próximas ao solo e, em muitas vezes, em contato com ele.



Figura 3 – Pés de feijão na lavoura

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), estabelece normas², a respeito do regulamento técnico do feijão, definindo o seu padrão oficial de classificação, requisitos de identidade e qualidade, amostragem, modo de apresentação e marcação.

A norma define feijão como sendo grãos provenientes das espécies *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L) Walp, sendo classificados em dois grupos:

Grupo I: Feijão comum, quando proveniente da espécie *Phaseolus vulgaris* L.

Grupo II: Feijão-caupi (feijão-de-corda ou feijão-macassar), quando proveniente da espécie *Vigna unguiculata* (L) Walp.

A norma também estabelece as classes e tipos de cada grupo, além de informar as relações máximas toleradas de impurezas, grãos quebrados, ardidos e danificados para cada tipo. Esse é um dos motivos pelo qual as máquinas devem colher o produto, causando o mínimo de danos para que o mesmo possa entrar no mercado, sendo aprovado pelos órgãos reguladores.

2.1.1 Produção

O Brasil é o principal produtor e consumidor mundial de feijão. Segundo dados da CONAB (2011a), a produção nacional tem ficado em torno de 3,5 milhões de toneladas por ano. Observando a distribuição da produção de feijão no Brasil (Figura 4), percebe-se que as regiões mais produtoras são a região sul, sudeste e nordeste. Dados da fonte informam também que, das três grandes safras existentes no Brasil, a de maior produção é a primeira, concentrando-se principalmente no sul do País, região responsável por mais de 30% do total produzido.

² Instrução Normativa n. 12, de 28 de Março de 2008; Instrução Normativa n. 56, de 24 de Novembro de 2009.

Produção Brasileira de Feijão Total - Safra 2008/2009

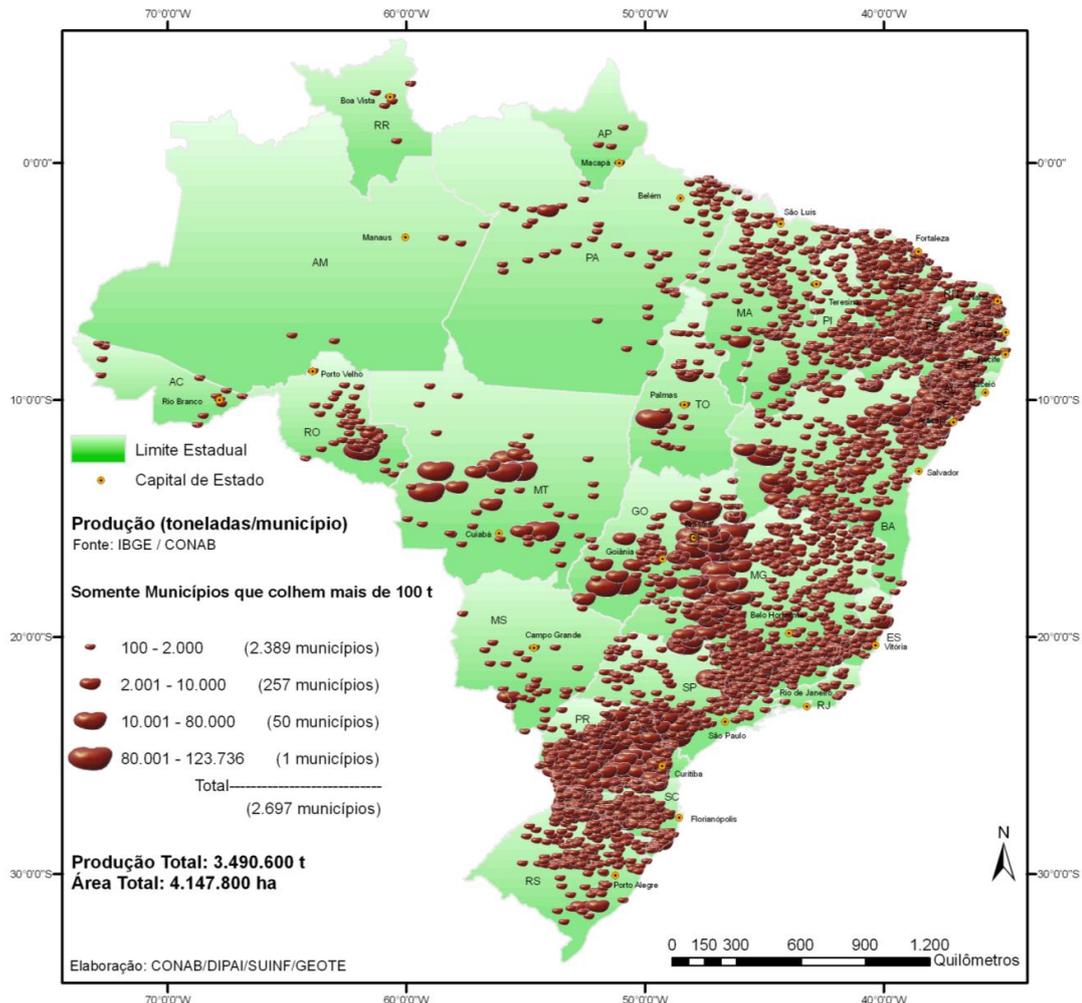


Figura 4 – Distribuição das regiões produtoras de feijão das três safras
Fonte: (CONAB, 2011b).

Dentre os dois grupos de feijão cultivados no Brasil (feijão-caupi e feijão-comum), o feijão-caupi contribui com 35,6 % da área plantada e 15 % da produção de feijão total no país. No Brasil, historicamente, a produção de feijão-caupi concentra-se nas regiões Nordeste (1,2 milhão de hectares) e Norte (55,8 mil hectares) do país, porém a cultura está também conquistando espaço na região Centro-Oeste, em razão do desenvolvimento de cultivares com características que favorecem o cultivo mecanizado (SILVA, 2009).

A Tabela 1 mostra os grupos de feijão adquiridos nas diferentes regiões do País o período 2008/2009.

Tabela 1 – Aquisição de feijão *per capita* anual (kg) para fins alimentares nas diferentes regiões do Brasil

Grupo	Brasil	Grandes Regiões				
		Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Feijão-fradinho	1,174	0,687	3,832	0,048	0,024	0,217
Feijão-jalo	0,143	0,698	0,137	0,061	0,137	0,032
Feijão-manteiga	0,252	0,210	0,560	0,097	0,213	0,072
Feijão-mulatinho	0,552	0,116	1,614	0,178	0,033	0,109
Feijão-preto	2,011	2,350	0,533	2,638	3,606	0,552
Feijão-rajado	3,905	4,665	4,178	4,281	1,334	4,963
Feijão-roxo	0,032	0,035	0,044	0,024	0,020	0,044
Outros feijões	1,052	1,292	1,395	0,633	0,781	2,420

Fonte: IBGE, (2010).

O consumo do feijão-preto se concentra nos estados do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, sendo que a maior parte das importações da Argentina é destinada ao Rio de Janeiro. Esse estado possui o maior consumo *per capita* de feijão preto do País (8,39 kg/(hab.ano), em menor quantidade a variedade é também bastante consumida nos estados do Pará, Espírito Santo e Minas gerais. O estado do Ceará é responsável pelo maior consumo de feijão-fradinho, chegando a passar de 10 kg/(hab.ano).

O feijão-rajado, que apresenta maior consumo *per capita* médio do País, é bastante consumido em praticamente todos os estados brasileiros, com destaque para a Bahia, que possui o maior consumo *per capita*. Os estados do Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e Santa Catarina são os que menos consomem a variedade, sendo que este se destaca por ser também o estado com menor consumo *per capita* de feijão. Em média, somando todos os grupos de feijão, o Brasil tem um consumo de aproximadamente 16 kg/(hab.ano) (FAO, 2011), sendo que a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) do IBGE (2010) revela um consumo residencial de 9,12 kg/(hab.ano). Essa defasagem nos números decorre do fato de que os dados do IBGE consideram o consumo apenas nas residências, por meio da aquisição do produto.

Dados do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA, 2009), em relação ao último censo agropecuário do IBGE, informam que a agricultura familiar é responsável por 70% da produção de todo feijão produzido no Brasil (Figura 5).

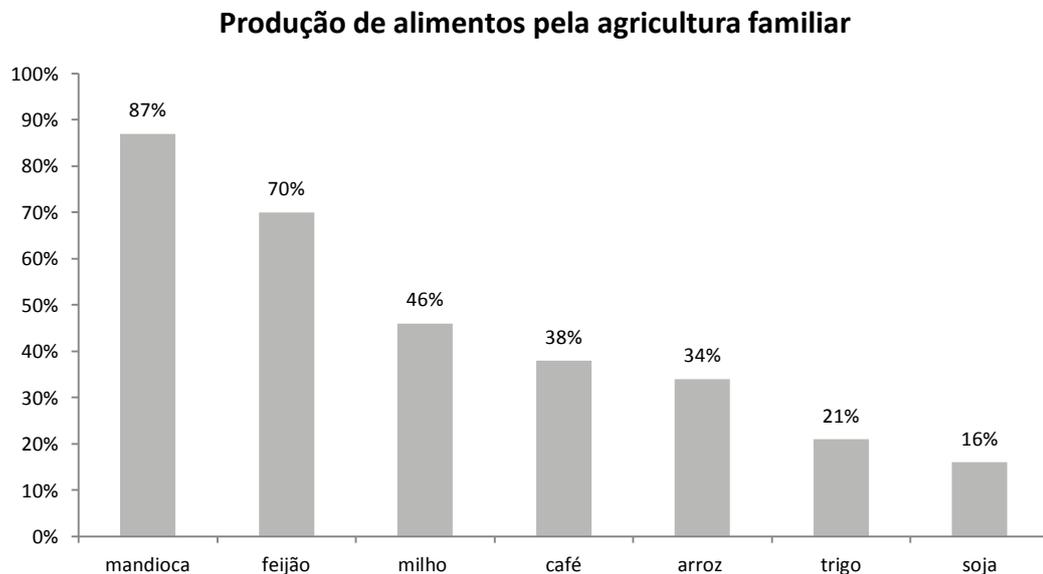


Figura 5 – Participação da agricultura familiar na produção de vários produtos
Fonte: MDA (2009).

Outro fator relevante é que, do total de pessoas ocupadas no campo, 26% estão em propriedades não familiares, enquanto 74,4% estão nas propriedades familiares gerando mais empregos em uma menor área quando comparado com a agricultura patronal e de larga escala (MDA, 2009).

Pelo fato dos agricultores familiares possuírem geralmente áreas pequenas, é comum que a colheita seja realizada de forma manual, um trabalho árduo e desgastante no qual o agricultor permanece horas em posição desconfortável para fazer o arranquio e enleiramento dos pés de feijão no campo. Segundo dados do MDA (2009), o feijão é cultivado em cerca de 18% das propriedades brasileiras. Portanto, no projeto de uma máquina para colheita de feijão deve-se considerar esses dados, devendo ser projetada de forma a atender a todos os produtores. Caso isso não seja possível, deve atender ao maior percentual possível.

2.1.2 Ciclo de produção do feijão

A produção de feijão tem início com o preparo da área a ser destinada ao plantio. Esse preparo pode incluir correção, adubação e revolvimento do solo, fases que visam preparar o ambiente para receber a semente na fase de semeadura. Realizada a semeadura, no decorrer do desenvolvimento da planta são realizados os tratos culturais, como controle de ervas daninhas, pragas e doenças. O ciclo de produção chega ao fim com a colheita do produto. Dessa forma, qualquer que seja a cultura que se esteja produzindo, no final de seu ciclo produtivo muito já foi investido para que se tenha um bom resultado na colheita. No caso do feijão não é diferente, sendo que, chegada a época da colheita, a cultura já recebeu muitos tratos culturais e investimentos, que têm por objetivo uma maior produção e qualidade dos grãos, obtendo assim um maior rendimento econômico.

Entendendo o ciclo de produção é possível compreender melhor o grau de importância da colheita nos sistemas produtivos, tendo assim uma base para que seja possível compreender o porquê do uso de diferentes formas de colheita para a cultura do feijão. A seguir, pode-se perceber que essa fase incorpora diferentes formas de colheita, no intuito de retirar o produto do campo, transportando-o para um local mais seguro. As dificuldades enfrentadas na colheita do feijão são, em parte, explicadas pelo fato de que muitos agricultores preferem arcar com os custos da mão-de-obra a aumentar as perdas da lavoura com o uso da mecanização.

2.1.3 Sistemas de colheita

Atualmente, observa-se um índice bastante acentuado de mecanização nas lavouras de diferentes culturas, inclusive as que, num passado próximo, eram praticamente impossíveis de serem mecanizadas, como foi o caso da colheita de frutas, hortaliças e raízes, e que atualmente já existem máquinas que fazem esse trabalho. No caso do feijão, os índices de mecanização na colheita também têm aumentado. Não obstante, ainda restam muitos produtores que, por um motivo ou outro (falta de recursos, área muito pequena, áreas isoladas, com topografia

acidentada, etc.), preferem aderir parcialmente ou mesmo não utilizar mecanização na fase de colheita.

Segundo Moraes, Reis & Machado (2005), à medida que o processo evolutivo vai se tornando mais complexo, como é o caso da evolução para colheita mecânica, fatores como umidade dos grãos, uniformidade da lavoura e habilidades do operador, influenciam de forma mais intensa nos resultados da colheita.

Cada produtor opta pelo sistema que considera mais indicado para sua lavoura. No processo de colheita do feijão, três formas de colheita são largamente utilizadas: colheita mecanizada, semimecanizada ou manual. Há também a possibilidade de se realizar a colheita em uma ou duas fases, que é caracterizado como métodos de colheita. Esses podem ser direto (uma fase) ou indireto (duas fases). A escolha da forma como será realizada a colheita poderá depender de fatores como região, clima, nível socioeconômico, tradição, tamanho da propriedade e da disponibilidade de mão-de-obra.

Dentre os dois métodos de colheita existentes para o feijão, o mais comum é a colheita realizada em duas fases: na primeira é realizado o arranquio ou corte das plantas, seguido do enleiramento, que consiste em enfileirar as plantas na lavoura deixando-as expostas ao sol para redução da umidade e término da maturação; a segunda fase é composta pelo recolhimento e trilha das plantas, que poderá ser manual ou mecanizada. Segundo Duarte (1986) apud Moraes, Reis & Machado (2005), é possível baixar o teor de água dos grãos de feijão de 22% para teores entre 16% e 18%, deixando os pés de feijão expostos ao sol por duas ou três horas.

No método de colheita direta, todas as etapas são realizadas em apenas uma fase, sendo que, em uma passada, a máquina realiza o corte e recolhimento, seguido da trilha e separação dos grãos. Isso tudo é realizado por apenas uma colhedora combinada. Esse método possui a vantagem de serem realizadas todas as etapas em apenas uma operação, porém oferece a desvantagem de gerar maiores perdas, e geralmente há a necessidade do uso de herbicidas secantes dias antes da colheita, para dessecar os pés de feijão e uniformizar o secamento das vagens.

As três formas de colheita utilizadas no feijão, manual, semimecanizada e mecanizada, são apresentadas e descritas a seguir:

Manual

Na colheita manual todas as operações são realizadas manualmente. Ao atingir o ponto recomendado para a colheita, as plantas são arrancadas e deixadas na lavoura para serem desidratadas pelo sol. Esse processo de arranquio é geralmente realizado pela parte da manhã pelo fato das plantas ainda estarem úmidas, isso ajuda a reduzir a debulha das vagens. Segundo Silva et al. (2000), as plantas são deixadas com as raízes voltadas para cima para completar a maturação e o secamento das sementes. Quando os grãos atingirem teor de água entre 14% e 16%, as plantas são transportadas para terreiros, em camadas de 30 cm a 50 cm, onde será realizada a batedura que geralmente é feita com auxílio de varas flexíveis, manguá ou com o pisoteio de animais. Após o processo de trilha, é realizada a separação e a limpeza dos grãos.

Semimecanizada

Nesse sistema as plantas são arrancadas manualmente e enleiradas na lavoura para que seja completado o ciclo de maturação e baixar a umidade dos grãos (até esta fase é igual à colheita manual), para posteriormente serem trilhadas com o uso de máquinas. Para Stone & Sartorato (1994), no sistema semimecanizado, o arranquio das plantas será sempre manual sendo que a trilha pode ser feita de quatro formas diferentes: trilha com trilhadora estacionária; recolhimento e trilha por recolhedor trilhadora; recolhimento e trilha com colhedora automotriz adaptada com “pick-up” recolhedor de plantas enleiradas; ou, trilha com colhedora automotriz convencional. Nesse caso, a única diferença do sistema semimecanizado para o sistema manual, é que no momento da trilha a debulha será realizada com o uso de máquinas. Porém, deve-se levar em conta que se uma das fases da colheita (corte ou trilha) for realizada com uso de máquinas e a outra de forma manual, essa deve ser considerada como colheita semimecanizada.

Colheita mecanizada

Na colheita mecanizada, as fases de corte e de trilha são realizadas por máquinas.

A forma mecanizada apresenta-se de duas maneiras: direta ou indireta. Na forma direta, a colheita é realizada utilizando máquinas combinadas que poderão

possuir um motor próprio (colhedora automotriz) ou ser movida por fonte de potência externa (máquinas tracionadas por trator). Essas máquinas realizam todas as etapas da colheita (corte das plantas, recolhimento, trilha, separação dos grãos da palha e limpeza) de uma só vez.

No sistema de colheita indireto, as plantas são cortadas e enleiradas utilizando um cortador-enleirador e deixadas na lavoura para baixar a umidade dos grãos e completar o ciclo de maturação para que, posteriormente, o feijão seja trilhado com o uso de recolhedoras-trilhadoras que recolhem o produto do campo e realizam a trilha e separação das sementes.

2.2 Máquinas agrícolas – Colhedoras

Mialhe (1996) classifica as máquinas agrícolas em quatro grupos, são eles:

- Máquinas movidas ou não motoras: abrange a maioria das máquinas e implementos, sejam de tração animal, motorizados ou tratorizados;
- Máquinas motoras ou conversores de energia: pertencem a esse grupo as rodas d'água, turbinas hidráulicas, aeromotores e os motores elétricos e de combustão interna;
- Máquinas automotrizes ou semoventes: nesse grupo estão as colhedoras automotrizes, as carregadoras e os pequenos cultivadores motorizados.
- Tratores de pneus e de esteiras: inclui todas as versões agrícola e florestal.

No grupo das colhedoras, Moraes, Reis & Machado (2005) classificam as colhedoras sob quatro formas descritas a seguir:

- a) Quanto à forma pela qual recebem potência
 - I. Colhedora acoplada – por usar o motor e a tração do trator para se mover, apresenta custo inferior às colhedoras autopropelidas, porém, segundo os autores, apresenta baixo rendimento operacional, dificuldades de manobras e problemas no sistema de acoplamento.
 - II. Colhedora acoplada acionada por motor auxiliar – segundo os autores, esse tipo não é mais utilizado, pois a alta potência dos tratores atuais permite que a colhedora seja acionada pela TDP.

- III. Colhedora autopropelida – segundo os autores, apresentam grandes vantagens em relação às outras máquinas, entre elas, minimização dos problemas de manobra e percurso, facilidade de controle do direcionamento e dos mecanismos envolvidos. Possui elevado custo inicial e de manutenção e exige boa qualificação dos operadores.
- b) Quanto à barra de corte
 - I. Barra de corte rígida – utilizada em plantas com alta inserção de vagens/grãos e que um desnível do terreno não irá ocasionar perdas. Um exemplo de utilização é na colheita de arroz.
 - II. Barra de corte flexível – utilizada para plantas com baixa inserção de vagens, como por exemplo, a soja e o feijão. A barra apresenta certa flexibilidade que permite contornar as ondulações do terreno dentro de seus limites.
 - c) Quanto ao sistema de trilha
 - I. Colhedora com sistema de trilha transversal.
 - II. Colhedora com sistema de trilha longitudinal (axial).
 - d) Quanto à vazão do produto colhido
 - I. Colhedoras de baixa vazão – capacidade de colher de 2 a 2,5 kg/s de produto, potência motora de 30 a 45 kW.
 - II. Colhedoras de média vazão – capacidade de colher de 3,5 a 4,5 kg/s de produto, potência motora de 45 a 67 kW.
 - III. Colhedora de alta vazão – capacidade superior a 6 kg/s de produto e potência superior a 67 kW.

Observa-se, no entanto, um aumento na capacidade das colhedoras, as quais atualmente possuem motores que podem ultrapassar os 400 kW, e são capazes de processar mais de 30 kg/s de produto.

Com relação ao tamanho das máquinas, Schlosser et al. (2005), assim como Fiorese et al. (2010) estudaram a relação peso/potência dos tratores agrícolas, e concluíram que essa relação aumenta com a diminuição da potência do motor. Em tratores de potência mais baixa, essa relação, além de gerar os prejuízos de campo citados pelos autores (maior consumo de combustível, compactação de solo, entre outros), também irá gerar custos na fabricação, pois será usado mais material por

unidade de potência, causando um aumento no custo da máquina, que certamente será repassado para os usuários finais, que são os produtores rurais.

Marques (2011) estudou os custos por unidade de potência de alguns tratores agrícolas utilizados na agricultura familiar. Os resultados apresentam um aumento significativo dos custos por unidade de potência com a diminuição da potência do trator, evidenciando um aumento expressivo em tratores com potência abaixo de 33 kW.

Na mesma linha, Buarque (1984) estabelece que uma empresa possui um ponto de equilíbrio no qual pelo menos não terá prejuízo, aumentando sua produção até um tamanho considerado ótimo. A partir desse ponto, um aumento na produção acarretará perdas nas vendas.

Fato semelhante também é exposto por Mendonça (2007), que apresenta a configuração clássica dos custos médios de longo prazo, informando que inicialmente os custos caem a partir do aumento do tamanho da planta, atingem um mínimo para, posteriormente, aumentar.

Esses estudos poderão evidenciar que há dimensões limite para fabricação de máquinas agrícolas, sendo necessários estudos que identifiquem essas dimensões de forma a obter o máximo aproveitamento tanto por parte da indústria com por parte do produtor rural.

2.2.1 Sistemas das máquinas colhedoras existentes

A colheita é um processo no qual a cultura passa por diferentes sistemas, até chegar ao final com o produto selecionado e separado das demais partes da planta que não são de interesse econômico.

Uma colhedora de cereais típica possui os seguintes sistemas que são responsáveis pelo processo de colheita:

- **Sistema de corte:** consiste no sistema da colhedora que realiza um dos primeiros contatos com a planta, ele é responsável por realizar o corte das plantas, facilitando seu recolhimento.

- **Sistema de recolhimento:** realizada a apanha e o transporte das partes, essas precisam ser recolhidas e direcionadas para o sistema de trilha, e esse sistema é o responsável por realizar esse direcionamento.
- **Sistema de trilha:** sistema responsável por realizar a debulha dos grãos, destacando-os do restante da planta.
- **Sistema de separação:** realizada a trilha, é necessário separar a parte de interesse (grãos) do restante da planta, os grãos seguirão para serem armazenados, e o restante da planta será descartado.
- **Sistema de limpeza:** sistema responsável por realizar a retirada das impurezas menores dos grãos, realizado por peneiras e ventilador.
- **Sistema de transporte:** após os grãos estarem separados e limpos, devem ser transportados para um depósito temporário. Nesse sistema também estão incluídos todos os demais transportes de produtos realizados na colhedora.
- **Sistema de armazenamento:** sistema responsável por armazenar os grãos temporariamente, até que sejam transportados para um local mais seguro.

Alguns sistemas, muitas vezes na máquina acabam por se sobrepor. Um exemplo é o fato de que em colhedoras com sistema de trilha transversal boa parte dos grãos são separados no cilindro de trilha.

Embora muitas vezes haja uma sobreposição dos sistemas da máquina, aqui os sistemas serão apresentados separadamente (Figura 6), pois se deve considerar que o grão deverá ser trilhado para que posteriormente seja separado do restante da planta. Dessa forma, pode-se descrever que a trilha sempre ocorrerá antes da separação do grão.



Figura 6 – Sistemas envolvidos nas colhedoras de grãos

No caso das colhedoras combinadas existentes no mercado atualmente para colheita do feijão, que realizam a colheita em apenas uma etapa, pode-se dizer que o sistema de limpeza encontra-se distribuído também em grande parte da colhedora (Figura 7). Isso ocorre por cortar as plantas muito próximo ao solo, a colhedora

recolhe muita terra juntamente com as plantas. Isso leva à necessidade da presença de sistemas que eliminem essa terra dos grãos para que não ocorra o chamado “barreamento”, nome popular que é utilizado para designar os grãos de feijão que ficam sujos de terra.

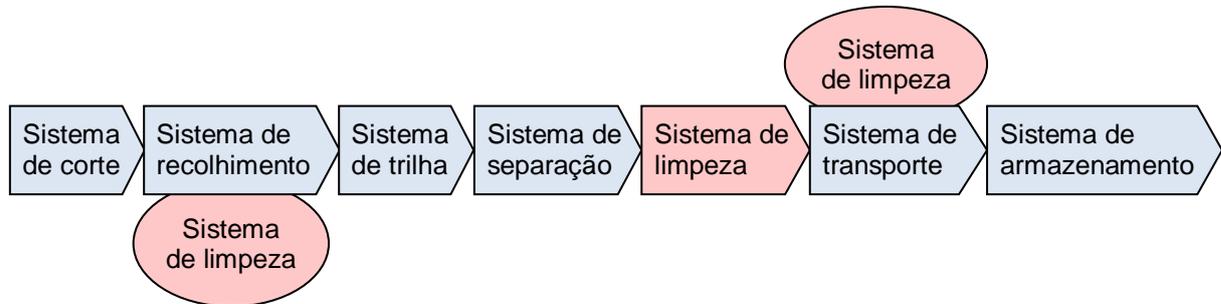


Figura 7 – Sistemas envolvidos em colhedoras utilizadas para feijão

2.2.2 Máquinas para colheita do feijão

Devido às dificuldades de colheita da cultura do feijão, inúmeros modelos de máquinas têm sido desenvolvidos, gerando uma enorme gama de produtos, embora poucos estejam sendo fabricados e comercializados.

Dentre as máquinas utilizadas para a colheita do feijão pode-se citar algumas que são apresentadas a seguir:

Cortador arrancador

Os equipamentos, até então disponibilizados no mercado nacional, eram providos de facão ou de barra giratória que arrancavam as plantas ao trabalharem abaixo da superfície do solo (FONSECA, 2007). Na Figura 8 pode ser visualizado um exemplo de um cortador arrancador CEMAG.



Figura 8 – Arrancador CEMAG em operação
Fonte: Conto (1980).

Ceifador-enleirador

Atualmente estão disponíveis no mercado os ceifadores-enleiradores (Figura 9) que, segundo Fonseca (2007), é um equipamento mais eficiente para ceifar as plantas sobre o solo, quando comparado com o cortador arrancador. O ceifador-enleirador pode ser acionado pela tomada de potência do trator ou pela colhedora convencional.



Figura 9 – Ceifador-enleirador MIAC
Fonte: MIAC (2009).

Colhedora autopropelida

Para Fonseca (2007), as colhedoras automotrizes convencionais (Figura 10) não apresentam bom desempenho para o feijoeiro, ocorrendo excessivas perdas na colheita, podendo haver uma melhora de desempenho quando essas máquinas são equipadas com plataformas flexíveis e mecanismos que diminuam os danos mecânicos e a mistura de terra nos grãos.

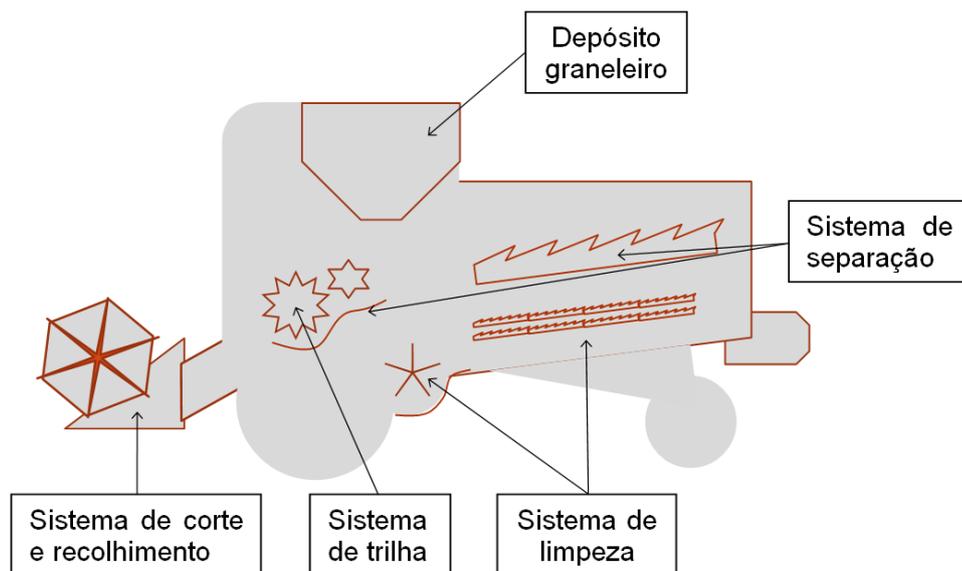


Figura 10 – Colhedora autopropelida

Colhedora combinada acionada pela tomada de potência do trator

Realiza as mesmas operações de uma colhedora automotriz, porém possui dimensões reduzidas, colhendo menores áreas em um mesmo intervalo de tempo (Figura 11). Essa colhedora não possui motor próprio, sendo seus mecanismos acionados pela tomada de potência do trator. A vantagem é que, por não possuir um motor, possuem menor custo de aquisição em relação às autopropelidas.



Figura 11 – Colhedora combinada acionada pela tomada de potência do trator
 Fonte: Jumil (2009).

Recolhedora trilhadora

Recolhe o feijão que já foi arrancado e enleirado na lavoura, realizando a trilha e separação das sementes das plantas (Figura 12). O arranquio/corte e enleiramento das plantas que antecede o recolhimento e trilha pode ser manual ou com o uso de máquinas específicas.

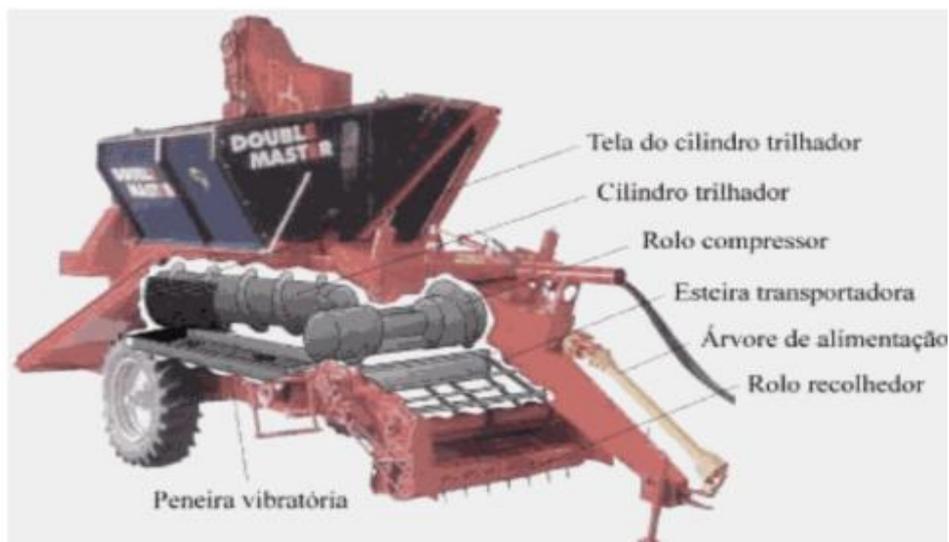


Figura 12 – Recolhedora trilhadora Double Master
 Fonte: Garcia (2003).

Trilhadora estacionária

Em experimento realizado por Conto (1980) com esse tipo de trilhadora, dentre os quatro sistemas de colheita testados o método que causou menores perdas foi o arranquio manual, seguido da trilha com uma trilhadora estacionária LAREDO que pode ser vista na Figura 13.



Figura 13 – Trilhadora estacionária
Fonte: Conto (1980).

Conforme Fonseca (2009), o arranquio ou o ceifamento mecanizado das plantas de feijão provoca altos percentuais de perdas. Devido a isso, é pouco utilizado no Brasil.

2.2.3 Sistemas de recolhimento

Os sistemas de recolhimento são plataformas que realizam a coleta dos grãos ou partes de interesse da planta. Essa parte da máquina é capaz de recolher as plantas ou parte delas e transportá-las para o local desejado, que em geral é o sistema de trilha.

Existem basicamente dois tipos de plataformas para colheita: as plataformas de corte e as plataformas recolhedoras; estas, porém, recolhem o material sem a necessidade de cortar as plantas.

2.2.3.1 Plataformas de corte

São as plataformas mais comumente utilizadas. As plataformas de corte realizam o corte das plantas, o recolhimento e, em seguida, o transporte até a unidade de trilha ou, em alguns casos, o enleiramento das plantas na lavoura, como é o caso do feijão. Uma característica fundamental nessas plataformas é a presença da barra de corte, que deve realizar o corte do caule das plantas logo abaixo da inserção das vagens ou sementes.

As plataformas de corte podem ser classificadas como rígidas ou flexíveis. Segundo Moraes, Reis & Machado (2005), na plataforma rígida a barra de corte não apresenta movimento relativo ao longo do seu comprimento. Já a barra de corte flexível é desenvolvida de forma que possa acompanhar as pequenas variações da superfície do terreno, podendo alcançar as partes mais baixas das plantas. Essa opção diminui as perdas em culturas nos casos em que os grãos localizam-se muito próximo do solo.

Outra opção nas plataformas é o sistema de flutuação lateral. Esse sistema é capaz de corrigir a variação no desnível lateral das colhedoras quando as rodas da colhedora estão num plano diferente da plataforma. Isso pode ocorrer, por exemplo, quando uma das rodas da colhedora cai num buraco ou está passando sobre uma curva de nível.

Outro sistema que vem ganhando força principalmente em plataformas de maior largura de corte é a divisão em seções. Essa opção possui muitas vantagens, pois, com o aumento da largura das plataformas, há também uma dificuldade de copiar o terreno. Com esse sistema a plataforma pode ser articulada, podendo alcançar maior proximidade com o solo em terrenos com maior irregularidade. Outra vantagem é que a subdivisão do chassi pode diminuir a probabilidade de falhas e trincas na estrutura. Existem também plataformas dobráveis capazes de diminuir as dimensões da máquina e conseqüentemente a fadiga da estrutura durante o transporte da máquina.

Moraes, Reis & Machado (2005) descrevem o conjunto de mecanismos de uma plataforma de corte como composto por: Separador; Molinete; Barra de corte; Caracol e Canal alimentador. O conjunto desses mecanismos é apresentado na Figura 14, sendo descritos na sequência.

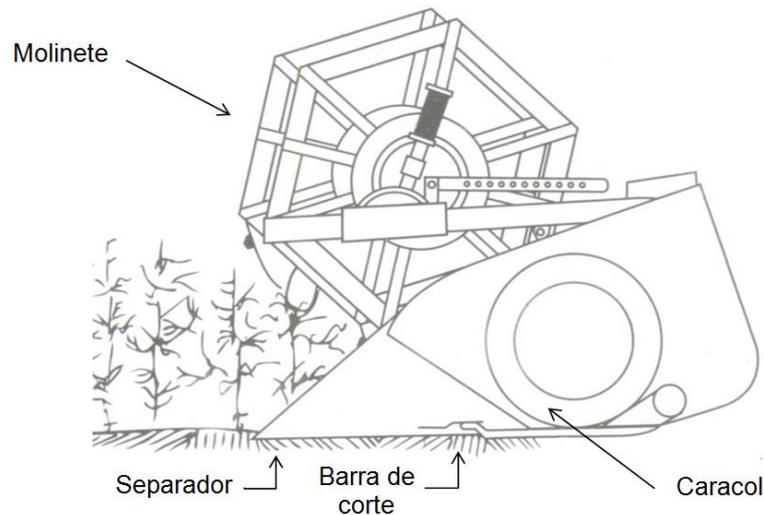


Figura 14 – Esquema de uma plataforma de corte e seus principais componentes
 Fonte: Adaptado de John Deere (2006).

Aqui, para um melhor entendimento e adaptação à proposta, a plataforma foi subdividida em: Separador; Molinete; Barra de corte; e Transportador transversal.

Separador ou divisor de cultura: tem a função de separar a faixa de plantas que será colhida pela máquina na lavoura. Segundo Moraes, Reis & Machado (2005), esse separador tem grande importância em culturas muito carregadas, amaçadas ou embaraçadas, pois, além de evitar que a cultura cortada caia fora da plataforma, desvia a cultura que será cortada na próxima passada. Alguns fabricantes comentam sobre a importância de um sistema de corte nos separadores para a colheita de feijão. Segundo eles, esse sistema serve para cortar “corda de viola”, ajudando a reduzir as perdas.

Molinete: O molinete constitui de um rotor composto de 4 a 6 barras dispostas longitudinalmente, abrangendo toda a extensão de corte da plataforma. Em plataformas maiores, esse sistema poderá ser dividido em dois molinetes independentes, preservando, no entanto, suas funções básicas que, segundo Moraes, Reis & Machado (2005), são:

- Levar as plantas de encontro à barra de corte, apoiando-as para que sejam cortadas;
- Conduzir as plantas já cortadas para dentro da plataforma;

- Levantar culturas acamadas.

Pode-se também dizer que o molinete é responsável pelo transporte longitudinal das plantas até o transportador transversal. Dessa forma, também existe um sistema diferenciado que é usado como transportador longitudinal das culturas até o transportador transversal. Esse sistema é constituído de dedos que giram no sentido inverso ao do molinete tradicional, conduzindo as plantas pela parte superior em direção ao transportador transversal.

O molinete é comumente acionado por motor hidráulico sendo que geralmente sua rotação pode variar de 0 a 60 rpm, podendo, em algumas máquinas, alcançar até 70 rpm. O acionamento do molinete, em algumas máquinas, é feito por correia. Nesse caso, o controle da velocidade de rotação torna-se mais restrito.

As barras do molinete são constituídas de dedos que podem ser de aço ou de material sintético. Esses dedos são dispostos em toda extensão do molinete com espaçamento que fica entorno de 150 mm entre si. Dentre as regulagens do molinete estão a rotação, a altura, a posição horizontal em relação à barra de corte, e a inclinação dos dedos.

Barra de corte: o conjunto das partes que compõem a barra de corte é responsável por cortar as plantas abaixo da inserção das vagens ou grãos. Essa barra é composta por facas em formato triangular que são responsáveis pelo cisalhamento das plantas. Existem basicamente dois tipos de navalhas de corte: as de 76,2 mm (3") e as de 50,8 mm (2"). Esta é, muitas vezes, conhecida como de 4" pois alguns fabricantes oferecem essa navalha na forma duplicada, sendo duas navalhas unidas em uma única peça.

Moraes, Reis & Machado (2005) afirmam que o sistema da barra de corte utiliza uma das maneiras mais eficientes e também muito comuns de aplicação de esforços de corte: dois elementos cortantes opostos que se encontram e se cruzam com pouca ou nenhuma folga entre si.

O perfeito funcionamento do mecanismo de corte é fundamental para uma boa operação. Facas sem fio ou empenadas, dedos duplos desalinhados ou desgastados, grampos (*clips*) da barra muito justos ou muito folgados, curso das facas fora de centro, e outros fatores podem resultar em plantas mal cortadas, mastigadas ou mesmo não cortadas. Além disso pode ocorrer o travamento da barra ou, também, uma excessiva vibração, o que, neste

último caso, contribui para a trilha antecipada da cultura quando esta entra em contato com a barra de corte. (MORAES, REIS & MACHADO, 2005, p.46).

Transportador transversal: as plataformas de colheita utilizam como transportador transversal caracol ou esteira.

Moraes, Reis & Machado (2005, pag.48) definem caracol como: “um cilindro giratório ocupando toda a largura da plataforma de corte. Cada metade é envolta por um helicóide com passo de sentidos opostos, de forma que as plantas cortadas sejam levadas para o centro da plataforma”.

Os sistemas que utilizam esteira são constituídos de um conjunto formado por três esteiras trabalhando juntas. No lado direito da plataforma há uma esteira que gira no sentido anti-horário, e do lado esquerdo uma esteira que gira no sentido horário, de modo que ambas transportam o material colhido para o centro da plataforma, onde (em plataformas que levam o produto para o sistema de trilha) encontra-se uma terceira esteira que transporta o material para o canal alimentador.

O caracol é normalmente utilizado em plataformas menores ou em culturas pouco sensíveis à debulha antecipada dos grãos, ou em casos em que a debulha antecipada não seja um fator indesejável na máquina. A esteira é capaz de suportar maior vazão de produto e causa um dano muito menor à planta quando comparado ao caracol.

As regulagens do caracol são a altura em relação ao fundo da plataforma, e o deslocamento para frente ou para trás.

Segundo Moraes, Reis & Machado (2005), a altura do caracol (distância entre os helicóides e o fundo da plataforma) deve ser ajustada de modo a permitir um fluxo contínuo de material. Essa altura varia com o tipo de cultura e volume de material que está sendo recolhido.

À medida que o volume aumenta, deve-se aumentar, também, a folga; além disso, as partes maiores da cultura devem passar livremente entre o fundo da plataforma e o helicóide, a fim de se evitarem danificações e embuchamentos (por exemplo: a folga recomendada para o soja é de 20 mm, enquanto que a recomendada para o azevém é de, apenas, 10 mm). O caracol pode, também, ser deslocado para frente, a fim de recolher, mais facilmente, culturas de pequeno porte, muito secas e de fácil debulha, ou para trás, para culturas de porte alto, com pequeno volume de palha, verdes ou pesadas. (MORAES, REIS & MACHADO, 2005, p.48).

2.2.3.2 Plataforma recolhedora

A principal particularidade dessas plataformas (Figura 15) é a característica de recolher as partes de interesse da planta sem a necessidade de cortá-la, diminuindo significativamente a quantidade de produto que será recolhido e processado pela colhedora. As plataformas recolhedoras são muito utilizadas atualmente para a colheita de algodão e de milho, porém para os demais cereais e leguminosas essas plataformas ainda não se popularizaram.

Na Figura 15 é apresentada uma plataforma recolhedora de cereais. O sistema possui um rotor que gira arremessando os grãos em direção à parte superior que os deflete para o transportador transversal e o caracol. Segundo Moraes, Reis & Machado (2005), a rotação do rotor pode ser regulada entre 400 rpm e 1.000 rpm, outras regulagens são a altura do capô em relação ao rotor e a altura de trabalho da plataforma.

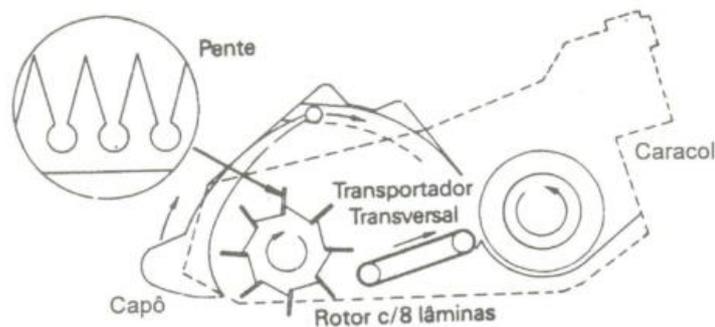


Figura 15 – Vista esquemática de uma plataforma recolhedora de grãos
Fonte: Moraes, Reis & Machado (2005).

Segundo Moraes, Reis & Machado (2005), as barras do rotor são formadas por dentes de flexíveis de poliuretano em formato V com uma abertura circular no vértice. Na Figura 16 é apresentado um detalhamento dos dentes, esquematizando como esse mecanismo realiza a retirada dos grãos das plantas.



Figura 16 – Detalhes dos dentes destacadores de uma plataforma recolhadora de grãos

Fonte: Moraes, Reis & Machado (2005).

Alonço & Reis (1997) comentam os benefícios dessas plataformas e apresentam alguns dados que caracterizam melhora de desempenho na colheita quando comparado às plataformas que realizam o corte das plantas, dados que não serão aqui abordados.

As colhedoras são sistemas bastante complexos e com forte inter-relação entre os mecanismos. Em especial as plataformas, por realizarem o primeiro contato com as plantas, necessitam de atenção especial, pois são responsáveis por realizarem o recolhimento das partes de interesse das plantas. Elas devem recolher o máximo de grãos e o mínimo outros produtos, exigindo altos níveis de conhecimento dos fabricantes.

2.3 Projeto de máquinas

Um projeto é caracterizado pelo desenvolvimento de algo novo, e com prazo definido, sendo, portanto, temporário e único. Segundo PMI (2000) *apud* Romano (2003), o projeto é um esforço temporário realizado para criar um novo produto ou serviço. Romano (2003 p.13) define projetos de desenvolvimento de produtos como sendo “empreendimentos cujo objetivo é executar o processo de geração de uma ideia de um bem material ao longo de várias fases, até o lançamento do produto no mercado”.

Pahl et al. (2005) comentam que projetos novos podem referir-se a um produto completo ou apenas peças ou subconjuntos do produto.

Para que uma indústria de máquinas agrícolas seja competitiva no mercado, precisa fornecer produtos de qualidade e adequados aos consumidores. Isso é possível com a realização de estudos para aquisição das informações necessárias e um bom planejamento dos projetos que serão implementados pela indústria.

Back (1983, p. 6) define projeto de engenharia como “atividade orientada para o atendimento das necessidades humanas, principalmente daquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura”.

Observa-se que projeto é uma atividade que deve seguir um modelo. Por ser temporário, possui um início e um fim, com prazos pré-estabelecidos para o cumprimento das tarefas. Para o cumprimento da tarefa, é necessária a busca de informações e o tratamento das mesmas.

Back (1983) estabelece o ciclo de produção-consumo onde o consumidor informa suas necessidades ao distribuidor que repassa a informação para o fabricante da máquina. Nesse caso, o fluxo de informações ocorre no sentido contrário ao fluxo de bens materiais (Figura 17).

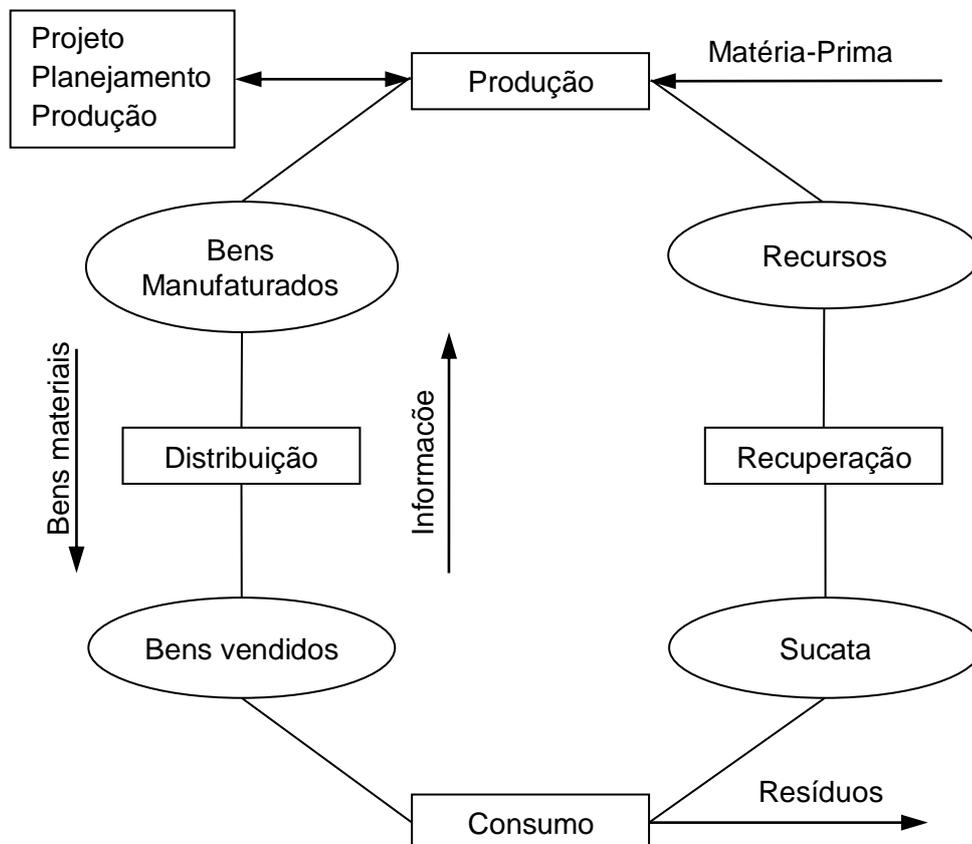


Figura 17 – Ciclo de produção-consumo
Fonte: Back (1983).

Assim como Back (1983), Mialhe (1996) também ressalta a importância da informação nas tomadas de decisões, sendo que a demanda de informações assume papel de mais alta estima nos dias atuais. Com maior número de informações de alta relevância no projeto, podem-se tomar as decisões mais satisfatórias.

Visto a importância da informação no projeto de máquinas, cabe agora saber que tipo de informação deve ser coletada, onde e como fazer a coleta, como organizar essas informações, dentre outras dúvidas que surgem ao longo do projeto. Em decorrência disso, alguns pesquisadores desenvolveram metodologias que servem como diretrizes no gerenciamento de projetos de máquinas.

Para Romano (2003), o processo de desenvolvimento de produto baseia-se em uma modelagem que compõe a formalização do projeto, facilitando a comunicação dos envolvidos no processo. Isso permite que o trabalho em equipe seja otimizado, assim como no projeto integrado seja melhorada a comunicação entre os diferentes domínios do conhecimento. Dessa forma, podem ser tomadas decisões menos precipitadas e com mais segurança.

O Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (PDMA), proposto por Romano (2003), tem por objetivo produzir produtos de uma maneira sistemática através da engenharia simultânea, reduzindo custos e tempo de produção, além de melhorar a qualidade. O PDMA é subdividido em três grandes fases, denominadas de macrofases, o planejamento, projeção e implementação (Figura 18).



Figura 18 – Modelo macro do processo de desenvolvimento de produto
Fonte: Romano (2003).

Concluído o plano do projeto e com isso definido o escopo de projeto, dá-se início a fase de projeto informacional que se encontra dentro da macrofase de

projetação. Essa fase é constituída de várias tarefas que buscam a definição dos fatores de influência no projeto (Figura 19). Tais tarefas estão ligadas ao domínio de conhecimento de projeto de produto, visualizado na Figura 20. Para estabelecer as especificações de projeto, são identificadas primeiramente as necessidades dos clientes e/ou usuários da máquina. Essas necessidades são convertidas em requisitos dos clientes, para a obtenção dos requisitos de projeto da máquina agrícola.

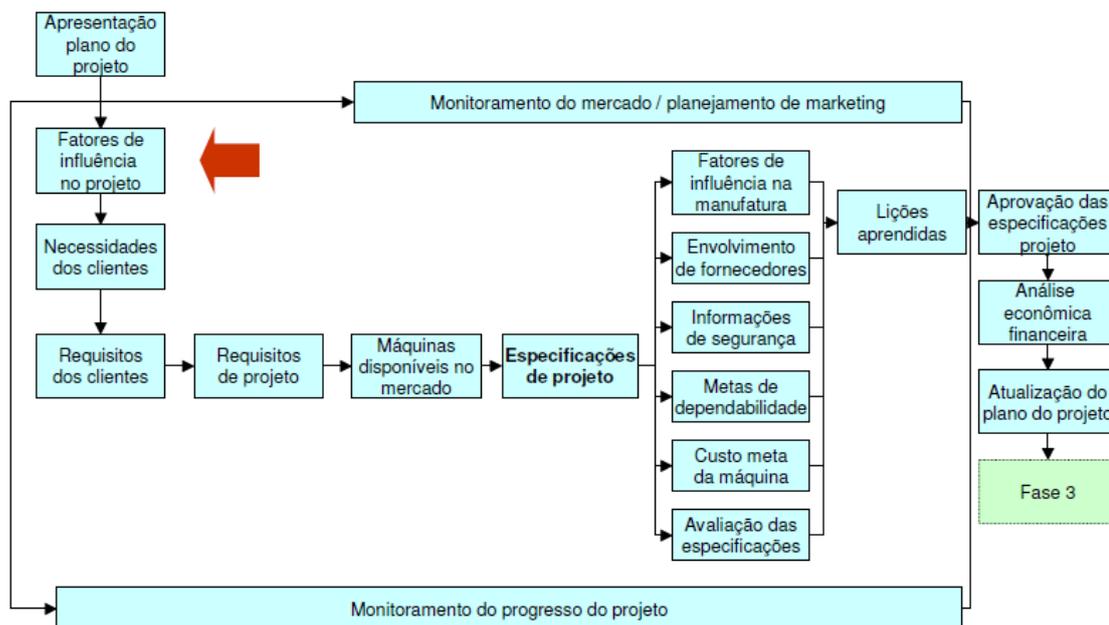


Figura 19 – Fluxograma da fase de projeto informacional
Fonte: Romano (2003).

Segundo Romano (2003), os fatores de influência envolvem parâmetros agrônômicos, mecânicos, e outros conhecimentos específicos.

Da 1ª avaliação das máquinas disponíveis no mercado resultam fatores que incluem os fatores-chaves para o sucesso, as potencialidades, as vantagens competitivas, as vulnerabilidades, as desvantagens competitivas, as ameaças, entre outros. Da análise das normas necessárias à homologação da máquina agrícola para os mercados pretendidos resultam fatores ligados à segurança, proteção do operador, defesa do consumidor, etc. dos ensaios a serem submetidos os protótipos e produtos do lote piloto, resultam fatores ligados ao desempenho funcional da máquina, a confiabilidade e manutenibilidade. Das características requeridas da máquina agrícola resultam fatores relacionados aos conhecimentos específicos necessários ao projeto, tais como, eletrônica, sistemas hidráulicos, etc. outros fatores de influência no projeto da máquina agrícola, se relacionam diretamente à operação agrícola a ser executada, e envolvem portanto, parâmetros agrônômicos e mecânicos. (ROMANO, 2003, p. 150).

Marini (2007, p. 26), define fatores de influência no projeto da máquina agrícola como “atributos e propriedades do meio de inserção que influenciam sobre a definição da solução desenvolvida”.

Segundo Romano (2003), os fatores de influência no projeto podem tomar a forma de medidas, classificando-se em:

- Especificações físicas – Abrangem dimensões gerais, distribuição de massa, torque, exigências tratórias, capacidade de reservatórios, etc.
- Características dinâmicas ou tempo-dependentes – Incluem potência, capacidade operacional, vida útil, durabilidade, consumo de combustível, etc.
- Características econômicas – Abarcam as medidas de custos de manutenção, reparações, abastecimento, entre outras.

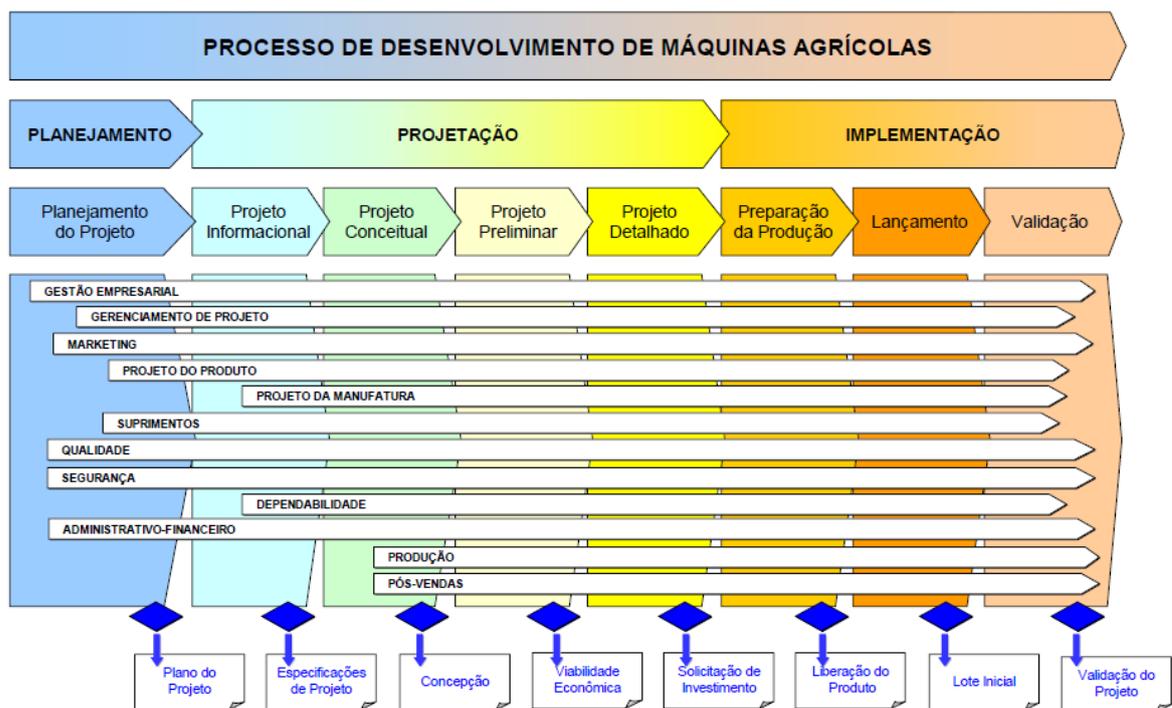


Figura 20 – Domínios de conhecimento abordados no PDMA
Fonte: Romano (2003).

A corrida da indústria em fabricar máquinas no menor tempo possível e disponibilizá-la no mercado antes de seu concorrente acaba implicando pular certas etapas essenciais na produção, etapas presentes nas metodologias e que visam ao bom funcionamento e boa aceitação das máquinas no mercado. A aplicação das

metodologias sem a consideração dos fatores de influência no projeto faz com que muitas máquinas atualmente disponíveis não atendam às necessidades do mercado com relação às perdas e eficiência da colhedora.

Ao ser produzida uma máquina capaz de realizar seu trabalho com sistemas diferenciados, é comum o registro detalhado dos mecanismos que a compõe. Esse registro é realizado nos órgãos competentes, a fim de garantir os direitos de propriedade da invenção. O Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) é uma autarquia federal vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, sendo o órgão competente no caso do registro de propriedade intelectual.

No Brasil, o INPI é o órgão responsável por:

- Registros de Marcas;
- Concessão de Patentes;
- Averbação de Contratos de Transferência de Tecnologia e de Franquia empresarial;
- Registros de Programas de Computador;
- Registros de Desenho Industrial;
- Registros de Indicações Geográficas;
- Registros de Topografia de circuitos integrados.

Segundo o INPI, patente é definida como:

Um título de propriedade temporário outorgado pelo Estado, por força de lei, ao inventor/autor ou pessoas cujos direitos derivem do mesmo, para que esta ou estas excluam terceiros, sem sua prévia autorização, de atos relativos à matéria protegida, tais como fabricação, comercialização, importação, uso, venda, etc. (INPI, 2011).

Dentre as patentes existentes no INPI, essas podem ser registradas como modelo de utilidade (MU) ou patente de invenção (PI).

Patente de Invenção (PI) – a invenção deve atender aos requisitos de atividade inventiva, novidade, e aplicação industrial.

Modelo de Utilidade (MU) – nova forma ou disposição envolvendo ato inventivo que resulte em melhoria funcional do objeto.

Existe também o Certificado de Adição de Invenção, para proteger um aperfeiçoamento que se tenha elaborado em matéria para a qual já se tenha um pedido ou mesmo a Patente de Invenção.

A Classificação Internacional de Patentes (IPC) reúne as patentes de forma organizada, facilitando a busca e é composta por oito seções representadas por letras, seguida de uma subseção representada por dois algarismos arábicos e uma seção de terceira ordem representada por letras.

Para o INPI (2011), a patente é realizada para “prevenir-se de que competidores copiem e vendam esse produto a um preço mais baixo, uma vez que eles não foram onerados com os custos da pesquisa e desenvolvimento do produto”. Esses conhecimentos tornam-se necessários no desenvolvimento de novos projetos e no levantamento das informações preliminares ao mesmo.

Assim, partindo do modelo de Romano (2003), a metodologia proposta por Marini (2007) prevê inicialmente o levantamento das informações a respeito do exame do escopo do projeto, seguido das características do ambiente operacional, critérios de homologação e, por fim, a análise comparativa das máquinas disponíveis no mercado. Um resumo do modelo proposto por Marini (2007) encontra-se na Figura 21.

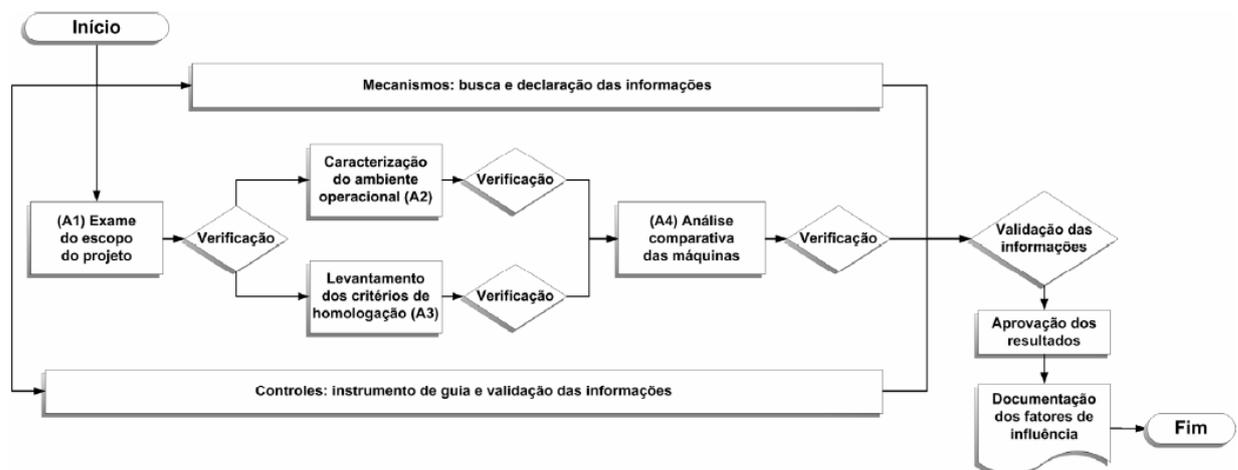


Figura 21 – Modelo geral dos fatores de influência
Fonte: Marini (2007).

Marini (2007) apresenta um conjunto de 25 tabelas relacionadas aos fatores de influência. No Quadro 1 são apresentadas as contribuições de Romano (2003) e Marini (2007) em relação aos fatores de influência no projeto de máquinas agrícolas.

Romano (2003)		Marini (2007)	
Fatores de influência no projeto	A1 Exame do escopo do projeto	Sistema de cultivo	
		Processo operacional	
		Interferências e limites	
		Requisitos energéticos	
		Subsistemas	
		Tipologia de Projeto	
	A2 Características do ambiente operacional	Clima e ambiente	
		Solo	
		Planta	
		Elementos	
		Campo	
	A3 Critérios de homologação	Acoplamento	
		Dimensões físicas e acoplamentos	
		Adequação ao processo	
		Adequação ao controle	
	A4 Análise comparativa das máquinas	Adequação à segurança	
		Dimensões físicas	
		Acoplamentos	
		Conversão primária	
		Conversão secundária	
Capacidade de suprimento			
Capacidade de processo			
Adequação ao processo			
Adequação ao controle			
Adequação à segurança			

Quadro 1 – Representação das tabelas dos fatores de influência propostas por Romano (2003) e Marini (2007)

2.3.1 Exame do escopo do projeto (A1)

O escopo do projeto é a declaração exata do que consiste o projeto. Segundo Romano (2003), consiste na primeira categoria de informações para que sejam levantados os fatores de influência no projeto. Muitas propriedades desta categoria servirão de base à definição das especificações de projeto a partir das necessidades dos usuários da máquina (Quadro 2).

A1 Exame do escopo do projeto	Sistema de cultivo
	Processo operacional
	Interferências e limites
	Requisitos energéticos
	Subsistemas
	Tipologia de Projeto

Quadro 2 – Categoria de Exame do escopo do projeto
Fonte: Marini (2007).

O exame do escopo é iniciado com a classe de **sistema de cultivo**, onde são estabelecidos os mercados pretendidos, e os locais onde a máquina poderá ser comercializada. A partir desse dado, são definidas as espécies de planta que a máquina irá colher, época da safra e as práticas de preparo do solo e tratamento da cultura.

A segunda classe no exame do escopo do projeto é o **processo operacional** que aborda as tarefas pretendidas da máquina, onde primeiramente a máquina é identificada e classificada segundo a norma ISO 3339. Em seguida são identificados os elementos que serão processados pela máquina, seguido da situação física de execução do processo. É, então, definido o estado inicial da cultura, seguido da identificação das ações realizadas pela máquina para o processo desejado. Por último, são definidos os resultados esperados da tarefa.

Pelo fato da máquina estar trabalhando no campo, está sujeita a fatores ambientais que poderão oferecer riscos ao bom funcionamento da mesma. As **interferências e limites**, apresentadas por Marini (2007) tratam de elementos e situações que poderão ocorrer, afetando o desempenho da máquina durante a realização da tarefa. Para definir essas informações, inicialmente são identificados os agentes operadores. Juntamente, são definidos os elementos ambientais que poderão exercer ação ou afetar o desempenho da máquina. A época do ano identifica o período no qual a operação é executada. Em seguida, são definidos o tempo em horas diárias que a máquina operará, a frequência de execução, e os riscos que poderão ocorrer na execução.

Os **requisitos energéticos** da máquina descrevem principalmente a quantidade de energia requerida, e o meio de obtenção dessa energia para a realização da operação. Para estabelecimento dos requisitos energéticos, são descritas as fontes de alimentação através dos meios de conversão de energia, e a

autonomia de operação que descreve se a máquina possui fontes de energia própria ou necessita de fonte externa. A solicitação de conversão identifica a faixa de variação que poderá haver quanto há solicitação de esforços mecânicos. A definição dos prováveis tipos de acoplamentos para conversão de energia é a última etapa da classe.

Na classe de **subsistemas** dá-se início à estrutura de decomposição do projeto, através da identificação dos elementos que compõem a classe sendo identificados de acordo com seu propósito primário e a grandeza que será processada. A classe composta da identificação do elemento raiz, subsistemas de processamento, subsistemas de conversão e os subsistemas de controle.

A última classe da categoria de exame do escopo é a **tipologia de projeto**. Ela é decomposta em três propriedades: o conhecimento da equipe a respeito do projeto; a complexidade, que versa sobre a quantidade de relações e subsistemas a serem considerados na solução do problema; e o risco de falha do produto.

2.3.2 Características do ambiente operacional (A2)

Essa segunda categoria a ser analisada para o levantamento dos fatores de influência no projeto (Quadro 3) visa declarar as configurações físicas e características do ambiente onde a máquina irá atuar para o cumprimento da tarefa pretendida.

Dalzoto (2009) reuniu informações relacionadas aos parâmetros agronômicos e operacionais que influenciam a colheita mecanizada da cultura do feijão em três regiões do Paraná. Entre esses fatores estão: o perfil dos produtores e áreas de cultivo; parâmetros agronômicos relacionados à colheita; fatores operacionais relacionados ao processo de colheita; e os principais problemas e adaptações realizadas nas máquinas.

A2 Características do ambiente operacional	Clima e ambiente
	Solo
	Planta
	Insumo
	Campo
	Acoplamento

Quadro 3 – Características do ambiente operacional da máquina
Fonte: Marini (2007).

A categoria é iniciada com a caracterização de **clima e ambiente**. A classe descreve as características ambientais onde a máquina irá operar, entre elas as coordenadas geográficas indicadas pela latitude e longitude, o regime de chuvas, faixa de altitude, umidade relativa, declividade do relevo, temperatura e velocidade dos ventos.

A segunda classe é referente às características do **solo** do local onde a máquina deverá operar. A classe caracteriza os solos fisicamente em razão de sua composição segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos fornecidos pela EMBRAPA. Identificando os elementos básicos dominantes, umidade, resistência à penetração, elementos de cobertura como a presença de pedras, massa de cobertura, relevo superficial, e textura.

Segundo Marini (2007), a classe relacionada à **planta** ganha mais importância quando a mesma é incluída como elemento processado, caso contrário deve ser caracterizada em termos da relação que possui com a máquina. Primeiramente, identifica-se o estado de desenvolvimento da planta relacionando à época de operação, dimensões e propriedades físicas da cultura. Posteriormente são identificados os elementos que serão processados pela máquina, sendo caracterizados quanto ao estado inicial e final durante a operação.

A classe de **insumos** declara as características dos elementos que são processados internamente à máquina. Segundo Marini (2007), insumo agrícola pode ser: a) fertilizante orgânico ou mineral; b) composto natural líquido; c) agrotóxico; d) quando processadas internamente, pode-se considerar plantas e sementes como insumos. A classe é iniciada com a identificação dos elementos, densidade, homogeneidade da mistura, e outras propriedades específicas de acordo com o caso.

A classe dos fatores de influência relacionada ao **campo** é iniciada com a identificação das dimensões físicas típicas do local de operação da máquina, seguido da definição e identificação da forma dos obstáculos presentes. Cabe ressaltar que os obstáculos de topo restringem a altura da máquina em relação ao solo. Em seguida, são identificados os espaçamentos entre linhas, trajetória da mesma e dimensões de cabeceira para realização de manobras.

A próxima classe dos fatores de influência relacionados à categoria das características do ambiente operacional é relacionada às questões de **acoplamento**. Essa classe define e identifica as formas de acoplamento que serão utilizadas para máquina. Para completá-la, são estabelecidos os graus de liberdade, capacidade de trabalho, sistema de alimentação energética e identificação dos recursos auxiliares.

2.3.3 Critérios de homologação (A3)

Os critérios de homologação correspondem à terceira categoria de fatores de influência da máquina agrícola. Essa etapa, que é resumidamente apresentada no Quadro 4, aborda os fatores que poderão restringir dimensões e configurações físicas do projeto da máquina. Essas restrições devem ser seguidas rigorosamente por se tratarem de exigências normativas para a homologação da máquina no mercado. Sobretudo, os regulamentos irão determinar a autorização para a comercialização do produto.

A3 Critérios de homologação	Dimensões físicas e acoplamentos
	Adequação ao processo
	Adequação ao controle
	Adequação à segurança

Quadro 4 – Classes dos critérios de homologação
Fonte: Marini (2007).

Alonço (2004) define restrições de segurança no projeto, e estabelece os fatores de influência na segurança das máquinas, apresentando um banco de dados sobre os aspectos de segurança em máquinas agrícolas que considera dados, informações e experiências que servem de apoio ao projeto.

Segundo Marini (2007), todas as classes relacionadas aos critérios de homologação devem identificar o local de origem da norma, a organização emissora e a disposição declarante do item ou procedimento exigido. Portanto, não são mencionados nas descrições das classes.

Os critérios de homologação iniciam com a definição das **dimensões físicas e acoplamentos**, que descreve os itens obrigatórios para homologação, dimensões especificadas pela norma, tolerâncias e graus de liberdade para o movimento.

A classe de **adequação ao processo** é relacionada ao desempenho operacional da máquina. Tais normas definem as formas de realização dos ensaios na máquina, procedimentos exigidos para execução do ensaio e os parâmetros de avaliação.

Na classe descrita como adequação ao processo, são identificadas as normas relacionadas ao desempenho operacional da máquina agrícola. Essas normas identificam as metodologias de ensaios que devem ser realizadas para avaliação da máquina quanto à eficiência, capacidade e adequação à tarefa.

A **adequação ao controle** define a configuração da máquina a favor da qualidade de uso, através de itens obrigatórios, facilidade de acesso e grau de esforço para acionamento e interpretação dos mecanismos.

Os requisitos de **adequação à segurança** descrevem as normas vigentes no mercado pretendido em relação aos quesitos de segurança da máquina, definindo itens mandatórios, segurança no acesso a locais de perigo e segurança da informação que caracteriza existência da informação e garantia de clareza na transmissão da mensagem.

2.3.4 Análise comparativa das máquinas disponíveis no mercado (A4)

A análise das máquinas disponíveis no mercado constitui a última categoria referente aos fatores de influência no projeto proposto por Romano (2003). A meta é conhecer as máquinas existentes, identificando as diferenças e os pontos em comum que elas possuem. Segundo Marini (2007), algumas características

importantes na análise comparativa referentes às características operacionais são a capacidade, a eficiência e a adequação das máquinas.

A capacidade está relacionada à produtividade da máquina; à eficiência relaciona a forma com que a energia é utilizada na realização da tarefa; ao grupo de adequação identifica se a máquina está cumprindo de maneira satisfatória o seu papel, estando relacionado à qualidade de execução da operação e possibilidade de controle (Quadro 5).

A4 Análise comparativa das máquinas	Dimensões físicas
	Acoplamentos
	Conversão primária
	Conversão secundária
	Capacidade de suprimento
	Capacidade de processo
	Adequação ao processo
	Adequação ao controle
	Adequação à segurança

Quadro 5 – Categoria de análise comparativa das máquinas existentes
Fonte: Marini (2007).

A primeira classe da categoria de máquinas existentes são as **dimensões físicas** e a massa das máquinas.

A classe de **acoplamentos** serve para máquinas acopladas e é capaz de identificar, entre outros fatores, os esforços máximos e transmissões de energia.

A **conversão primária** está presente em máquinas com fontes primárias de energia (motores). Nessa etapa são descritos: fontes de alimentação, recursos de aumento da capacidade e rendimento, potência, torque e consumo específico.

Na classe de **conversão secundária** são abordados os subsistemas de transmissão de energia para a máquina. Identificando as formas de transferência da energia e a ação final da máquina alimentada pelo conjunto de conversões secundárias. São consideradas as relações de transferência, velocidade e forma de seleção das velocidades. Por fim, são identificados os dispositivos que controlam o funcionamento do sistema, identificando sua capacidade energética.

A capacidade da máquina em transportar ou fornecer o elemento agrícola para o processamento é classificada como **capacidade de suprimento**. Na ocasião são identificados os elementos a serem processados, capacidade de fornecimento e

número de elementos. Também são identificados o número de ajustes e a capacidade de suprimento de produto.

A **capacidade de processo** descreve os órgãos que realizam o processo agrícola, identificando os tipos de órgãos, avaliando as dimensões totais úteis do conjunto, sendo classificados quanto à capacidade unitária, dimensões físicas e distância entre os órgãos. Por fim, é avaliada a faixa de velocidade de trabalho dos elementos.

Ao final da avaliação comparativa, faz-se uma análise quanto à **adequação da máquina ao processo**, ao controle e à segurança. Na adequação ao processo são identificados os princípios empregados pela máquina, forma de alimentação, ajustes, regulagens, e a qualidade da ação. Na classe de adequação ao controle, é avaliado o grau de controle que a máquina possui, através da identificação dos sistemas de intervenção e processamento; ações, interface, acesso, exigência e segurança no controle.

A última classe trata da **adequação da máquina à segurança**, onde são abordadas questões de segurança no funcionamento, segurança do operador e ambiente, segurança no acesso aos órgãos ativos e presença de informação em locais com potencial periculosidade.

METODOLOGIA

3.1 Análise das patentes de máquinas para colheita de feijão

A pesquisa baseou-se na análise das patentes de máquinas depositadas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial no Brasil, através de pesquisa no sitio do INPI (www.inpi.gov.br) onde foram realizadas análises nas concepções existentes, fazendo um estudo do estado da arte dessas máquinas.

Na pesquisa exploratória nas bases de patentes do INPI, dois métodos foram utilizados: pesquisa geral e pesquisa avançada. O método de pesquisa geral foi realizado por meio de busca por palavras chave; já para a pesquisa com o método de pesquisa avançada fez-se um estudo da organização através da Classificação Internacional de Patentes (IPC) que subdivide o conteúdo por seções. Dessa forma, a seção utilizada para a pesquisa foi A01D, onde A (Necessidades humanas), 01 (Agricultura), D (Colheita, Segadura), abrangendo na pesquisa apenas as máquinas para colheita.

Após a consulta, os resultados são apresentados por ordem de data do depósito, sendo que as patentes com data de depósito mais recente são mostrados no topo da lista. Clicando sobre o número da patente é possível acompanhar seu trâmite no INPI. Quando disponível, o resumo era lido antes da análise do documento por completo para que fosse possível identificar se o documento era realmente aquilo que estava sendo buscado. Para que fosse possível visualizar o documento por completo que, assim como o resumo, nem sempre era disponibilizado para consulta, o sistema encaminhava para outra página (lp.espacenet.com) onde estavam depositados os documentos completos das patentes. As patentes disponibilizadas foram analisadas e organizadas em quadros para serem apresentadas nesse trabalho.

3.2 Levantamento das plataformas existentes no mercado

Para o levantamento das plataformas de corte e recolhimento ou enleiramento do feijão foi realizada uma pesquisa com os fabricantes de colhedoras.

Para a realização da pesquisa, foi realizado um estudo prévio dos dados mais relevantes que seriam levantados das plataformas existentes no mercado. Esses dados foram agrupados na forma de questionário (Apêndice A) que serviu de base para a pesquisa.

Das máquinas existentes no mercado foram analisados:

- Acoplamentos mecânicos, hidráulicos e de potência;
- Sistemas de transmissão de potência;
- Características do sistema de corte utilizado (velocidade da barra de corte, tipo de sistemas utilizado, tamanho das facas, tipo de dedos utilizados, regulagens do ângulo de ataque da barra);
- Características relacionadas à capacidade de copiar as irregularidades do terreno (flutuação lateral, flexibilidade, seções da plataforma);
- Questões de campo, como velocidade de colheita, altura mínima de corte, larguras de corte disponíveis (esta última pode dar uma ideia do público alvo da empresa e dos clientes pretendidos);
- Kits para colheita de feijão;
- Molinete: características gerais e características dos dedos do molinete (distância, comprimento, material, inclinação);
- Transportador transversal: tipos, dimensões, regulagens.

A análise do mercado de máquinas incluiu consulta aos catálogos das máquinas, informações obtidas com técnicos ou engenheiros que trabalham nas empresas ou mesmo dos próprios donos das empresas. As informações que não puderam ser obtidas por esses métodos foram adquiridas por medições nas máquinas. Para as empresas que possuíam mais de um modelo de plataforma, foram realizadas medições em pelo menos dois modelos distintos sendo considerados apenas os maiores e menores valores encontrados.

Nos molinetes que possuíam número par de barras, a medição do diâmetro foi realizada de maneira direta; já os que possuíam um número ímpar, foram realizadas pelo menos duas medições entre barras diferentes, e o diâmetro foi obtido

por cálculos trigonométricos. O mesmo método foi também utilizado para as medidas de ângulos, como inclinação dos dedos, flutuação lateral e inclinação da barra de corte.

O comprimento dos dedos foi obtido por medição direta com paquímetro sendo considerado o comprimento a medida a partir da barra do molinete até a ponta dos dedos.

Nas medições do caracol, foi considerado o diâmetro do cilindro incluindo o helicóide. As demais medidas foram obtidas da forma direta.

Para a obtenção das medidas foi utilizado um paquímetro, capaz de realizar medidas de até 300 mm, de fabricação japonesa da marca Mitutoyo com resolução de 0,05 mm, e uma trena Thompson profissional de 5 m, com divisões de 1 mm.

Concluída essa etapa, os dados foram alocados em planilha do Microsoft Excel[®], sendo transformados em dados sobre o mercado das plataformas para colheita de feijão.

No caso de haver duas opções de itens na plataforma, esses foram avaliados separadamente.

3.3 Levantamento dos fatores de influência no projeto de uma plataforma

Para obter os fatores de influência no projeto de colhedora para feijão, foi realizado um estudo visando compreender o processo de pesquisa e obtenção dos fatores de influência propostas por Marini (2007).

Sabe-se que cada máquina agrícola tem uma finalidade e exerce um trabalho em particular. Dessa forma, foi considerada a utilidade de cada informação, sendo que os fatores relevantes no projeto proposto foram substituídos, descartados e acrescentados.

A modelagem proposta foi dividida conforme Figura 22, onde as categorias são subdivididas em cores para melhor identificação dos fatores de influência.

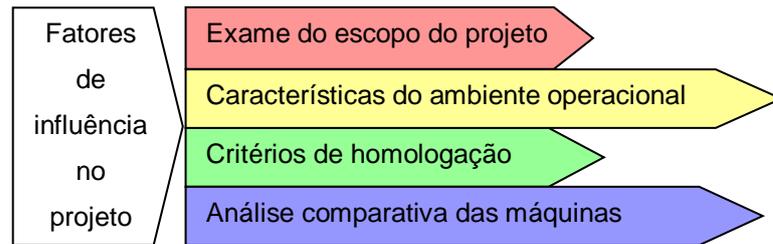


Figura 22 – Modelagem geral dos fatores de influência

Após o estudo dos fatores de influência no projeto e sua respectiva seleção das classes relevantes para a colhedora de feijão, foram também acrescentados itens que viessem a ter expressivo peso no projeto sendo buscadas as informações mais relevantes. Em se tratando de informações, para cada máquina agrícola, deve ser levada em conta sua utilidade no projeto.

Foram realizadas visitas a feiras agrícolas, dentre elas o Agrishow em Ribeirão Preto – SP e Show Rural em Cascavel-PR, sendo que esta se destaca pelo fato do estado do Paraná ser o maior produtor de feijão do Brasil. A metodologia englobou também a aquisição de informações com pesquisadores da área de produção de feijão e máquinas agrícolas, além de pesquisa com os fabricantes de máquinas. A estes, por sua vez, foi aplicado o questionário do Apêndice A e foram obtidos esclarecimentos a respeito das máquinas disponibilizadas para venda por sua empresa.

Modelagem das propriedades formadoras dos fatores de influência.

- Coletar informações a respeito de características da planta e demais fatores agronômicos;
- Levantar dados relacionados a problemas na colheita;
- Coletar informações a respeito do mercado (análise da concorrência e demanda dos clientes);
- Levantar normas e critérios de homologação.
- Análise comparativa das especificações técnicas dos sistemas de colheita disponíveis no mercado.

Um modelo dos quadros que são apresentados é genericamente apresentado no Quadro 6.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
1.1 Classe	1.1.1 Propriedade 1 da classe	Informação a	Detalhamento ou informações complementares
		Informação b	
	1.1.2 Propriedade 2 da classe	Informação x	
		Informação y	

Quadro 6 – Modelo de apresentação das informações

Cada quadro é composto pela classe, seguido das propriedades de cada classe. Na sequência, são apresentadas as informações referentes às propriedades e à descrição, onde é apresentado algum detalhamento ou complemento. As cores no cabeçalho identificam a categoria a qual as classes e propriedades pertencem, como apresentado anteriormente na Figura 22.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Patentes de máquinas para colheita de feijão disponíveis para consulta

Os registros de patentes podem ser apresentados nas formas de Patente de Invenção (PI) ou Modelo de Utilidade (MU) sendo que a muitos registros não se pôde ter acesso, provavelmente pelo fato da patente estar em processo de análise ou outros motivos que impeçam sua publicação. Dessa forma, estão aqui apresentados apenas aqueles os quais se teve acesso e estão disponíveis para consulta no sitio do INPI.

No Quadro 7, são apresentadas as patentes com características de realizar todas as etapas da colheita de uma só vez (corte, recolhimento, trilha e separação). Essas máquinas possuem a vantagem de realizar a colheita da cultura com apenas uma passagem na lavoura. Porém, necessitam de maiores cuidados, pois poderão ter aumentos significativos nas perdas tanto quantitativas, referentes à quantidade de produto que é deixado no campo ou que não puderam ser colhidos, quanto qualitativas, que estão ligadas às perdas por qualidade do grão, essas perdas poderão ocorrer devido a danos aos grãos ocasionados pelos órgãos ativos da máquina. As primeiras estão mais relacionadas ao sistema de corte e recolhimento, que muitas vezes não é capaz de fazer o perfeito recolhimento do produto. Nesse caso, se as vagens estiverem muito secas, também pode ocasionar a debulha das mesmas antes de entrar na máquina. Já as perdas qualitativas ocorrem geralmente dentro da máquina, principalmente no sistema de trilha e transporte. Nesse caso, as perdas são aumentadas quando as vagens de feijão são colhidas mais verdes. Imagens das máquinas do Quadro 7 são apresentadas no Anexo A.

Título da patente	Número da patente	Ano de depósito	Descrição
Implemento agrícola para colheita de cereais	PI 0504483-9	2005	Máquina agrícola que deve ser acoplada a um trator, sendo ligada à tomada de potência (TDP). Equipada com uma plataforma selecionada para colher pelo menos um dos seguintes cereais: milho, feijão, soja ou sorgo. O produto é depositado em um tanque graneleiro.
Máquina colhedeira para colher feijão molhado colher e secar	PI 0504695-5	2005	Conjunto que deve ser acoplado ao trator sendo seus mecanismos acionados pela TDP. O implemento possui um sistema de aquecimento de ar por gás butano para fazer a secagem dos grãos no momento da colheita.
Mini colhedeira de feijão	MU 6600822	1986	Máquina agrícola que deve ser acoplada a um trator e acionada pela TDP. O produto, após ser recolhido e passar pelos sistemas de trilha e limpeza, é ensacado.

Quadro 7 – Colhedoras com características de realizar todas as etapas da colheita

No Quadro 8 são apresentadas as colhedoras que possuem características de cortar ou arrancar os pés de feijão, deixando-os enleirados no campo para que se complete o ciclo de maturação dos grãos antes da trilha (imagens dessas máquinas encontram-se no Anexo B). Completado o ciclo de maturação, as plantas devem ser trilhadas. Como essa operação é geralmente realizada por trilhadoras, será necessária outra máquina para fazer a trilha das vagens.

Título da patente	Número da patente	Ano de depósito	Descrição
Sistema para corte e enleiramento de feijão	PI 0701818-5	2007	Modificação de uma plataforma de soja que é acoplada a uma colhedora motriz, que ao invés de conduzir o produto para o sistema de trilha, deixa os pés de feijão enleirados no campo.
Colheitadeira de feijão tipo carpideira	PI 9404196-2	1994	Máquina agrícola tracionada por trator ou animal, possui lâminas que trabalham abaixo da superfície da terra, realizando o corte das raízes das plantas logo abaixo do caule. A máquina deixa as plantas enleiradas na lavoura.
Ceifeira, recolhedeira e enleiradeira de cereais	PI 9102861-2	1991	Trata-se de uma máquina acoplada a um trator e acionada pela TDP que corta e direciona as plantas para a região central do equipamento, fazendo uma leira.
Implemento agrícola para colheita de amendoim e feijão	PI 9102501	1991	Realiza o arranquio através da prensagem das plantas entre pares de correntes, puxando-as para cima acompanhando o movimento do trator. Na colheita do feijão a máquina arranca as plantas deixando-as enleiradas na lavoura. Os mecanismos são acionados pela TDP do trator.

Quadro 8 – Colhedoras que cortam ou arrancam as plantas deixando-as no campo

Além de máquinas automotrizes e máquinas cortadoras enleiradoras, foram encontradas patentes de peças e pequenas modificações que podem ser adicionadas às colhedoras tradicionais, componentes e conjuntos considerados pelos depositantes mais eficientes e que devem substituir as peças tradicionais das máquinas colhedoras, ou simplesmente serem adicionados às máquinas para que seja aumentada sua eficiência.

As patentes de componentes que podem ser adicionados às colhedoras ou irão substituir peças que estão descritas no Quadro 9 visam à redução das perdas qualitativas, quantitativas ou ambas ocasionadas pela máquina. Ilustrações dessas máquinas no Anexo C

Título da patente	Número da patente	Ano de depósito	Descrição
Levantador de cereais articulado com regulagem de altura	MU 8801475-4	2008	Produto adaptável, que pode ser acoplado a todas as marcas e modelos de colhedoras. Levanta a cultura que está rente ao solo (difícil de ser cortada pelas navalhas da plataforma). Possui articulação e mola que acompanham o desnível do terreno. Visa reduzir as perdas quantitativas.
Disposição em conjunto de polias e correias para colheitadeiras	MU 8601466-8	2006	Conjunto de polias e correias destinado a reduzir a rotação do batedor e do cilindro de trilha para a colheita do feijão, reduzindo assim as perdas qualitativas dos grãos provocadas pelos sistemas tradicionais.
Chapa perfurada com vedação para fundo do canal alimentador de colheitadeiras com travamento rápido	MU 8601046-8	2006	Trata-se de uma chapa perfurada para uso no canal de alimentação das colhedoras. Quando a máquina estiver colhendo outras culturas, que não o feijão, os orifícios da chapa podem ser facilmente obstruídos com a inserção de um conjunto de chapas lisas logo abaixo da chapa perfurada. Aperfeiçoamento que visa obter um produto mais limpo, dessa forma, ligado às perdas qualitativas.
Disposição introduzida em alimentador de sistemas de trilha em colheitadeiras	MU 8500115-5	2005	Sistema que substitui os sistemas convencionais de alimentação, trilha e separação da colhedora. O sistema original é removido sendo inserido o novo sistema, supostamente menos danoso aos grãos e mais eficiente para o feijão que os existentes nas colhedoras tradicionais. O sistema visa reduzir perdas qualitativas e quantitativas provocadas pelo sistema de trilha e separação da máquina.

Quadro 9 – Componentes para serem adicionados ou substituir peças

As máquinas agrícolas que possuem características que não puderam ser incluídas no Quadro 7, Quadro 8 e Quadro 9 estão presentes no Quadro 10

Nesse caso, o primeiro modelo de utilidade (MU) designado pelo número MU8600964-8 contempla uma colhedora que não realiza o corte das plantas,

fazendo a trilha sem a necessidade de mover a planta do lugar. O modelo é um aperfeiçoamento de uma máquina desenvolvida em 2003 da qual não se teve acesso à patente original.

O segundo modelo pesquisado (MU7801088-8) é uma máquina agrícola que deve ser utilizada após o arranquio/corte e enleiramento das plantas na lavoura, completando a colheita realizada pelas máquinas citadas no Quadro 8. A máquina entra em operação quando completado o ciclo de maturação das vagens do feijoeiro na lavoura.

A terceira máquina trata da patente de invenção (PI9202621-4) de um cortador e juntador de feijão que, diferente das demais máquinas pesquisadas que deixam as plantas na lavoura para completar a secagem, deposita as planta em um reservatório para posteriormente ser transportado, possivelmente para um local onde será realizada a secagem e posteriormente a trilha do produto.

Imagens dessas máquinas são apresentadas no Anexo D.

Título da patente	Número da patente	Ano de depósito	Descrição
Aperfeiçoamentos introduzidos em colhedora por eixos rotativos com haste de impacto	MU 8600964-8	2006	Aperfeiçoamentos inseridos em um sistema de colheita de grãos diretamente das plantas (sem necessidade de cortar ou arrancar as plantas) os principais aperfeiçoamentos foram nos anéis autotravantes e fixadores de hastes com relativa flexibilidade.
Disposição introduzida em colhedeira de feijão e amendoim.	MU 7801088-8	1998	Trata-se de uma máquina para recolher feijão ou amendoim que já foram enleirados no campo. A máquina, que faz o recolhimento, trilha e separação, é tracionada por trator e acionada pela TDP.
Colheitadeira para feijão	PI 9202621-4	1992	Mecanismo acoplado ao trator que realiza o corte dos pés de feijão conduzindo-os a um depósito situado na parte posterior do trator.

Quadro 10 – Outras máquinas agrícolas utilizadas na colheita de feijão

Considerações sobre os resultados obtidos

A proteção conferida pela patente é necessária para que a invenção e a criação industrializável sejam de privilégio do depositante, para que o investimento realizado durante seu desenvolvimento tenha retorno seguro.

A pesquisa mostrou que muitas patentes existentes no INPI não se encontram disponíveis integralmente para consulta, devido ao fato de estarem em processo de análise, ou outros motivos que impeçam sua publicação.

Foram encontrados 14 depósitos disponibilizados para consulta junto ao registro de patentes. Neles, encontrou-se pequenas adaptações como levantadores de cereais, algumas mudanças em plataformas para colheita da soja, máquinas para arranquio e enleiramento, máquinas combinadas que realizam todas as etapas da colheita e máquinas com tecnologias diferenciadas, como foi o caso da colhedora com hastes de impacto que realiza a trilha na própria planta sem a necessidade de retirá-la da lavoura.

As principais invenções e aperfeiçoamentos têm como finalidade principal reduzir as perdas qualitativas e quantitativas de grãos, aumentando a eficiência da máquina.

O estudo mostrou que ainda há potencial de melhoria dos produtos voltados à colheita do feijão, muito embora sejam necessários investimentos em projetos de desenvolvimentos que resultem na oferta de tecnologias mais adequadas às demandas de mercado.

4.2 Análise das plataformas utilizadas para colheita de feijão

As plataformas de corte e recolhimento são muito utilizadas na colheita de feijão. Uma plataforma tradicional pode ser representada pela estrutura de decomposição apresentada na Figura 23. Nessa estrutura, pode-se observar os sistemas e subsistemas que compõem as plataformas de corte e recolhimento de plantas.

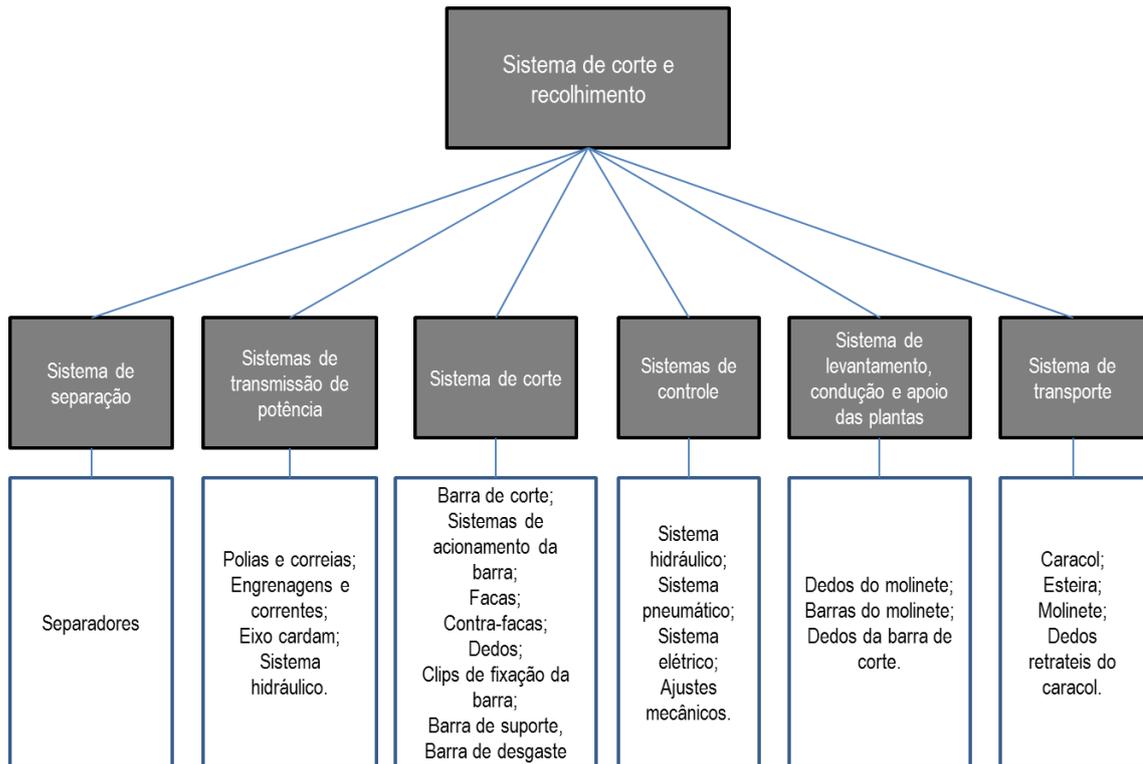


Figura 23 – Estrutura de decomposição de uma plataforma tradicional

Essa estrutura de decomposição serviu de base para a coleta de informações das plataformas existentes no mercado. Dessa forma, cada item avaliado das plataformas tem significativa importância no projeto de novas máquinas.

A análise das plataformas para o corte e recolhimento do feijão existentes no mercado revelou pouca variação nos sistemas utilizados, com algumas exceções como substituição do molinete, variações de transportador transversal e sistemas de facas que serão discutidos no decorrer do capítulo.

Foram consultadas dez empresas que fornecem sistemas de corte e recolhimento das plantas de feijão, sendo que em alguns casos foi analisada mais de uma plataforma de cada empresa. Essas máquinas, na sua maioria, apresentam poucas diferenças entre si. Embora tenham sido encontradas algumas máquinas com tecnologias um pouco diferenciadas.

Ao final da aquisição dos dados das máquinas, através da aplicação do questionário do Apêndice A, os entrevistados puderam dar sua opinião a respeito das características que uma plataforma deve conter para colher feijão da melhor maneira possível. Esses dados também foram agrupados e apresentados na forma gráfica.

4.2.1 Características gerais das plataformas

Em relação ao tipo de plataforma, não há dúvidas que as plataformas flexíveis são mais adequadas para a colheita de feijão. Porém, outro fator relevante é que muitas vezes uma plataforma pequena e rígida é capaz de copiar melhor o terreno que uma flexível com grande largura de corte. Isso explica o fato de que as plataformas rígidas existentes para a colheita de feijão são menores, e, analisando como um todo, observou-se que quanto maior a plataforma maior a flexibilidade. Isso deve ocorrer para que uma plataforma de grande porte possa ser capaz de copiar o terreno da mesma forma que uma de porte menor.

Dentre os desníveis que as plataformas flexíveis conseguem copiar, a que possui a menor flexibilidade consegue copiar terrenos com desníveis de até 100 mm. Já a que possui maior variação em sua flexibilidade é capaz de copiar até 200 mm de variação na altura do solo. Na média, a máxima variação possível que as plataformas do mercado conseguem copiar foi de 163 mm de desnível do solo. Como 75% dos modelos existentes no mercado são acima de 6 m de largura, é razoável que 80% das empresas ofereçam plataformas com barra de corte flexíveis, como pode ser observado na Figura 24

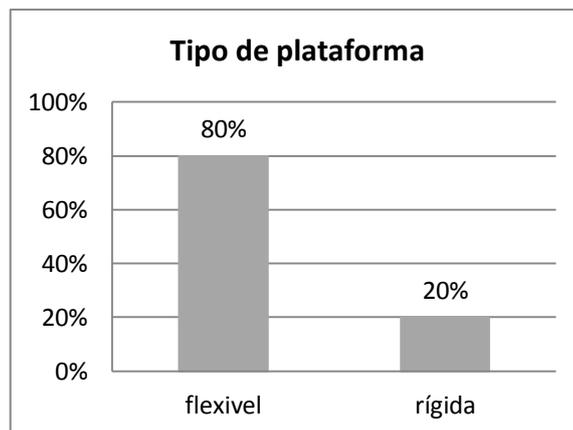


Figura 24 – Tipo de plataforma utilizada pelas empresas, quanto à flexibilidade da barra de corte

O número de seções do chassi torna-se mais importante à medida que aumenta o tamanho da plataforma. Essa opção de subdividir o sistema de corte e recolhimento diminui os riscos de fadiga dos materiais e facilita a manutenção e a

substituição de peças. Na colheita de feijão um chassi que possibilite uma inclinação de alguns graus para cada lado faz uma grande diferença na capacidade de contornar as ondulações do terreno em áreas com ondulações mais acentuadas, trazendo benefícios à colheita. Entre as plataformas que apresentam essa opção, o ângulo médio de movimento entre as seções do chassi é de 10 graus para cada lado. Na Figura 25 pode-se observar que, das empresas analisadas, 90% delas oferecem a opção de chassi inteiriço (possuem pelo menos uma plataforma com chassi inteiriço), enquanto apenas 40% das empresas possuem plataformas com chassi subdividido (possuem pelo menos uma plataforma com chassi subdividido em seções para comercialização).

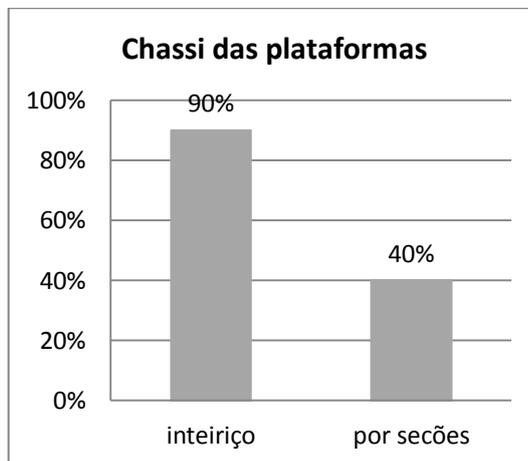


Figura 25 – Empresas que oferecem plataformas com chassi inteiriço e subdividido

O sistema de flutuação lateral da plataforma permite que a mesma trabalhe em um plano diferente do plano das rodas da máquina. Assim a plataforma estará sempre no mesmo plano do solo onde é realizado o corte da cultura, independente do nivelamento do restante da máquina (parte motora e/ou trilha), podendo assim, trabalhar mais rente a ele. Foram adquiridos dados de flutuação lateral de doze modelos de plataformas de nove fabricantes diferentes. Observou-se que na empresa que apresentou menor ângulo de flutuação lateral, sua plataforma pode inclinar 3,6 graus para cada lado, totalizando 7,2 graus de amplitude total, a empresa que apresentou maior amplitude de flutuação apresentou 30 graus para cada lado. Porém, a maior parte das plataformas apresentou flutuação lateral entre 8 e 10 graus. Embora o aumento da largura de corte aumente as dificuldades de

contornar a inclinação do terreno, não foi observada qualquer relação entre o ângulo de flutuação lateral e a largura de corte das máquinas.

O acoplamento mecânico é a parte que fixa a plataforma de corte à colhedora. Esse sistema é importante para que a plataforma possa ser facilmente acoplada a qualquer marca de colhedora, indicando certa padronização dos sistemas de acoplamento.

A Figura 26 mostra o resultado obtido da pesquisa com as plataformas existentes no mercado relacionado às questões de acoplamento da mesma à máquina. Observou-se que apenas três das dez empresas pesquisadas fabricam plataformas que são acopladas a outras colhedoras. Esses são fabricantes que produzem exclusivamente plataformas para serem adaptadas às colhedoras combinadas.

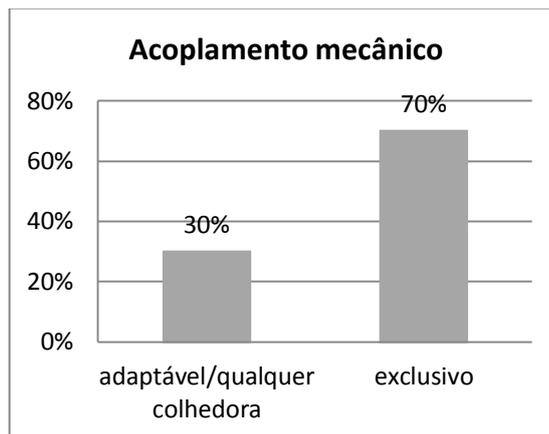


Figura 26 – Sistema de acoplamento da plataforma à máquina

Observou-se que os fabricantes consideram importante o uso de sistemas práticos e de fácil montagem/desmontagem do acoplamento hidráulico. Isso pode ser explicado pelo fato de todas as máquinas que usam esse sistema utilizarem engate rápido em suas conexões hidráulicas (Figura 27). Esse fato demonstra também que a plataforma de corte é uma seção bastante manipulada na colhedora, seja para fazer manutenção, ser substituída por outra, para se adaptar à cultura a ser colhida, ou para a utilização da máquina motora para outros fins, como é o caso das plataformas adaptadas ao trator. A figura mostra que dos dez fabricantes pesquisados apenas um deles não possui sistema de acoplamento hidráulico.

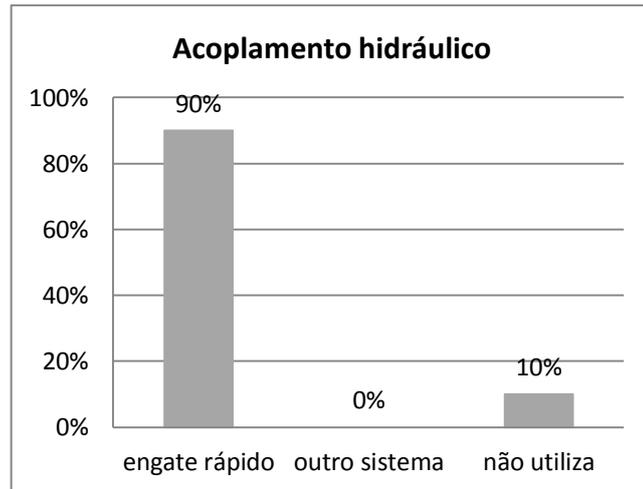


Figura 27 – Relação dos acoplamentos hidráulicos presentes nas plataformas

Para que a plataforma possa acionar seus mecanismos, precisa receber potência de uma fonte externa, já que não possuem motor próprio.

Pela facilidade e rapidez no acoplamento, boa segurança, e possibilidade de compensar o desalinhamento entre eixos, preservando o movimento³, o cardan oferece inúmeras vantagens, quando comparado ao sistema de correias. O resultado disso pode ser notado no gráfico da Figura 28 onde são apresentadas as formas de transmissão da potência para o acionamento principal da plataforma, sendo incluída nesse item, também, a forma de engate da potência. Dos fabricantes de máquinas, 90% deles utilizam cardan na transmissão da potência à plataforma. Observou-se que o sistema de transmissão por correia, que foi muito utilizado como acoplamento da potência da plataforma, está sendo substituído pelo cardan. Pois, apesar desse sistema ser muito eficiente e ainda estar presente na transmissão pelo canal alimentador, o acoplamento por eixo cardan é mais rápido, e possui as facilidades acima citadas.

³ A variação angular do movimento em relação ao ângulo de desalinhamento entre os eixos é apresentada por: BAINER, R.; KEPNER, R. A.; BARGER, E. L.. **Principles of farm machinery**. New York. John Wiley & Sons 1965. 571 p.

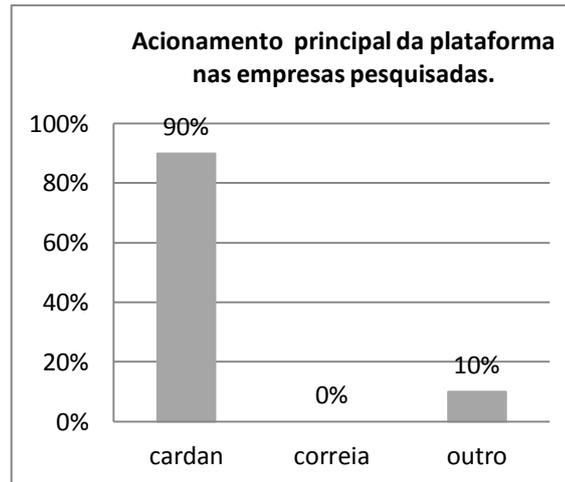


Figura 28 – Formas de transmissão de potência da máquina à plataforma

Dentre os sistemas de transmissão empregados pelas empresas nas plataformas pesquisadas, observou-se que prevalecem polias e correias e o eixo cardan, ambos utilizados por 90% das empresas (Figura 29). O sistema de polias e correias é muito utilizado provavelmente pela sua eficiência na transmissão, custo e pela opção de funcionar como um sistema de embreagem no caso de um embuchamento.

O eixo cardan é largamente empregado em lugares onde se faz necessária a compensação de pequenos desalinhamentos entre eixos, e pode haver frequentes acoplamentos/desacoplamentos entre os eixos, que é o caso da conexão da transmissão principal da plataforma à máquina.

Dos eixos cardan presentes nas plataformas, a grande maioria estão no sistema de acoplamento da mesma à máquina, sendo responsáveis pela transmissão principal da potência. Porém, há também uma pequena parcela que é utilizada em outros sistemas de transmissão na plataforma.

O sistema hidráulico é o terceiro mais utilizado pelas empresas no acionamento dos órgãos ativos da plataforma. Esse sistema vem tomando força nas máquinas atuais pela sua facilidade de regulagem e controle direto do posto do operador pelo operador da máquina ou por sistemas eletrônicos.

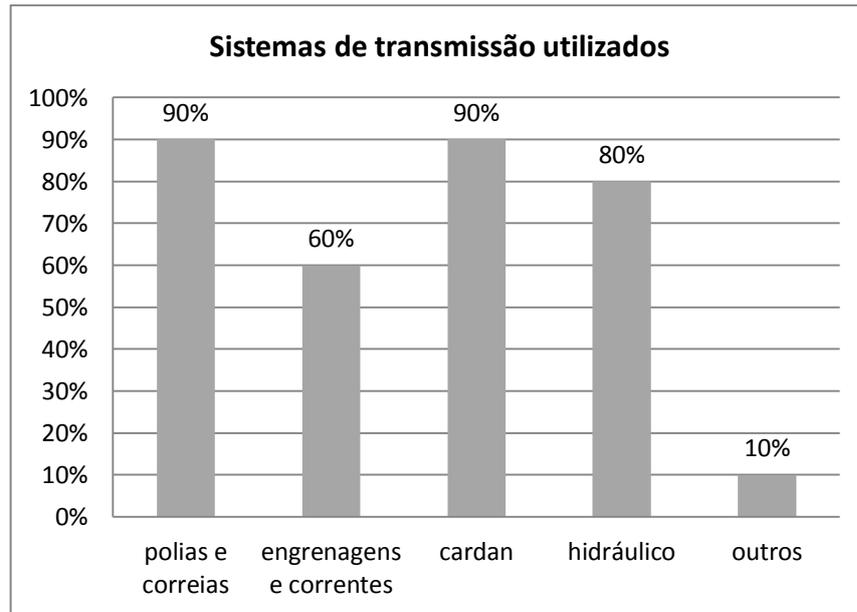


Figura 29 – Empresas que utilizam os correspondentes sistemas de transmissão nas plataformas

4.2.2 Subsistemas das plataformas

Dos seis subsistemas da Figura 23 foram obtidos dados dos seguintes de sistemas: de transporte; de levantamento, condução e apoio das plantas; e, sistema de corte.

Transportador transversal

Dentre as dez empresas fabricantes de plataformas para colheita de feijão, a relação dos sistemas para transporte transversal do material cortado está apresentada graficamente na Figura 30. Nela, pode-se observar que seis empresas possuem opção de plataformas com caracol, e oito possuem a opção de esteira para fazer o transporte das plantas cortadas até o local de destino, que na maioria das vezes é o canal alimentador da colhedora.

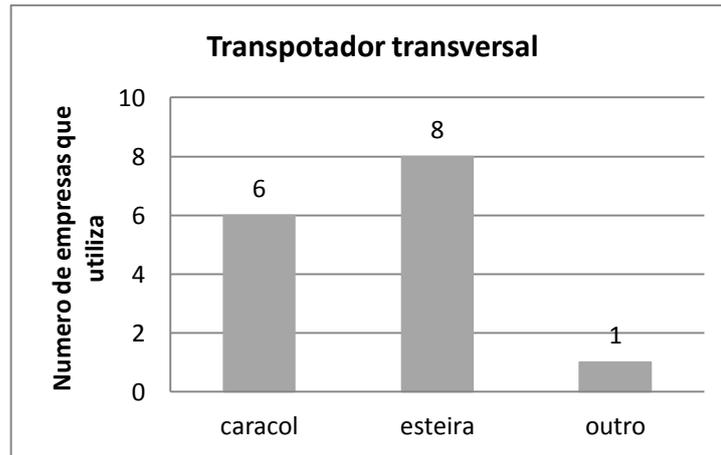


Figura 30 – Relação do número de empresas fabricantes de plataformas que utilizam o correspondente transportador transversal

Uma das empresas pesquisadas, no entanto, oferece um sistema composto por uma chapa que transporta as plantas arrastando-as sobre o solo (Figura 31). Pelo fato desse sistema não precisar transportar a planta a uma grande distância, é possível fazer o enleiramento da cultura sem a necessidade de utilizar um sistema ativo.

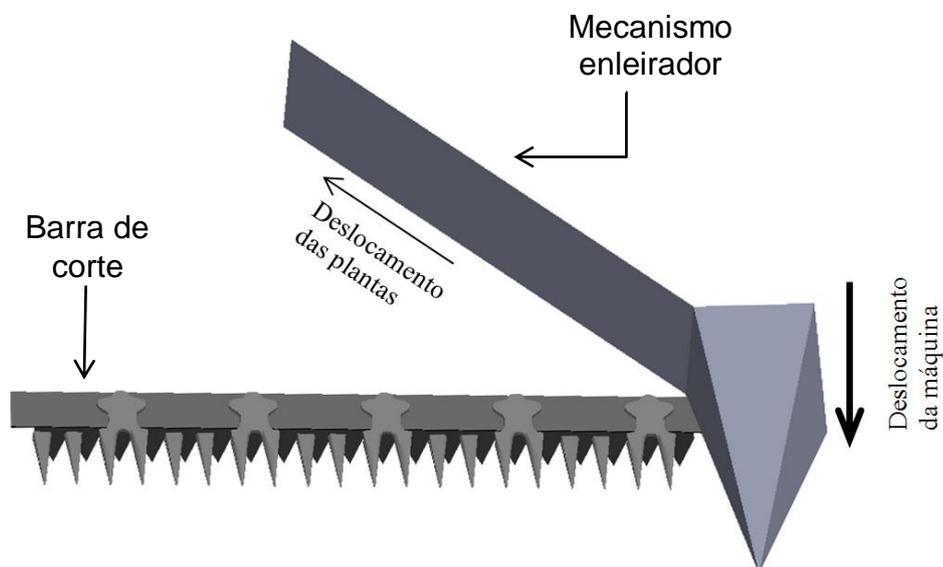


Figura 31 – Sistema de barra de corte com chapa defletora enleiradora

Caracol

Um dado importante do caracol são as dimensões e possibilidades de regulagem. Na Tabela 2 são apresentados os dados coletados em seis plataformas das seis empresas que possuem a opção de plataforma com caracol, onde as colunas representam cada característica pesquisada, e as linhas o valor máximo, mínimo e a média encontrada entre as seis plataformas.

Tabela 2 – Relação das dimensões e regulagens do caracol para os seis modelos de plataformas

	Diâmetro (mm)	Rotação (rpm)	Altura máxima (mm)	Altura mínima (mm)	Avanço máximo (mm)	Avanço mínimo (mm)
Menor	500	114	30	0	32	0
Maior	762	211	100	5	85	0
Média	631,0	149,0	59,6	2,0	58,6	0,0

Obs: Para os valores de altura e avanço foi considerado apenas os cinco modelos de plataforma que permitiram a regulagem.

Observa-se que as dimensões do caracol variam bastante entre as empresas, sendo que no estudo também foram encontradas variações, como por exemplo, do diâmetro do caracol, dentro da mesma empresa.

A rotação do caracol tem especial importância em plataformas para colheita de feijão. Sabe-se que se a rotação for muito alta poderá danificar as vagens e/ou arremessar boa parte dos grãos para fora da plataforma. Muitas empresas possuem várias rotações opcionais para o caracol da plataforma, porém algumas possuem uma única rotação disponível.

A variação da altura do caracol, segundo Moraes, Reis & Machado (2005), deve ser ajustada conforme o tipo de produto ou o volume de material que está sendo colhido. Já a variação do avanço, o caracol deve ser deslocado para frente em culturas de pequeno porte, muito secas e de fácil debulha. Esse caso é perfeitamente adaptado ao feijão.

Apenas em uma máquina não foi encontrado possibilidade de regulagem da posição do caracol. Sua altura foi de 14 mm em relação ao fundo da plataforma, e seu avanço em relação à posição mínima da chapa raspadora foi de 1,2 mm. Para não distorcer o resultado da pesquisa, na Tabela 2 essa plataforma foi incluída

apenas nos itens diâmetro e rotação do caracol não sendo incluída no cálculo das alturas (máxima e mínima) e dos avanços (máximo e mínimo), sendo que para estes foram considerados apenas as outras cinco plataformas.

Dentre as regulagens na altura e avanço no caracol, quando o mesmo é colocado em na posição mais alta, na plataforma que apresentou a menor altura o mesmo ficou 30 mm acima em relação ao fundo, enquanto a que apresentou maior altura, o caracol ficou 100 mm acima do fundo da plataforma. Quando o caracol é colocado na posição mais baixa, no modelo que apresentou a maior distância do caracol ao fundo da plataforma, essa distância foi de 5 mm, mostrando que em todas as empresas, é possível baixar bastante o caracol. Além disso, os dados indicam uma faixa alta de deslocamento vertical do caracol.

Quanto ao avanço, em todas as plataformas é possível encostar o caracol na chapa raspadora. Já o avanço máximo encontrado variou de 32 mm a 85 mm, em relação à chapa raspadora, sendo indicados na Tabela 2 pelo valor zero.

Esteira

Os transportadores transversais na forma de esteira possuem como única regulagem sua velocidade tangencial que normalmente é ajustada para ficar em torno de 10 km/h. Foram encontradas no mercado plataformas com uma, duas ou três esteiras, essas variando sua largura de 595 mm a 1.057 mm nas esteiras com função de transporte transversal da cultura.

Molinete

Em culturas muito acamadas, como é o caso do feijão, as características do molinete podem fazer muita diferença na redução de perdas na plataforma de corte. No momento da colheita esse sistema é responsável por levantar as plantas e transportá-las para dentro da máquina, junto ao transportador transversal, evitando que sejam jogadas para fora, saindo do alcance dos mecanismos de transporte. O molinete é capaz de transportar as plantas longitudinalmente em relação ao deslocamento da máquina, conduzindo-as ao transportador transversal.

Foram obtidos dados de rotação do molinete, número de barras, altura mínima, avanço e recuo em relação à barra de corte e características dos dedos como: tipo, espaçamento, dimensões e amplitudes possíveis de variação do ângulo de ataque.

Dentre as dez empresas consideradas (Tabela 3), quatro delas utilizam molinete com cinco barras, e cinco possuem molinete com seis barras, sendo que em uma das empresas as plataformas apresentaram molinetes com cinco ou seis barras. Existe também uma empresa que utiliza um mecanismo diferenciado que gira no sentido inverso ao sentido de giro do molinete tradicional, transportando as plantas pela parte superior. Outra empresa, simplesmente não utiliza molinete ou outro mecanismo ativo que transporte as plantas longitudinalmente no seu sistema de corte e recolhimento.

Tabela 3 – Características dos molinetes ou transportadores longitudinais oferecidos pelas empresas

Características do molinete	Número de empresas que oferecem
5 barras	4
6 barras	5
Sistema diferenciado ou inexistente	2

A altura mínima dos dedos em relação à barra de corte torna-se um item importante à medida que se trabalha com plantas de baixa estatura ou acamadas, como é o caso da colheita do feijão. Essa situação torna esse sistema essencial na melhoria do desempenho da máquina. O molinete deve ficar rente à barra de corte ou muitas vezes logo abaixo dela e deslocado um pouco para frente, pois não pode tocar na barra. Dessa forma, fazer o recolhimento das plantas evitando que as vagens sejam cortadas pela barra de corte. Moraes, Reis & Machado (2005), especificam que em plantas de porte pequeno o eixo do molinete deve ficar próximo à barra de corte e em plantas acamadas de 23 a 30 cm à frente da barra.

Na Tabela 4 é apresentada uma síntese dos resultados obtidos da posição do molinete em relação à barra de corte juntamente com as rotações disponíveis nas oito empresas que apresentaram o equipamento. Foi encontrada uma empresa que fornecia uma plataforma na qual a rotação do molinete não pode ser alterada, exceto por meio da substituição de polias. Esse molinete apresentava uma rotação fixa de 22 rpm. No entanto, a maioria das empresas apresentam molinetes com uma vasta

gama de regulagens, apresentando rotação mínima igual ou próxima de zero e rotação máxima de 70 rpm.

Tabela 4 – Rotação do molinete e posição em relação à barra de corte

	Altura mínima dos dedos em relação à barra de corte (mm)	Avanço (mm)	Rotações (rpm)
Menor*	0,0	-300	0
Maior	20,0	650	70
Média	3,7	165	30

*Na altura mínima do molinete não foram consideradas alturas negativas, portanto números negativos foram considerados como zero.

Para o cálculo do valor médio da altura mínima dos dedos em relação à barra de corte e o avanço do eixo do molinete, foi considerado um modelo de plataforma por empresa, sendo a média igual ao valor médio obtido entre as oito empresas que apresentaram plataformas com molinete.

Para o cálculo da rotação média do molinete e o avanço médio do eixo do molinete, o dado foi obtido fazendo-se a média entre o menor e o maior valor encontrado para rotação e posição do molinete nas oito empresas pesquisadas. Foi considerado um dado mínimo e um máximo para cada empresa. Para a empresa que não apresentou variação na rotação do molinete, a rotação máxima e a rotação mínima foram consideradas iguais.

Das oito empresas pesquisadas foram coletados rotações de molinete de onze modelos. O que apresentou menor variação na rotação do molinete, variou de 6 rpm a 44 rpm, e o que apresentou maior variação na rotação pode ter sua velocidade ajustada de 0 rpm a 67 rpm.

Dentre os materiais utilizados para a confecção dos dedos, todas as empresas pesquisadas utilizam dedos de material sintético (plástico) em plataformas para colheita de feijão, sendo que uma delas possui também a opção de dedos de aço. Os dados e características dos dedos do molinete foram coletados em dez plataformas diferentes, sendo pelo menos uma de cada empresa. Esses dados estão representados na Tabela 5, abrangendo comprimento, espaçamento e amplitude de inclinação máxima dos dedos.

Algo aparentemente simples como o espaçamento entre os dedos do molinete poderá fazer muita diferença no momento da colheita. Esse espaçamento poderá ser o principal item entre as máquinas que conseguem realizar a colheita com o menor índice de perdas na plataforma, e suas concorrentes.

Tabela 5 – Dados referentes aos dedos do molinete das plataformas

	Espaçamento entre dedos (mm)	Comprimento dos dedos (mm)	Inclinação (graus)
Menor	112	193	31°
Maior	152	266	72,5°
Média	143,7	234	47,78°

Não foi encontrado nenhum estudo sobre o melhor espaçamento entre os dedos do molinete para a colheita de feijão. E o fato de não haver muita diferença entre os espaçamentos obtidos poderá ser devido às empresas terem encontrado o espaçamento ótimo ou não estarem dando o devido valor a esse item, sendo que estão apenas seguindo o que já foi previamente estabelecido, talvez com experimentos em outras culturas. Observou-se também que os únicos dedos que apresentaram diferenças significativas no comprimento foram os dedos de metal. Entre os dedos de plástico observou-se a variação de comprimento entre 225 mm e 266 mm.

A questão do ângulo de inclinação dos dedos é importante no momento em que se deseja regular o molinete para plantas mais acamadas ou mais eretas, como especificado por Moraes, Reis & Machado (2005, p.45).

Um dado interessante está apresentando na Figura 32, onde pode ser observada uma grande variação na posição do molinete em relação à barra de corte de alguns modelos de plataforma. Essa variação ocorre entre as diferentes empresas ou até mesmo dentro da mesma empresa em diferentes modelos de plataforma.

No gráfico da Figura 32, o eixo vertical ($x=0$) representa a barra de corte sendo que no eixo horizontal encontra-se a distância em milímetros que o molinete pode ser ajustado em relação à barra de corte (eixo y). As barras horizontais representam o curso do molinete, ou seja, suas possíveis posições.

Foram tomados como exemplo 10 plataformas diferentes encontradas em oito empresas existentes no mercado para serem graficamente representadas e analisadas.

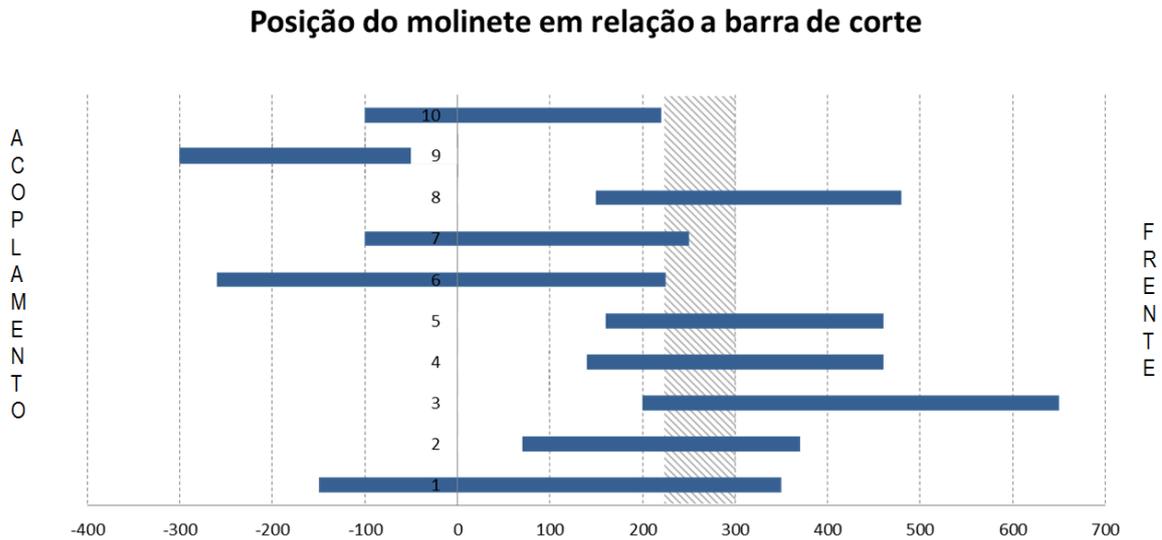


Figura 32 – Variações da posição do molinete de algumas plataformas pesquisadas

Observa-se uma grande diferença nas possíveis posições do molinete em relação à barra de corte entre as plataformas. Apesar dessas diferenças, não foi observada nenhuma relação da posição do molinete com qualquer peculiaridade das máquinas que pudesse justificar qualquer variação da posição de avanço do molinete em relação à barra de corte. Como exemplo, pode-se ressaltar que as plataformas número 8 e 9 utilizam esteira como transportador transversal da cultura. Mesmo assim, numa das plataformas o molinete possui apenas variações positivas (todas as posições situam-se à frente da barra de corte), podendo variar sua posição de 150 mm a 480 mm à frente da barra. Enquanto no outro modelo o molinete possui apenas posições negativas em relação à barra (todas as posições encontram-se na posição posterior à barra de corte), podendo sua posição ser ajustada de modo a ficar 300 mm atrás da barra de corte (-300 mm) e o mais à frente possível ficaria 50 mm atrás da barra (-50 mm).

Essas peculiaridades podem fazer questionar se há algum método utilizado pelas empresas para o posicionamento e projeto desse sistema tão importante na eficiência do corte e recolhimento de produtos agrícolas, em especial o feijão.

Além da diferença nas variações da posição do molinete entre as plataformas, algumas delas não são capazes de atender às regulagens estabelecidas por Moraes, Reis & Machado (2005, p.45), (área hachurada da Figura 32) em que recomendam que o molinete deva ser posicionado, em plantas de pequeno porte, o mais próximo da barra de corte, e em culturas acamadas o eixo do molinete deve estar de 23 a 30 cm à frente da barra de corte (ambos os casos enquadram-se com as plantas de feijão, pois se tratam de plantas de baixa estatura e que geralmente encontram-se acamadas).

Barra de corte

O sistema de facas é responsável pelo corte das plantas. Se esse sistema não funcionar corretamente ou não for apropriado, poderá causar excessiva agitação na planta, causando a debulha antecipada das vagens, sendo considerado ineficaz para o corte da cultura.

Apesar de haver pequenas diferenças nos sistemas de facas entre os fabricantes, basicamente dois tipos de facas serrilhadas foram encontrados nas máquinas para colheita: sistema de facas de 76,2 mm (3") e sistema de facas de 50,8 mm (2").

O sistema de 76,2 mm (3") é o mais comumente utilizando nas colhedoras e está apresentado na Figura 33; outro sistema é o sistemas de facas de 50,8 mm (2"), que podem ser vistos na Figura 34, esse sistema possui duas variações, o sistema de facas duplas (a) e facas simples (b).

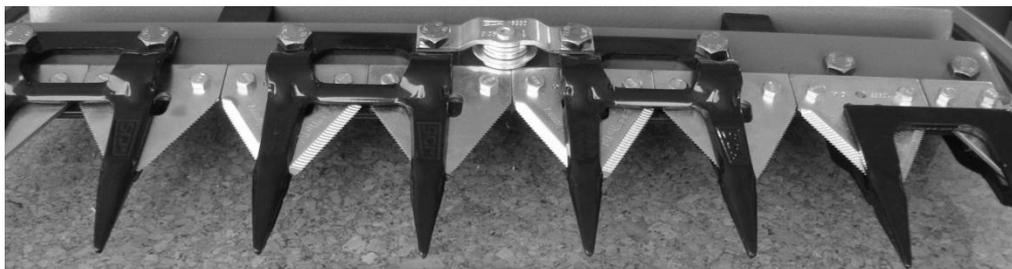
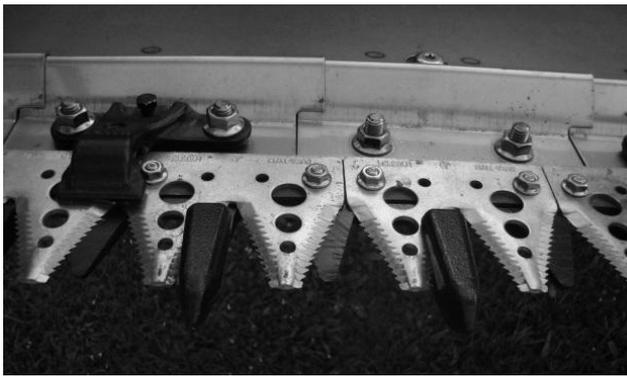


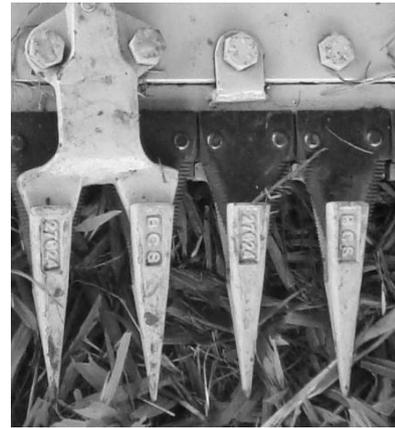
Figura 33 – Barra de corte com sistema de dedos e facas de 76,2 mm

Apesar do sistema de facas de 50,8 mm (2") ser muitas vezes considerado pelos fabricantes como de 101,6 mm (4") pelo fato de alguns fabricantes fornecerem facas duplas (duas facas unidas na mesma peça), os dados estão aqui

representados como facas de 50,8 mm (2") pelo fato das facas consideradas de 101,6 mm terem o mesmo deslocamento máximo entre duas contrafacas (50,8 mm); possuírem o mesmo deslocamento máximo da cultura até a contrafaca; gerarem o mesmo ângulo de corte em relação a contrafaca; e, possuírem as mesmas dimensões apesar de serem unidas de duas a duas.



(a)



(b)

Figura 34 – Facas da navalha de 50,8 mm, onde: (a) facas duplas; (b) facas simples, com dedos duplos

O sistema de facas de 76,2 mm gera maior rendimento em culturas com caule mais espesso e resistente ao corte. Esses tipos de caule exigem maior esforço para serem cortados. Já o sistema de facas de 50,8 mm é aconselhado para culturas de caule mais macio e menos resistente. Isso ocorre porque o sistema de 76,2 mm gera um ângulo de ataque entre as facas e as contrafacas de aproximadamente 35 graus, necessitando um maior deslocamento das facas para completar o corte. Dessa forma, a faca passa a atuar como um serrote. Já o sistema de 50,8 mm realiza o corte da cultura, formando um ângulo entre as facas e contrafacas de aproximadamente 25 graus. Esses ângulos, de ambos os sistemas de facas, podem variar de acordo com os tipos e dimensões dos dedos e do local de apoio das navalhas, onde se encontram as contrafacas.

Por gerarem um menor deslocamento máximo das culturas, as facas de 50,8 mm podem causar menor movimentação nas plantas no momento do corte, podendo ser mais adequadas para a cultura do feijão. O fato dessas navalhas não estarem presentes na maioria das máquinas utilizadas para o feijão poderá estar na baixa

versatilidade da colhedora com o uso dessas navalhas, baixa aceitação do mercado, ou questões de fabricação e fornecimento.

A Tabela 6 apresenta os sistemas de facas que são utilizadas para o corte das plantas de feijão nas plataformas existentes no mercado. Nela pode-se observar que nove das dez empresas pesquisadas fornecem plataformas com facas de 76,2 mm de espaçamento. Enquanto apenas três das dez empresas possuem a opção de facas com 50,8 mm de espaçamento entre si. Dessas, apenas uma delas utiliza exclusivamente as facas de 50,8 mm em suas plataformas.

Tabela 6 – Empresas que utilizam os dois sistemas de facas disponíveis no mercado

Tipo de faca	Número de empresas que utilizam
76,2 mm	9
50,8 mm	3

Em relação à distância entre os dedos da barra de corte, há ainda outra variação, pois algumas empresas apresentam as facas de 50,8 mm com dedos intercalados, ou seja, um dedo a cada 101,6 mm, sendo que entre dois dedos há apenas uma contrafaca que também serve de apoio para as lâminas e no corte da cultura. Cada peça desse sistema, na barra de corte, possui três contrafacas e um ou dois dedos, que são colocados de modo intercalados, como é apresentado na Figura 35. Nesse sistema, os dedos não são individuais e sim funcionam como um conjunto (sendo o conjunto, composto por uma peça com dois dedos e outra com um dedo). Apesar desse sistema possuir três contrafacas por peça, todos os fabricantes informaram que utilizam o sistema de dedos duplos na barra de corte.

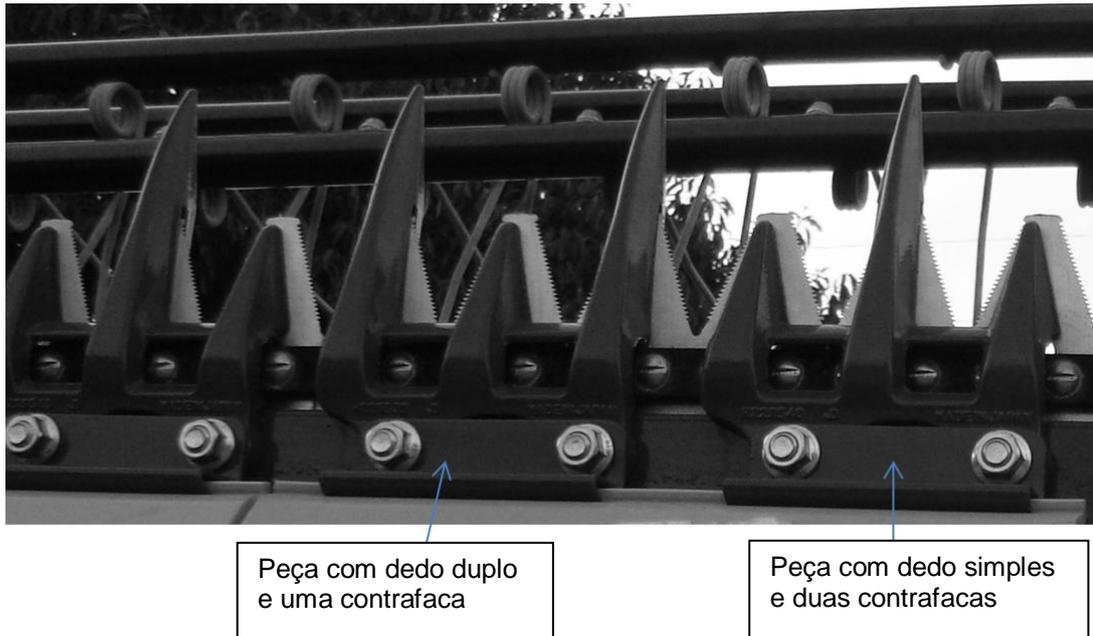


Figura 35 – Conjunto formado por duas peças compondo os dedos da barra de corte

Entre as 10 empresas pesquisadas, observou-se que a grande maioria, sete delas, possuem exclusivamente dedos com espaçamentos de 76,2 mm; uma delas fornece exclusivamente dedos com 50,8 mm de espaçamento. As outras duas empresas oferecem duas opções de espaçamento entre os dedos.

Pode-se também afirmar que todos os fabricantes que utilizam as tradicionais facas de 76,2 mm utilizam também esse espaçamento entre os dedos na barra de corte. Contudo, isso não é observado com os fabricantes que utilizam facas de 50,8 mm, pois estes estão divididos entre 50,8 mm e 101,6 mm de espaçamento entre os dedos.

4.2.3 Kits para colheita de feijão

Kits são conjuntos de acessórios que são acrescentados ou substituídos nas máquinas com a finalidade de adaptá-las, ou melhorar sua eficiência para colher um produto específico. Entre os dez fabricantes de máquinas que afirmaram que sua plataforma é capaz de colher feijão, apenas 40% oferecem kits para a colheita a serem utilizados na plataforma. Os demais, ou os kits não são utilizados na

plataforma, ou consideram a máquina como específica para o produto, ou salientam que a mesma colhe o produto sem a necessidade do uso de kits.

Dos fabricantes que oferecem kits (Figura 36), 75% deles incluem nos kits os dedos levantadores de culturas, e todos os que oferecem os kits para a plataforma, incluem no kit a chapa perfurada que deve ser utilizada no fundo da plataforma em substituição à chapa lisa para diminuir a quantidade de terra que entra na máquina. Essa chapa possui pequenos orifícios que deixam a terra passar, segurando os grãos e transportando-os para o interior da máquina.

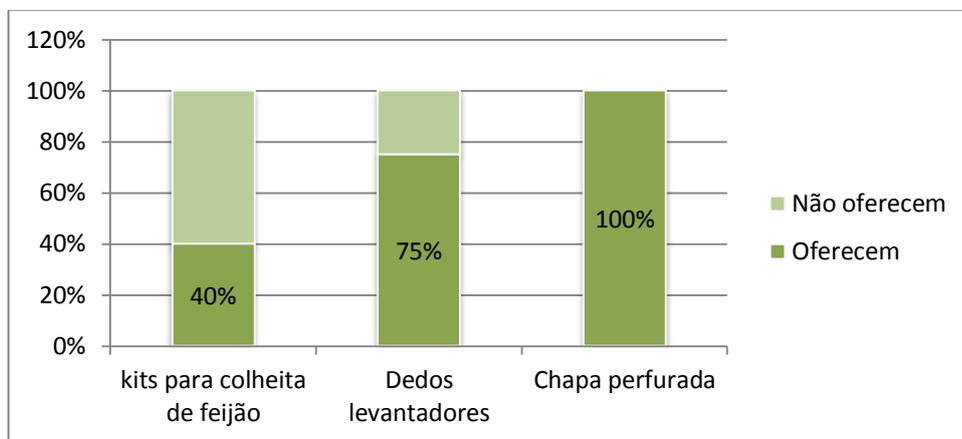


Figura 36 – Oferta de kits para colheita de feijão pelos fabricantes de plataformas

4.2.4 Dimensões físicas

Entre as 10 empresas pesquisadas, ao todo oferecem 48 modelos de plataformas disponíveis em 18 larguras de corte, essas podendo variar de 0,8 m a 13,72 m de largura de corte. A análise de mercado revelou uma maior oferta pelos fabricantes de plataformas de grandes dimensões, sendo que as plataformas com largura de corte acima de 6 m representam 75% dos modelos disponíveis para venda, como apresentado na Figura 37. Na figura também pode ser visto que apenas 8% das plataformas ofertadas possuem menos de 4 metros de largura de corte.

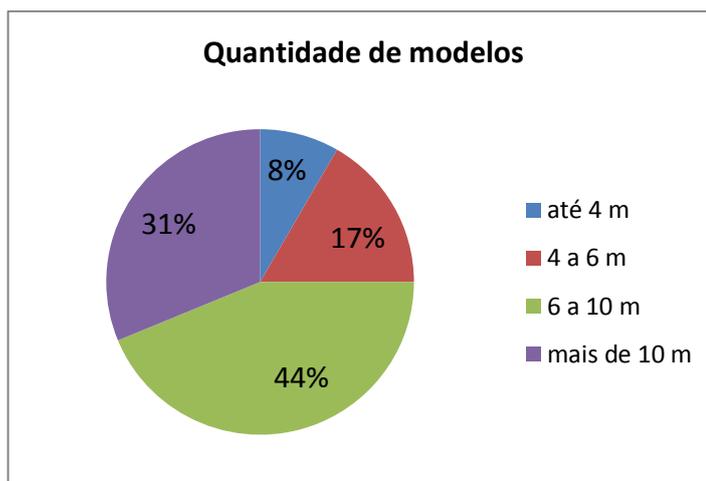


Figura 37 – Modelos de plataformas ofertadas pelos fabricantes

Grandes companhias tendem a possuir uma gama maior de ofertas de máquinas e são voltadas principalmente para grandes produtores.

A Figura 38 apresenta o percentual de empresas que produzem as plataformas com as diferentes larguras de corte, especificadas no eixo horizontal. Nela pode-se observar que as larguras de corte mais abrangidas pelos fabricantes de plataformas para feijão encontram-se entre 6 m e 10 m de largura, sendo que 90% deles fabricam essas medidas de plataforma. Porém, apenas 30% das empresas fabricantes de plataformas para colheita de feijão fabricam máquinas com largura de corte inferior a 4 m. Já com relação às que produzem plataformas com mais de 10 m de largura de corte, percebe-se que 70% das empresas produzem tais plataformas.

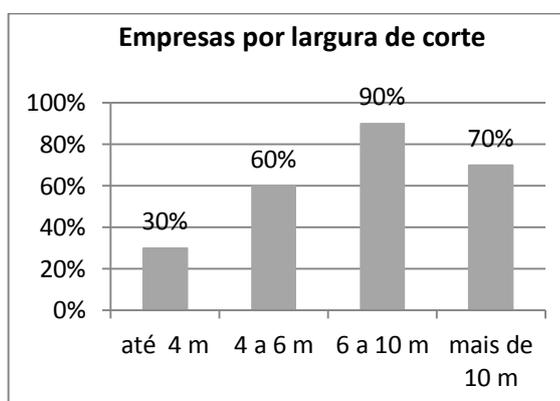


Figura 38 – Percentual de empresas que produzem determinada largura de corte

Ao final da pesquisa, um entrevistado de cada empresa pode dar sua opinião a respeito das plataformas. Os fabricantes foram questionados sobre as características necessárias para que uma plataforma de corte seja utilizada para colher feijão. As respostas foram bastante variadas, como mostra a Tabela 7, porém a maioria encontrou soluções já existentes. Como é o caso da resposta mais citada (possuir plataforma flexível), que representa 20% das respostas. Esse tipo de resposta limita a solução do problema real (mínima altura de corte, representada por 13% das respostas) a uma solução já encontrada que é a plataforma flexível, fechando o caminho para novas soluções alternativas.

Tabela 7 – Resposta dos fabricantes de máquinas

Possuir plataforma flexível	20%
Possuir chapa perfurada/mínimo de terra	17%
Mínima altura de corte	13%
Mínimo impacto/debulha	13%
Outras respostas	13%
Relacionadas à regulagens	10%
Flutuação lateral	7%
Sistemas para erguer a planta	7%

O item “possuir chapa perfurada na plataforma/mínimo de terra” representa 17% das respostas, e inclui todas as respostas de fabricantes que especificaram a solução (chapa perfurada na plataforma) e fabricantes que não especificaram a solução (deve entrar o mínimo de terra para dentro da máquina).

Quanto às respostas relacionadas ao item “mínimo impacto aos grãos ou mínima debulha”, esse representou 13% das respostas. A esse item não foi apresentada nenhuma solução pronta.

As respostas ligadas a possuir sistema de flutuação lateral (7%) e relacionadas a regulagens (10%) também não incluem soluções alternativas como meio de redução de perdas na colheita.

Os 7% representados por respostas ligadas a sistemas para erguer a planta, incluem fabricantes que apresentaram soluções existentes como é o caso dos dedos levantadores de culturas. Porém, também estão inclusas respostas como: possuir sistemas para erguer a planta, esse tipo de resposta faz com que o projeto de uma

máquina fique aberto a novas ideias e não restritos aos sistemas tradicionais utilizados.

Considerações finais

Pôde-se perceber, com a análise de mercado, que a maioria das plataformas fornecidas pelos fabricantes não são intercambiáveis entre as diferentes empresas, e mesmo os fabricantes que produzem exclusivamente plataformas, estas precisam de certas adaptações dependendo da marca da colhedora que se pretende usar.

Quanto ao tipo, o aspecto divisão por seções é ainda pouco difundido entre as plataformas, visto que muitos fabricantes ainda não oferecem essa opção em seus produtos. Já no quesito flexibilidade da barra, as empresas demonstraram interesse nessa tecnologia, pois muitas delas oferecem plataformas com barras flexíveis, sendo que as que não oferecem são plataformas de pequenas dimensões, onde essa tecnologia gera pouco ou mesmo não traz nenhum benefício na colheita.

A questão de subsistemas das plataformas mostrou uma tendência da utilização de caracol como transportador transversal do material colhido, porém há uma tendência do uso de esteira, embora seja mais observado em plataformas maiores (acima de 12 m), esse sistema é encontrado também em plataformas de menor porte (4 m, por exemplo).

O molinete, embora comumente utilizado na maioria das plataformas, não é encontrado em alguns modelos. Estes se utilizam de outros mecanismos em substituição do molinete, ou mesmo não utilizam.

Há basicamente dois tipos de navalhas de corte utilizadas nas plataformas, que são empregadas para o feijão, assim como para outras culturas, considerando as observações comentadas no capítulo.

Quando é comparado o número de empresas que atuam no setor de produção das plataformas, observa-se que 90% delas produzem plataformas com larguras de corte que variam de 6 a 10 m. Esse fato pode ser explicado pela Figura 40, (p.100) que representa a relação tamanho da máquina e viabilidade.

Um número bastante grande de respostas dos fabricantes estão relacionadas a sistemas já desenvolvidos e encontrados no mercado, isso demonstra que quando suas máquinas necessitarem de alguma melhoria, esse irá recorrer a soluções já existentes.

O exemplo tomado com dez plataformas existentes no mercado demonstra espaço para otimização dos projetos das plataformas atualmente comercializadas.

4.3 Fatores de influência

Os resultados da análise dos fatores de influência no projeto de plataformas para colheita de feijão abrangem quatro classes principais: exame do escopo, ambiente operacional, critérios de homologação e análise comparativa das máquinas disponíveis no mercado. O objetivo é classificar toda e qualquer informação relacionada à cultura do feijão, de modo a oportunizar à equipe de projeto o conhecimento necessário, que possa contribuir para o desenvolvimento da máquina ou de parte da mesma. Tal conhecimento produz influência no produto final quando utilizado na fase de projeto informacional. Qualquer desenvolvimento que omita tal fase amplifica os riscos de uma possível solução não atender aos requisitos dos clientes, que por sua vez motivam e justificam a realização do projeto.

Um estudo prévio das máquinas foi realizado para se seja possível identificar as melhores oportunidades, comparando-as com os requisitos dos clientes e demais fatores de influência no projeto.

4.3.1 Considerações iniciais

Da análise dos sistemas de colheita do feijão, depreende-se que há uma tendência de aumento do índice de mecanização com o aumento da tecnologia embarcada nas máquinas (Figura 39). Tecnologias essas, que derivam dos projetos das máquinas e que são consequência da aquisição de dados a respeito da cultura. Na Figura 39 pode também ser observado que após certos limites é preciso um aumento bastante significativo de tecnologias e aquisição de dados para que o índice de mecanização tenha um pequeno aumento.

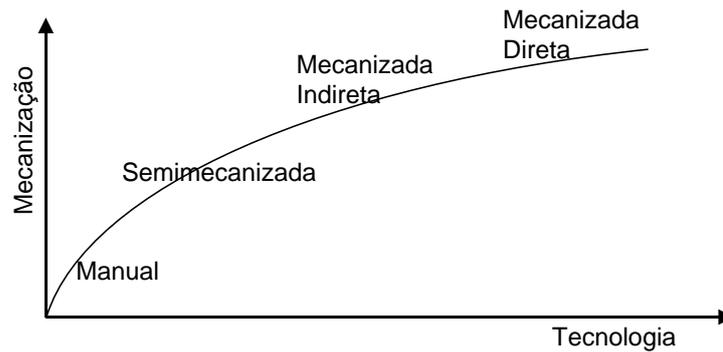


Figura 39 – Relação da tecnologia e o índice de mecanização da colheita

O tamanho da máquina influenciará de forma significativa no projeto, pelo fato de existirem fatores limitantes das dimensões dessas máquinas. Dentre esses fatores podem-se citar como exemplo as características de dimensões da fábrica e das máquinas envolvidas no processo de fabricação, questões de transporte e logística, e questões relacionadas aos requisitos de projeto, conforme descrito a seguir.

Para que a máquina possa atender aos clientes, ela deve ser projetada de modo a satisfazer suas necessidades. Quando a máquina é muito pequena, poderão ocorrer problemas como a redução da eficiência de trabalho, e aumento dos custos.

Dessa forma, pode-se dizer que máquinas agrícolas com proporções muito pequenas podem não ser viáveis economicamente, tanto para a empresa fabricar, como para o agricultor adquiri-las, pois os custos seriam muito elevados. Da mesma forma, quando a máquina agrícola tiver dimensões muito grandes, poderá ocorrer uma série de complicações que acaba por tornar inviável o aumento das dimensões dessas máquinas agrícolas.

Tem-se, portanto, que uma máquina agrícola deverá ter um tamanho ideal, assim como um tamanho mínimo e máximo para o qual se torna eficiente no exercício da operação. Dessa forma, podem-se detalhar as dimensões das máquinas agrícolas por meio do gráfico da Figura 40. A figura representa que a máquina agrícola possui um tamanho mínimo que torna viável economicamente sua construção. Aumentado o tamanho da máquina, chega-se a uma faixa de tamanho que é considerada ótima. Após essa faixa, o aumento do tamanho da máquina começará a trazer prejuízos até um ponto em que o prejuízo seja maior que o benefício oferecido, inviabilizando sua construção.

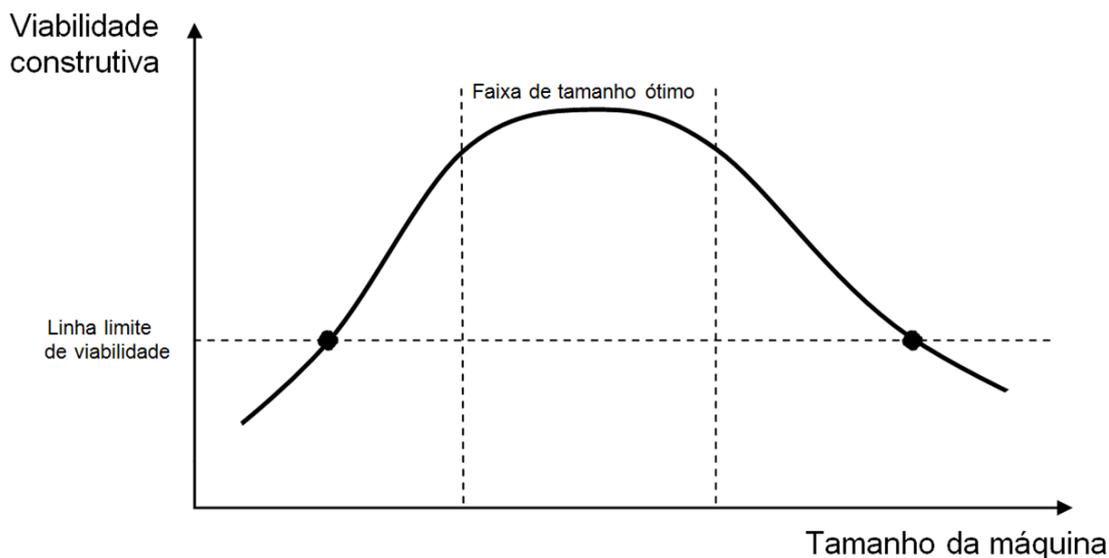


Figura 40 – Viabilidade em função do tamanho da máquina agrícola

Também, pode-se dizer que a viabilidade construtiva pode ser representada, nesse gráfico (Figura 40), como viabilidade de custos, já que um produto torna-se viável economicamente quando um investimento venha a causar um benefício significativo para a empresa, seja ela fabricante de máquina ou empresa rural, que utiliza as máquinas. Como no longo prazo todos os custos são variáveis, a construção de uma máquina torna-se inviável quando seu custo é extremamente alto em relação ao benefício que ela trará. Isso pode ocorrer em máquinas muito pequenas, onde o custo de fabricação dessas máquinas tenha pouca diferença do custo das máquinas médias, sendo que o desempenho no campo das máquinas menores é inferior. No caso de máquinas muito grandes, essas podem ter uma série de motivos pelos quais torna inviável sua produção. Dentre esses, motivos citam-se: um alto investimento no maquinário da fábrica; pouca demanda; elevado custo final da máquina; problemas de transporte e armazenamento; na lavoura pode apresentar problemas no traslado, mobilidade, manobras, compactação do solo, superdimensionamento das outras máquinas da propriedade para suportar a capacidade da máquina, dificuldade de manuseio das peças para manutenção, etc.

Além desses fatores que estabelecem os limites de tamanho das máquinas, a faixa de tamanho ótimo poderá variar também conforme as tecnologias disponíveis.

Além disso, fatores externos poderão interferir de forma a deslocar a linha ou mesmo mudar sua trajetória, como por exemplo, os subsídios governamentais de apoio à agricultura familiar, os quais bancam parte dos custos de aquisição das máquinas de baixa potência.

4.3.2 Exame do escopo do projeto (A1)

O exame do escopo é composto por sete classes diferentes, cada uma abordando suas respectivas propriedades. As classes tratam de características do meio operativo e operação agrícola, da capacidade energética e o conhecimento de projeto sobre o problema.

O sistema de cultivo para a definição do escopo de um sistema de coleta de feijão compõe a primeira classe e é apresentado no Quadro 11. A classe define a propriedades da espécie e do meio onde é cultivada.

(Continua)

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
1.1 Sistema de cultivo (cultura)	1.1.1 Mercados pretendidos	Sul	RS, SC, PR
		Sudeste	SP, RJ, ES, MG
		Centro-oeste	GO, DF
		Nordeste	MA, PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA
		Norte	Não significativo.
	1.1.2 Espécies de interesse	Principais espécies de feijão cultivadas no Brasil	Feijão comum e feijão caupi; feijão preto e feijão carioca, com porte semiereto a semiprostrado, hábitos de crescimento tipos I, II e III.
	1.1.3 Época de safra	1º Safra	Novembro a Abril (RS, SC, PR, SP, MG, ES, GO, BA, PI, MA)
		2º Safra	Abril a Julho (RS, SC, PR, SP, MG, ES, GO, MT, MS, RO, PE, PB, RN, CE, MA, PA)
		3º Safra	Agosto a Outubro (SP, MG, GO, BA, SE, AL, PE, CE).
	1.1.4 Configuração física	Cultivo em linhas	Plantas de baixa estatura e próximas ao solo, com espaçamento médio em torno de 0,5 m.
		Densidade de sementeira	6 plantas/m ² . Recomendações agronômicas estabelecem 4 a 9 plantas/m ² .
	1.1.5 Produtividade	950 kg/ha	Produtividade média do Brasil.
		3.000 kg/ha	Regiões de alta produtividade.

(Conclusão)

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
	1.1.6 Sistemas de plantio	Sistema convencional	Semeadura após o preparo do solo por inversão e deslocamento. Solo sem cobertura.
		Cultivo Mínimo	Semeadura após o preparo do solo com utilização de escarificador e, por vezes, grade niveladora para controlar invasoras. Solo parcialmente coberto.
		Sistema direto	Semeadura e adubação diretas no sulco. Sem revolvimento do solo.
1.1.7 Operação executada	Coleta das plantas ou parte de interesse	Realização do corte e recolhimento da cultura por meio da utilização de máquinas apropriadas ou de forma manual.	

Quadro 11 – Sistema de cultivo para definição do escopo do sistema de coleta de grãos

Com relação aos mercados pretendidos, foram considerados os locais com maior concentração de produção de feijão por área nos estados brasileiros. Essa identificação teve como principal meio a identificação visual através do mapa de produção presente na Figura 41. Pôde-se constatar também que a safra de maior produção é a primeira, onde a produção se concentra principalmente no sul do País. O mapa composto pela união das três safras foi apresentado na Figura 4, (p.30).

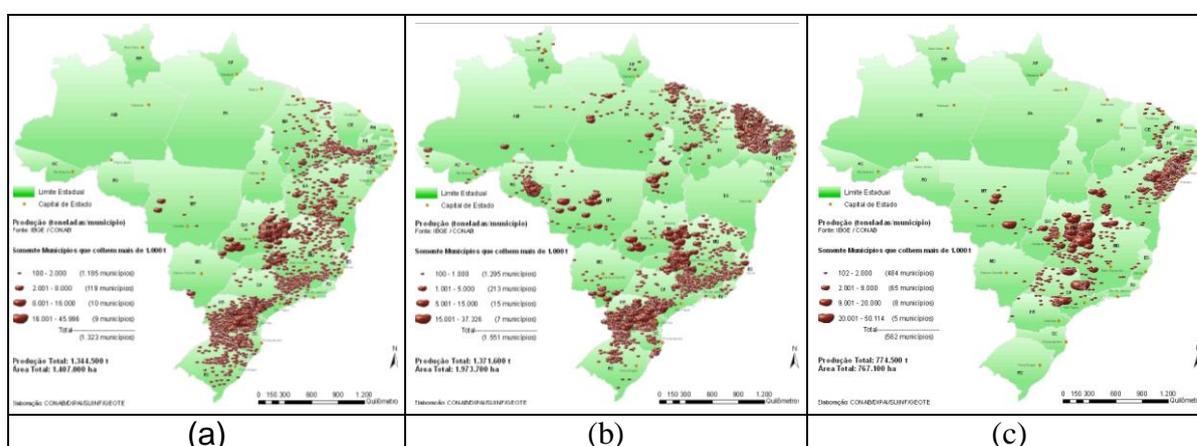


Figura 41 – Distribuição das regiões produtoras de feijão das três safras. Onde: (a) primeira safra; (b) segunda safra; (c) terceira safra
Fonte: Conab (2011).

Quanto às espécies de interesse para o desenvolvimento do sistema de coleta de grãos, serão consideradas espécies comumente produzidas, além de outras que poderão ser cultivadas no futuro.

Com base na portaria n. 85, de 06 de março de 2002, 7ª parte, anexo XII, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o feijão-caupi pertence ao Grupo II (Feijão-de-corda, feijão-caupi ou feijão-macassar, espécie *Vigna unguiculata (L.) Walp.*).

As formas de colheita do feijão, caracterizado aqui como sistemas de colheita, estão apresentadas no Quadro 12.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
1.2 Sistemas de colheita	1.2.1 Sistema Manual	Colheita totalmente manual das plantas	Serviço no qual o agricultor realiza todo o processo de coleta, separação e limpeza dos grãos de forma manual ou com uso de ferramentas.
	1.2.2 Sistema semimecanizado	Apenas parte da colheita é realizada com auxílio de máquinas	Poderá ser o corte e recolhimento, (ou arranquio e enleiramento) realizado manualmente e a trilha realizada por meio de máquinas; Ou o corte e recolhimento/enleiramento por meio de máquina e a trilha manual ou com uso de ferramentas.
	1.2.3 Sistema Mecanizado	Todas as operações são mecanizadas	Todas as operações de colheita são realizadas com auxílio de máquinas. Nesse caso poderá ser apenas uma máquina (combinada) que realiza todas as etapas ou mais de uma máquina para realizar o processo.

Quadro 12 – Sistemas de colheita na categoria de exame do escopo

Embora existam muitas máquinas para a colheita e o trabalho braçal seja bastante escasso, muitos agricultores ainda realizam a colheita de feijão de forma manual ou semimecanizada. Na cultura, todas as três formas de colheita, manual, mecanizada ou semimecanizada, são bastante utilizadas. No entanto, devem-se destacar as formas mecanizadas pelo fato de ser uma tendência na colheita do feijão e por reduzir o trabalho braçal pelo uso de máquinas.

O processo operacional, descrito no Quadro 13, é regido pela classificação ISO 3339 da máquina que se deseja projetar. A partir desse item, são definidos os elementos processados, situação física do processo, necessidades de execução, descrição do processo, e os resultados esperados.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
1.3 Processo operacional	1.3.1 Designação ISO 3339	Classe 07 Subclasse 07.2	Classe: equipamentos para colheita. Subclasse: equipamentos para colheita de grãos e sementes.
	1.3.2 Elementos processados	Partes da planta	Ramos, folhas, vagens, sementes.
		Materiais estranhos presentes na lavoura	Outras espécies de plantas, pedras, terra, restos culturais, matéria orgânica.
	1.3.3 Situação física do processo	Recolhimento das partes de interesse	Partes das plantas são cortadas e transportadas pelo sistema.
	1.3.4 Necessidade de execução	Transportar os grãos para um local seguro	Retirada de cultura do campo o mais rápido possível e com o mínimo de perdas. E, posteriormente, armazená-las em local seguro.
	1.3.5 Descrição do processo	Processo de coleta e transporte	Realizar a coleta transportando as partes da planta para o local de destino.
1.3.6 Resultado esperado	Grãos colhidos com o mínimo de perdas	Partes de interesse da planta, recolhidos e direcionados para o local desejado com o mínimo de grãos deixados na lavoura (perdas quantitativas) e mínimos danos aos grãos (perdas qualitativas).	

Quadro 13 – Processo operacional para definição do escopo da máquina

O Quadro 14 apresenta as interferências e limites da máquina ou para a máquina a ser projetada. Também são apresentados os agentes causadores dessas interferências e limites da máquina. Esses dados podem interferir direta ou indiretamente no funcionamento da máquina, podendo causar prejuízos e atrasos no procedimento.

(Continua)

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
1.4 Interferências e limites	1.4.1 Elementos operadores	Ser humano	Acoplar o equipamento à fonte de potência. Acionar fonte de potência. Controlar os mecanismos da plataforma.
		Máquina	Controlar e manter os elementos de coleta próximos ao solo.
	1.4.2 Elementos ambientais	Solo	Dar suporte ao sistema de coleta. Direcionar os sistemas de coleta. O sistema deve permanecer o mais próximo possível do solo no momento da operação.
		Planta	Receber efeitos dos mecanismos de coleta. Receber e suportar as vibrações do sistema, sem que haja debulha das vagens.

(Conclusão)

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
	1.4.3 Época do ano	Novembro a Abril	Maior produção (RS, SC, PR, SP, MG, ES, GO, BA, PI, MA)
		Abril a Julho	RS, SC, PR, SP, MG, ES, GO, MT, MS, RO, PE, PB, RN, CE, MA, PA
		Agosto a Outubro	SP, MG, GO, BA, SE, AL, PE, CE
	1.4.4 Tempo para execução	Menor possível	Normalmente o produto é colhido pela parte da manhã restando de 4 a 6 h diárias para a realização da colheita.
	1.4.5 Frequência de execução	Uma execução por ciclo produtivo. Depende da região e do número de safras anuais	Existem regiões com até 3 safras por ano, ficando a média em torno de 2 safras anuais. A máquina poderá ficar sem uso durante boa parte do ano (8 a 9 meses, sendo no máximo até 12 meses sem utilização).
	1.4.6 Riscos de execução	Plantas acamadas	Plantas deitadas sobre o solo devido a temporais, ventos ou evento qualquer.
		Presença de pedras, tocos ou materiais estranhos	Pedras podem atrapalhar o recolhimento da cultura ou danificar os órgãos ativos da máquina.
		Solo	Dificuldade do solo ser contornado pelo sistema de recolhimento, devido ao desnível.
			Entrada de solo na máquina. Causa desgaste precoce de mecanismos como lâminas de corte, e suja o feijão.
		Plantas com amadurecimento irregular	Irregularidade do amadurecimento das vagens é comum no feijão e causa dificuldade de regulagem da máquina.
Colheita fora de época		Colheita antecipada, dificuldade de trilha. Colheita quando as plantas já passaram do ponto considerado ótimo (fácil debulha das vagens, aumentando drasticamente as perdas na plataforma).	

Quadro 14 – Interferências e limites para a operação

Na classe de requisitos energéticos (Quadro 15) são descritos os elementos e características que definem o fornecimento de energia necessária para o movimento dos órgãos da máquina e execução da atividade de recolhimento.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
1.5 Requisitos energéticos	1.5.1 Autonomia de operação	Não é autônoma quanto à energia	Necessita de fonte externa de energia para movimentar seus órgãos ativos.
	1.5.2 Fonte de alimentação	Fonte externa	Recebe energia mecânica de um motor a combustão interna.
	1.5.3 Capacidade nominal	Varia com as dimensões	Necessita da potência ⁴ para cortar e transportar as partes da planta. Barra de corte (551,6 W/m) Molinete (120,7 W/m)
	1.5.4 Meios de conversão	Energia mecânica	Fornecer movimento para o transporte e a ação dos órgãos da máquina.
		Energia hidráulica	Ação e controle das partes móveis da máquina.
	1.5.5 Regimes de conversão	Utilização	2 a 6 horas por dia.
		Operação	5 a 20 dias de utilização por safra.
		Intervalos	De 2 a 3 meses ou 1 ano entre operações.
	1.5.6 Solicitação de conversão	Órgãos ativos	Carregamento poderá sofrer fortes variações e intensidades, principalmente devido aos eventos de risco.
		Transporte	A potência para transporte será praticamente constante podendo haver alguma variação nos eventos de risco.
		Controle	Regime intermitente. Eventos de interesse relacionados ao acionamento e desacionamento dos dispositivos.
	1.5.7 Tipos de acoplamento	Mecânico	Fixa a plataforma à máquina motora.
		Elétrico	Acoplamento de sensores e equipamentos elétricos necessários na plataforma.
		Hidráulico	Sistemas hidráulicos como motores e acionamento de cilindros.
		Potência mecânica	Sistema de potência mecânica responsável por movimentar os órgãos da plataforma.
Pneumático		Acoplamento de energia e sinal pneumático.	

Quadro 15 – Requisitos energéticos para definição do escopo

Segundo Marini (2007), os subsistemas da máquina devem ser abordados a partir da estrutura de decomposição da máquina. Nesse caso, como não foi gerada nenhuma concepção para a nova máquina, a estrutura foi elaborada a partir de termos genéricos de ação dos componentes. O resultado da identificação dos subsistemas é apresentado no Quadro 16.

⁴ Dados retirados de: RICHY, C. B., **Agricultural Engineers's Handbook**. New York: MacGraw-Hill. 1961, p.249, 880p.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
1.6 Subsistemas	1.6.1 Elemento raiz	Recolher partes de interesse da planta	Conjunto dos sistemas responsáveis por realizar a coleta das partes de interesse das plantas.
	1.6.2 Subsistemas de processamento	Subsistema de captação	Realiza a captação e o recolhimento do material.
		Subsistema de transporte	Realiza o transporte do material até o local desejado.
	1.6.3 Subsistemas de conversão	Sistemas de engate e sustentação	Faz o vínculo da plataforma à máquina motora.
		Sistemas de transmissão de potência	Faz vínculo das transmissões de potência, como sistemas hidráulicos, e mecânicos de acionamento da potência.
	1.6.4 Subsistemas de controle	Controle da coleta de material	Controla a entrada de material para a plataforma.
		Controle do nível	Controla o nível da plataforma em relação ao solo.
		Controle do fluxo de material	Controla o fluxo de material no equipamento.

Quadro 16 – Decomposição em subsistemas para o exame do escopo

Os componentes e a atuação da máquina irão definir a equipe e as características que definem os esforços para o desenvolvimento do projeto. Essas características são apresentadas no Quadro 17, que está relacionado à tipologia de projeto. A classe, representada por tipologia de projeto, é composta de três itens básicos: conhecimento, complexidade e riscos de falha. Esses itens estão ligados à consistência do projeto.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
1.7 Tipologia de projeto	1.7.1 Conhecimento	Conhecimento de engenharia e transporte de materiais	Eng. Mecânica. Eng. Agrícola. Agronomia.
	1.7.2 Complexidade	Alta	Grande número de componentes inter-relacionados, sendo a função de levantar a planta, cortar, dar sustentação e transportá-la para dentro da máquina ocorrem simultaneamente (para que haja um corte perfeito necessita haver um levantamento da planta também perfeito).
	1.7.3 Risco de falha	Alto	Alta quantidade de componentes e da forte inter-relação entre eles. A falha de um deles ocasiona a falha do conjunto. A falha ou funcionamento incorreto causará prejuízos ao produtor e conseqüentemente ao fabricante.

Quadro 17 – Tipologia de projeto para definição do escopo

Ao fim da primeira categoria, foram encontrados dados suficientes para o levantamento do escopo do projeto e para dar continuidade ao estudo. As informações aqui registradas servirão de base ao levantamento das próximas categorias.

A próxima categoria a ser levantada é referente às características do ambiente operacional.

4.3.3 Características do ambiente operacional (A2)

As informações iniciais para a caracterização do ambiente operacional é o sistema de cultivo. Essas informações foram adquiridas e apresentadas anteriormente, na primeira parte do levantamento dos fatores de influência.

Com a caracterização de clima e ambiente, pode-se estabelecer não apenas os locais onde é cultivado o feijão atualmente, mas também os locais onde será possível cultivá-lo no futuro. Isso pode garantir uma máquina mais adaptada às condições climáticas da região. As características de clima e ambiente estão apresentadas no Quadro 18.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
2.1 Clima e ambiente	2.1.1 Precipitação	Faixa de precipitação anual média	Locais com menor precipitação possuem maior salinidade. Interfere na qualidade da cultura. Interfere no tempo disponível para a colheita. As regiões produtoras apresentam precipitações entre 600 e 2.500 mm por ano.
	2.1.2 Declividade	Condições de declive que a máquina poderá atuar	Na sua construção deve ser observada a declividade máxima que a máquina irá atuar sem prejuízos ao funcionamento da plataforma.
	2.1.3 Condições armazenamento	Condições típicas de armazenamento da máquina	A máquina poderá ser armazenada no campo no período de colheita.
	2.1.4 Umidade relativa	Faixa de umidade relativa de operação da máquina	Recomendações agronômicas: que as plantas sejam colhidas no período da manhã, com as folhas ainda úmidas, assim a umidade relativa do ar varia entre 50% e 100%.

Quadro 18 – Características de clima e ambiente na classe de ambiente operacional

Na Figura 42, são apresentados os dados de precipitação nas diferentes regiões dos Brasil. Sabe-se também que a cultura é pouco resistente à falta de água, sendo que no período mais crítico de desenvolvimento necessita de pelo menos 150 a 200 mm de chuva no período de 30 dias. Porém, esse déficit pode ser corrigido com os sistemas de irrigação quando há possibilidade de implantação desses sistemas.

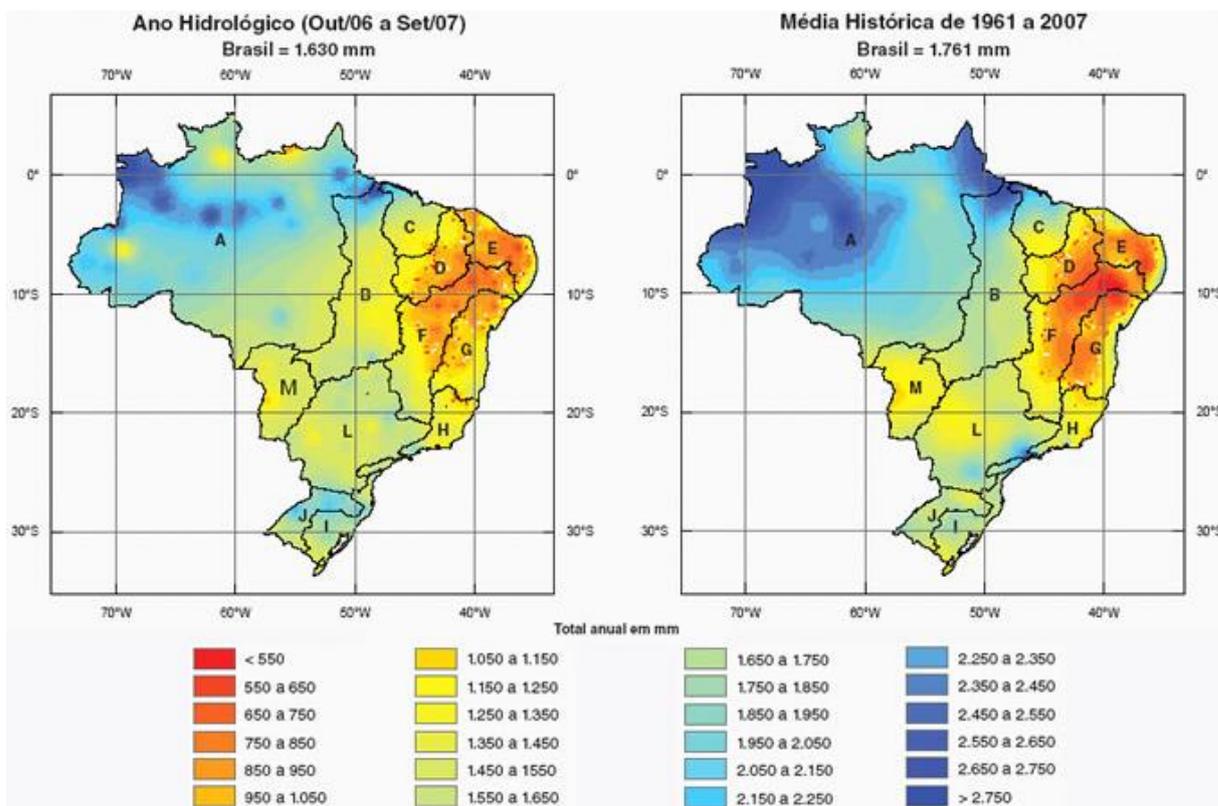


Figura 42 – Dados de precipitação no Brasil
Fonte: ANA (2009).

Além de dados de precipitação, tem-se também o elemento temperatura, que, como já comentado, exerce bastante influência na produção, principalmente na formação das vagens, que segundo Assad & Pinto (2008), temperaturas acima de 24 °C poderão causar prejuízos no florescimento, e abaixo de 20 °C há uma queda no rendimento da planta. Na Figura 43 são apresentadas estimativas de áreas aptas e inaptas para o cultivo de feijão no Brasil. Essas estimativas poderão apresentar as áreas em que futuramente haverá produção da cultura.

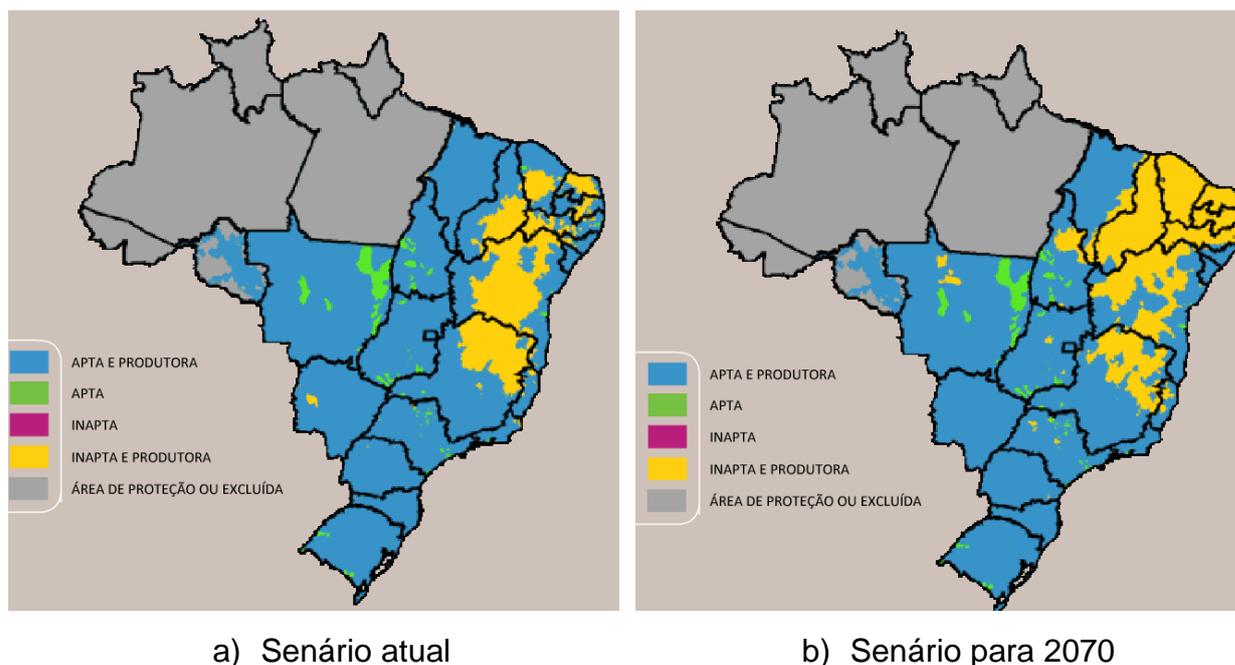


Figura 43 – Áreas aptas ou inaptas para a produção de feijão no Brasil
Fonte: Assad & Pinto (2008).

A próxima classe a serem definidos os fatores de influência é a classe de solo, que se encontra descrita no Quadro 19.

O relevo superficial representa uma propriedade importante para a trafegabilidade, o corte e o recolhimento da cultura no momento da colheita. As irregularidades da superfície, além de imporem choques à estrutura da máquina, dificultam a capacidade de contorno do terreno pelos mecanismos de coleta, fazendo com que muitas plantas deixem de serem alcançadas pelos órgãos da máquina.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
2.2 Solo	2.2.1 Elementos de cobertura	Sistema convencional	Não há cobertura em quantidade significativa.
		Cultivo mínimo ou Plantio direto	Espécies cultivadas para adubação verde (nabo forrageiro, aveia, azevém, outras). Espécie de culturas anteriores ou safra anterior.
	2.2.2 Relevo superficial	Rugosidade superficial do relevo	Capacidade da máquina de copiar o terreno, dados agrônômicos indicam que a rugosidade fica entre 40 mm e 80 mm de amplitude.

Quadro 19 – Caracterização do solo no ambiente operacional

As propriedades da planta irão definir qual sistema será mais adequado no momento de gerar concepções da nova máquina. Podendo definir, por exemplo, os esforços necessários no momento de corte da planta com diferentes tipos de navalha. As propriedades da classe relacionada à planta são apresentadas no Quadro 20.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
2.3 Planta	2.3.1 Estádio fenológico	Logo após as sementes alcançarem a maturação fisiológica. Na fase de maturação de colheita	Após as vagens terem perdido a pigmentação. Nesse ponto elas começam a secar e as sementes desenvolvem a cor típica da variedade. Sementes no seu desenvolvimento máximo.
	2.3.2 Morfologia geral	Porte pequeno	Presença de folhas verdes e folhas secas, baixo número de folhas.
	2.3.3 Dimensões físicas	Porte pequeno	Baixa estatura, caule fino.
	2.3.4 Elementos processados	Toda parte superior da planta	Caule, folhas, frutos e sementes.
	2.3.5 Estado inicial dos elementos	No campo	Os elementos estão no campo, ligados ao solo pela parte inferior da planta (raiz e caule).
	2.3.6 Estado final dos elementos	No campo e armazenados	As plantas poderão ser cortadas e deixadas no campo para completar seu ciclo de maturação; ou ser processadas, extraindo-se os grãos, nesse caso os grãos serão armazenados e o restante da planta deixados na lavoura.

Quadro 20 – Caracterização da planta no ambiente operacional da máquina

Ao caracterizar os elementos que a máquina irá processar internamente, permite-se que a seleção e o dimensionamento dos materiais utilizados sejam feitos de forma mais adequada. Para Marini (2007), a partir dessa caracterização, é possível empregar a abordagem do menor custo mediante o reconhecimento claro das condições de utilização da máquina. A caracterização dos elementos é apresentada no Quadro 21.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
2.4 Elementos	2.4.1 Elementos básicos	Grãos	Partes da planta de feijão que serão colhidas pela máquina.
		Folhas	
		Ramos	
		Vagens	
	2.4.2 Densidade do composto	Densidade do composto (vagens, folhas e grãos)	De 20 a 50 kg/m ³
	2.4.3 Grau de mistura	Fração dos componentes	Aproximadamente 50% em peso de grãos e 50% outras partes da planta.

Quadro 21 – Caracterização do insumo a ser processado pela máquina

A classe relacionada ao campo (Quadro 22) trata da infraestrutura geral da propriedade como locais de assentamento dos cultivos, onde a máquina deverá trafegar para realização da colheita, e também do caminho do local de armazenamento da máquina até a área de operação.

Nessa classe, em algumas informações, também pode ser incluído os obstáculos em vias públicas para o transporte da máquina da revenda ou da fábrica até a propriedade.

(Continua)

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
2.5 Campo	2.5.1 Dimensões físicas típicas	Até 50 ha.	73% das propriedades possuem áreas de até 50 ha.
		2.5.2 Obstáculos ao deslocamento	Altura: obras civis
	Largura: vias de trânsito		Vias públicas, onde há circulação frequente de veículos e/ou fiscalização dos órgãos competentes.
	Comprimento: cabeceiras e balizas		Restrição de área disponível para manobras nos locais de cultivo ou benfeitorias da propriedade ou transporte em vias públicas.
	2.5.3 Medida dos obstáculos	Altura	Os obstáculos mais baixos encontram-se em torno de 3,5 m.
		Largura	Em vias públicas a largura máxima é de 2,6 m.
		Comprimento	Poderão ocasionar dificuldades de manobras a partir de 10 m de comprimento.
	2.5.4 Espaçamento entre linhas	De 0,4 a 0,5 m	Recomenda-se espaçamento de 0,30 a 0,60 m, sendo que: - 0,40 e 0,50 m são os mais convenientes; - 0,30 m só deve ser adotado quando não for previsto controle mecânico de plantas daninhas; - 0,60 m só deve ser adotado em terreno muito fértil.

(Conclusão)

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
	2.5.5 Curvatura de trajetória da linha	Mínimo de 2 m de raio	Em plantios realizados por trator o raio de curvatura mínimo é de 2 m, em áreas de plantio por animais ou manual, não é possível estimar.
	2.5.6 Dimensões de cabeceira	Largura da faixa disponível para manobra da máquina	Nas piores situações o espaço para manobras é de aproximadamente 5 m.

Quadro 22 – Características do campo de operação da máquina

Para o levantamento dos fatores de influência relacionados ao acoplamento foram obtidos os dados apresentados no Quadro 23. Para a máquina em questão esse item é aplicado, pois se trata de uma máquina não motora, que precisa ser acoplada a outra que seja capaz de transmitir energia para movimentar seus órgãos. O levantamento da classe baseou-se nas máquinas já existentes, visto que a plataforma poderá ser acoplada nas colhedoras atualmente utilizadas.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
2.6 Acoplamento	2.6.1 Tipo de acoplamento	Acoplamento mecânico da plataforma ao canal de alimentação da máquina	Encaixe da plataforma seguido do travamento manual por pinos.
	2.6.2 Alimentação energética	Acoplamento hidráulico	- Engate dos sistemas hidráulico e elétrico através do acoplamento em um único ponto fixado e travado por travas e contrapinos de segurança. - Engate rápido individual realizado manualmente em cada mangueira.
		Acoplamento mecânico	Acoplamento do eixo cardan a um eixo estriado no canal de alimentação da colhedora.
	2.6.3 Recursos auxiliares	Acoplamentos elétricos	Engate rápido através de plugue e tomada.
Acoplamento pneumático		Engate rápido realizado manualmente entre as mangueiras.	

Quadro 23 – Acoplamento da máquina na categoria de ambiente operacional

4.3.4 Critérios de homologação (A3)

Foram reunidas as normas e critérios de homologação de máquinas agrícolas disponíveis nas principais agências normativas. As normas mais específicas e que não possuem um englobamento geral da máquina devem ser pesquisadas após a escolha da concepção definitiva, ao fim do projeto conceitual da máquina. Esses são documentos específicos capazes de estabelecer padrões de qualidade para as máquinas. As normas que se referem aos requisitos de segurança da máquina são apresentadas no Quadro 24.

Classe	Norma	Título	Descrição e informação
3.1 Normas relacionadas à segurança	ASAE S493 DEC92 2003	<i>Guarding for Agricultural Equipment</i>	Diretrizes para minimizar o potencial de danos pessoais de riscos associados aos equipamentos agrícolas.
	ISO 4254-7: 2008	<i>Agricultural machinery - Safety- Part 7: Combine harvesters, forage harvesters and cotton harvesters</i>	Especifica os requisitos de segurança e a sua verificação para a concepção e construção de colhedoras de cereais, forragem e algodão. Métodos para a eliminação ou redução dos riscos.
	ISO/TS 28924: 2007	<i>Agricultural machinery - Guards for moving parts of power transmission - Guard opening without tool</i>	Apresenta os requisitos de segurança, e os meios de verificá-los, para a concepção e construção de guardas, capazes de serem abertas sem uso de ferramenta, que são usadas para proteger as partes móveis de transmissão de energia em máquinas autopropelidas montadas, semimontadas ou rebocadas utilizadas na agricultura. Especifica o tipo de informações sobre práticas seguras de trabalho fornecidas pelo fabricante.
	ISO/TS 28923: 2007	<i>Agricultural machinery - Guards for moving parts of power transmission - Guard opening with tool</i>	Apresenta os requisitos de segurança, e meios de verificá-los, para a concepção e construção de guardas, capazes de serem abertas somente com uso de ferramenta, que são usados para proteger as partes móveis de transmissão de energia em máquinas autopropelidas utilizadas na agricultura. Especifica também o tipo de informações sobre práticas seguras de trabalho ser fornecidas pelo fabricante.
	ISO 4254-1: 2008	<i>Agricultural machinery - Safety- Part 1: General requirements</i>	Especifica os requisitos gerais de segurança e a sua verificação para a concepção e construção das máquinas.

Quadro 24 – Normas relacionadas à segurança em máquinas agrícolas

As normas relacionadas aos métodos e procedimentos de testes a serem aplicados nas máquinas são apresentadas no Quadro 25.

Classe	Norma	Título	Descrição e informação
3.2 Teste de capacidade e desempenho	ASAE S396.2 1990	<i>Combine Capacity and Performance Test Procedure</i>	Procedimento de teste para Capacidade e desempenho da colhedora.
	ISO 6689-2: 1997	<i>Equipment for harvesting - Combines and functional components - Part 2: Assessment of characteristics and performance defined in vocabulary</i>	Equipamentos para colheita – colhedoras e componentes funcionais - Parte 2: Avaliação de características de desempenho definidos no vocabulário.
	ABNT NBR 11380: 1990 Código Secundário: ABNT/MB 3036	Protetores de segurança para eixos cardan de tratores e implementos agrícolas - Ensaio de laboratório - Método de ensaio	Prescreve os métodos de ensaio de laboratório para verificar a robustez e a durabilidade dos protetores de segurança para eixos cardan em uma faixa de temperatura de -35 °C a 60 °C.

Quadro 25 – Normas relacionadas à capacidade e desempenho das máquinas

O uso das terminologias corretas no projeto de máquinas é importante para facilitar a comunicação em diferentes idiomas, o Quadro 26 apresenta as normas para uso das terminologias na máquina.

Classe	Norma	Título	Descrição e informação
3.3 Terminologias	ASAE S343.3 Abril, 1990	<i>Terminology for Combines and Grain Harvesting</i>	Terminologia para colhedoras de grãos.
	ISO 5702: 1983	<i>Equipment for harvesting - Combine harvester component parts - Equivalent terms</i>	Estabelece uma lista inicial de termos equivalentes para identificar componentes de diferentes tipos básicos de colhedoras. São dados os termos equivalentes em inglês, francês e russo, e, adicionalmente, em alemão, italiano e espanhol. Três figuras ilustram o significado dos termos dados.
	ISO 6689-1: 1997	<i>Equipment for harvesting - Combines and functional components - Part 1: Vocabulary</i>	Vocabulário para os componentes das colhedoras.

Quadro 26 – Terminologias para utilização em máquinas agrícolas

É importante a padronização dos símbolos e pictogramas utilizados nas máquinas agrícolas, para que esses possam ser entendidos apenas pela identificação visual. O Quadro 27 traz as normas referentes aos pictogramas e símbolos a serem utilizados na máquina.

Classe	Norma	Título	Descrição e informação
3.4 Pictogramas	ISO 11684: 1995	<i>Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment - Safety signs and hazard pictorials - General principles</i>	Estabelece princípios gerais para a concepção e aplicação de sinalização de segurança e pictogramas de perigo permanentemente afixada às máquinas. Expõe os objetivos dos sinais de segurança, descreve as cores e formatos básicos de sinais de segurança e fornece orientações sobre o desenvolvimento de vários painéis que, juntos, constituem um sinal de segurança.
	ABNT NBR 11379: 1987 Código Secundário: ABNT/SB 91	Símbolos gráficos para máquinas agrícolas - Simbologia	Esta Norma estabelece os símbolos gráficos para identificação dos comandos e controles de operação e manutenção em máquinas agrícolas.

Quadro 27 – Normas para utilização de pictogramas nas máquinas

A norma relacionada às sinalizações da máquina para tráfego em vias públicas encontra-se no Quadro 28.

Classe	Norma	Título	Descrição e informação
3.5 Sinalização para vias públicas	ISO 16154: 2005	<i>Tractors and machinery for agriculture and forestry - Installation of lighting, light signalling and marking devices for travel on public roadways</i>	Especifica as características e instalação de dispositivos de iluminação e sinalização em tratores agrícolas e florestais, máquinas agrícolas autopropelidas, reboques agrícolas e rebocadas quando operado em vias públicas.

Quadro 28 – Norma de sinalização e iluminação para tráfego em vias públicas

Para o tráfego em vias públicas também devem ser observadas as dimensões limites estabelecidas pelos órgãos responsáveis. Essas observações podem facilitar o traslado da máquina da indústria até os estabelecimentos de venda ou da

revenda até a propriedade. As normas referentes às dimensões para tráfego em vias públicas são apresentadas no Quadro 29.

Classe	Norma	Título	Descrição e informação
3.6 Dimensões máximas	CONTRAN 318/2009	RESOLUÇÃO Nº 318 DE 5 DE JUNHO DE 2009.	Estabelece limites de pesos e dimensões para circulação de veículos de transporte de carga e de transporte coletivo de passageiros em viagem internacional pelo território nacional.
	CONTRAN 210/2006	RESOLUÇÃO Nº 210 DE 13 NOVEMBRO DE 2006	Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências.

Quadro 29 – Normas que estabelecem as dimensões limites para o tráfego em vias públicas

4.3.5 Análise comparativa das máquinas disponíveis no mercado (A4)

A análise das máquinas visa levantar fatores a partir das máquinas disponíveis atualmente no mercado. Segundo Marini (2007), as características das máquinas que são atualmente comercializadas influenciam no interesse do produtor. Porém é importante direcionar o interesse às características físicas das máquinas.

As principais dimensões físicas das plataformas pesquisadas no mercado estão presentes no Quadro 30, onde se pode notar que há uma vasta gama de larguras de cortes disponíveis. Porém, deve-se observar que as máquinas acumulam certas características peculiares, como exemplo pode-se citar que algumas possuem motor próprio, outras são acopladas ao trator.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
4.1 Dimensões físicas	4.1.1 Largura de corte	Identificação das larguras de corte disponíveis em metros.	0,8; 1,2; 2; 3; 4,2; 4,9; 5,2; 5,5; 5,8; 6,1; 6,7; 7; 7,6; 8,4; 9,1; 10,7; 12,2; 13,7
	4.1.2 Largura total	Consideram-se as larguras de corte disponíveis acrescidas de aproximadamente 0,7 m	De 1,5 m a 14,4 m
	4.1.3 Número de seções	Identifica o número de seções que a estrutura é dividida	1, 2, 3 seções
	4.1.4 Especificações da maior seção	Identifica as especificações da maior seção da máquina	12,2 m – correspondente à largura da plataforma inteira (com apenas uma seção) e com maior largura de corte.
	4.1.5 Especificações dos sistemas	Especificações do molinete	Largura máxima: 12,2 m Largura mínima: 2.000 mm Diâmetro máximo: 1.370 mm Diâmetro mínimo: 930 mm Diâmetro médio: 1.095,3 mm Rotações: 0 a 70 rpm
Sistema de corte		Navalhas de 2" e 3"	

Quadro 30 – Dimensões físicas na categoria de análise do mercado

As máquinas com larguras de corte de 0,8 m e 1,2 m são máquinas que não possuem molinete ou mecanismo de transporte longitudinal das plantas. Essas máquinas também não possuem transportador transversal ativo.

O Quadro 31 trata do acoplamento das máquinas existentes no mercado. Ele mostra grande semelhança entre os sistemas de acoplamento. Isso demonstra certa padronização das máquinas, possibilitando a substituição da mesma e o acoplamento a outras máquinas.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
4.2 Acoplamentos	4.2.1 Sistema hidráulico	Sistema "Single point". Ligação individual	Ambos são sistemas de acoplamento rápido, o primeiro é realizado através de um único ponto, o segundo são ligações individuais.
	4.2.2 Sistema elétrico	Sistema "Single point". Ligação individual	O primeiro é realizado através de um único ponto, o segundo são ligações individuais.
	4.2.3 Acoplamentos da potência	Eixo cardan	Faz a ligação da transmissão principal da potência da máquina para a plataforma.

Quadro 31 – Acoplamento da máquina na categoria de análise do mercado

O Quadro 32 mostra a classe de subsistemas presentes nas máquinas existentes no mercado, onde estão descritas também suas principais funções.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
4.3 Subsistemas	4.3.1 Transportador transversal	Caracol Esteira transportadora Enleirador de arrasto por chapa defletora	Responsável pelo transporte transversal das plantas na plataforma, transporte horizontal no sentido perpendicular ao deslocamento da máquina.
	4.3.2 Sistemas de transmissão de potência	Polias e correias	Sistemas responsáveis pela transmissão de potência para os órgãos da máquina.
		Engrenagens e correntes	
		Sistema hidráulico	
		Eixos e Cardan	
	4.3.3 Potência específica necessária	Potência demandada pelos órgãos ativos da máquina durante o funcionamento	Molinete: 120,7 W/m
			Barra de corte: 551,6 W/m
	4.3.4 Equipamentos de adaptação da máquina à cultura (kits para colheita do feijão)	Chapa perfurada na plataforma Dedos levantadores Variações de velocidade do molinete Variações de velocidade do caracol	Visam melhorar o desempenho da máquina.
	4.3.5 Sistema de corte utilizado	Barra de corte (sistema responsável pelo corte das plantas)	Dedos da barra de corte e contrafaças. Sistema de facas de 2"; 3"; e 4".
4.3.6 Sistema levantador	Mecanismos que auxiliam no levantamento das plantas	Molinete e dedos do molinete. Dedos levantadores de cereais. Dedos da barra de corte.	
4.3.7 Sistema de limpeza e eliminação de terra	Chapa perfurada Dedos levantadores	Visam recolher a parte superior das plantas com o mínimo possível de terra.	
4.3.8 Sistema recolhedor	Molinete e dedos do molinete	Além de dar suporte no momento do corte o molinete recolhe as plantas conduzindo-as para dentro da plataforma.	
4.3.9 Sistemas de transporte	Molinete (transporte longitudinal) Transportador transversal (esteira, caracol, enleirador de arrasto)	Sistemas responsáveis por transportar as plantas de feijão, no momento do corte ou posterior a ele.	

Quadro 32 – Subsistemas das máquinas disponíveis no mercado

Como se trata de máquinas para colheita de feijão, muitas delas não são exclusivas para a cultura. Portanto, os fabricantes oferecem kits opcionais que auxiliam no momento da colheita (uma relação dos fabricantes que oferecem esses kits foi apresentada na seção 4.2, referente às máquinas no mercado). A classe de informações referentes aos opcionais na categoria de máquinas disponíveis no mercado é apresentada no Quadro 33.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
4.4 Opcionais	4.4.1 Velocidades	Opção de variação de velocidades do caracol	Trocas ou substituição de polias para ajustar à velocidade desejada.
	4.4.2 Kits para colher feijão	Dedos levantadores	Acessórios que são acrescentados ou substituídos às plataformas para melhorar sua eficiência na colheita do feijão.
		Chapa perfurada	

Quadro 33 – Opcionais oferecidos pelos fabricantes de máquinas

As plataformas pesquisadas necessitam de uma fonte de energia para mover seus mecanismos. Os sistemas de transmissão utilizados pelos fabricantes são apresentados no Quadro 34, onde se nota que a energia é transferida por diferentes formas. Os sistemas hidráulicos, elétricos e pneumáticos são muito utilizados na transmissão de sinal, já os demais sistemas são mais utilizados na transmissão de energia.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
4.5 Sistemas de transmissão e conversão de energia	4.5.1 Sistema hidráulico, elétrico e pneumático	Transmissão de energia material e sinal	Transmitem energia e sinais enviados do ponto do operador ou de sensores.
		Bombas hidráulicas	
	4.5.2 Transmissões mecânicas	Engrenagens e correntes	Transmissão de energia mecânica.
		Polias e correias	
Eixos e engrenagens			

Quadro 34 – Sistemas de transmissão e conversão de energia utilizados pelas empresas

A classe de capacidades (Quadro 35) representa as possibilidades que as máquinas oferecem quanto à capacidade de suprimento e processo, ou variações possíveis para contornar o solo.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
4.6 Capacidades	4.6.1 Sistema de flutuação lateral	3,6 a 30 graus	As máquinas de todas as empresas pesquisadas oferecem sistema de flutuação lateral que podem variar de 3,6 a 30 graus para cada lado.
	4.6.2 Velocidade de colheita da cultura	Máximas: 3,5 a 11 km/h	Velocidade máxima de colheita informada pelos fabricantes variou de 3,5 km/h a 11 km/h.
		Mínima: 1 a 3 km/h	A velocidade mínima de colheita informada pelos fabricantes variou entre 1 km/h e 3 km/h.
	4.6.3 Sistema de corte	Flexibilidades máximas 100 mm a 200 mm	Os sistemas flexíveis utilizados nas colhedoras no mercado são capazes de copiar desníveis máximos de 100 mm a 200 mm.
		Altura mínima da barra	Variou de 0 a 50 mm entre os fabricantes. Em média o valor informado foi de 32 mm.
		Velocidade em ciclos por minuto (c/min)	Mínimo: 500 c/min Máximo: 850 c/min Média entre os fabricantes: 599 c/min
		Ângulos de ataque	Varição máxima do ângulo de ataque da barra foi de 25 graus, sendo que em média entre os fabricantes a variação máxima ficou em torno de 10 graus.

Quadro 35 – Capacidades das máquinas disponíveis no mercado

Considerações finais

Os conhecimentos aqui reunidos auxiliam na tomada de decisões e são capazes de antever quais serão as maiores necessidades no desenvolvimento da plataforma de maneira muito sucinta, levando em conta a quantidade de informações armazenadas. O método e a sequência das atividades norteiam sobre a execução das tarefas do projeto.

O exame do escopo foi capaz de fornecer uma visão sobre o sistema de cultivo, desde preparo do solo, plantio até a colheita, além de dados sobre interferências e limites possíveis durante a execução. Também foram definidas as formas e sistemas possíveis de transmissão de energia e os requisitos energéticos para execução da atividade de colheita.

Quanto às características do ambiente operacional da máquina, foi possível definir o clima nas regiões produtoras, e os lugares onde o feijão poderá ser cultivado seguido da definição de um cenário atual e futuro. Também foram definidas as características da planta, elementos e questões de acoplamento da máquina. Os dados obtidos na categoria contribuem de forma significativa na definição dos mercados pretendidos para a máquina, complementando a categoria anterior.

A reunião de normas nacionais e internacionais facilita a busca no momento de definir os mercados pretendidos para a máquina. Além disso, produzir produtos normatizados facilita a venda, contribuindo com uma melhor aceitação do produto pelos produtores, pois além desses serem padronizados, podendo ser acoplados a outros, são mais seguros e seguem padrões internacionais. Isso ajuda também a empresa se defender de prováveis problemas que possam vir a ocorrer com a máquina.

A análise das máquinas disponíveis no mercado mostra uma gama bastante grande de larguras de cortes disponíveis. Isso facilita no momento do agricultor escolher a máquina. Porém as plataformas, apesar de possuírem grande semelhança nos mecanismos, apresentam diferenças no quesito adaptação. Com exceção de algumas fabricantes e dos sistemas de acoplamento hidráulico, as mesmas não se adaptam a outras colhedoras.

CONCLUSÕES

A sistematização dos conhecimentos foi capaz de agrupar os conhecimentos que serão de suma importância no projeto de novas plataformas para colheita de feijão.

Foram encontrados 14 depósitos disponibilizados para consulta junto ao registro de patentes. Neles, encontraram-se pequenas adaptações como levantadores de cereais, algumas mudanças em plataformas para colheita da soja, máquinas para arranquio e enleiramento, máquinas combinadas que realizam todas as etapas da colheita e máquinas com tecnologias diferenciadas como foi o caso da colhedora com hastes de impacto que realiza a trilha na própria planta, sem a necessidade de retirá-la da lavoura. A pesquisa mostrou que muitas patentes existentes no INPI não se encontram disponíveis integralmente para consulta devido a estarem em processo de análise, ou outros motivos que impeçam sua publicação.

As principais invenções e aperfeiçoamentos têm como finalidade principal reduzir as perdas qualitativas e quantitativas de grãos, aumentando a eficiência da máquina. Com novos investimentos em projetos de desenvolvimento que resultem na oferta de tecnologias, é possível melhorar o desempenho das máquinas atuais.

Pôde-se perceber, com a análise de mercado, que a maioria das plataformas fornecidas pelos fabricantes não são adaptáveis entre as diferentes empresas. Mesmo os fabricantes que produzem exclusivamente plataformas, estas necessitam de algumas adaptações dependendo da marca da colhedora a qual se pretende acoplar.

Quanto ao tipo, o aspecto divisão por seções é ainda pouco difundido entre as plataformas, visto que muitos fabricantes ainda não oferecem essa opção em seus produtos. É mais frequente a utilização de caracol como transportador transversal do

material colhido, porém há uma tendência do uso de esteira. Esse sistema é mais observado em plataformas maiores (acima de 12 m), embora seja encontrado também em plataformas de menor porte (4 m, por exemplo).

Há basicamente dois tipos de navalhas de corte utilizadas nas plataformas, que são utilizados para o feijão, assim como para outras culturas, considerando as observações comentadas no capítulo 4.2.

Quando é comparado o número de empresas que atuam no setor de produção das plataformas, observa-se que 90% delas produzem plataformas com larguras de corte que variam de 6 a 10 m. Esse fato pode ser explicado pela Figura 40 que representa a relação tamanho da máquina e viabilidade.

Quanto às respostas dos fabricantes de máquinas, observou-se que um número bastante grande de respostas estão relacionadas a sistemas já existentes, demonstrando que, quando suas máquinas necessitarem de alguma melhoria, irão recorrer a soluções já existentes.

O exemplo tomado com dez plataformas existentes no mercado demonstra uma certa carência quanto à pesquisa e à observação da literatura nos projetos. Os prejuízos decorrentes da carência citada poderá ser, por exemplo, a perda do mercado pela baixa eficiência da máquina ou pelo alto custo decorrente do método de “tentativa e erro”.

A identificação e posterior definição dos fatores de influência referentes ao processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas é capaz de reunir os conhecimentos necessários referentes ao desenvolvimento de produto na fase de projeto informacional, contribuindo para o desenvolvimento de plataformas de maneira muito sucinta levando em conta a quantidade de informações armazenadas. O método e sequência das atividades norteiam sobre a execução das tarefas do projeto. Tais conhecimentos poderão ser utilizados também nas demais fases do projeto, podendo servir para comparar os requisitos dos clientes com suas reais necessidades.

Fazendo uma comparação entre as máquinas disponíveis no mercado e as disponibilizadas em patentes, observa-se que muitas máquinas que se encontram registradas não estão sendo comercializadas. Esse fato pode ocorrer por diversos motivos: o fato de quem registra a patente não ter condições de produzir a máquina; não conseguir parcerias com empresas para a produção; o mercado não se

interessa pelo produto; entre outros. Porém, um fato observado foi que as máquinas disponíveis no mercado para comercialização realizam a colheita por varredura, ou seja, são capazes de colher as plantas independentemente das linhas de plantio ou a forma como foi plantada. Já a maioria das máquinas pesquisadas nas patentes, colhem as plantas por linhas, o que dificulta o processo de colheita, exigindo mais atenção por parte do operador da máquina, mais precisão na semeadura e na colheita, entre outros. Fatos esses que impedem seu bom desempenho na colheita. Além disso, a praticidade e versatilidade oferecida pelas máquinas que realizam o corte por varredura é certamente algo incontestável.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9740:** colhedora autopropelida de grãos – determinação das características técnicas e de desempenho: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987. 12 p. Cancelada em 16/11/2010.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil.** Brasília-DF: ANA, 2009, 204p.

ALONÇO, A. dos S. **Metodologia de projeto para concepção de máquinas agrícolas seguras.** 2004. 221f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

ALONÇO, A. dos S.; REIS, Â. V. dos. **Perdas na colheita mecânica de grãos.** Pelotas: EMBRAPA/CPACT, 1997. 27 p. (Documentos, 35).

ASSAD, E.; PINTO, H. S.(coord). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil.** São Paulo, EMBRAPA, 2008. [p.24-72] Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/climaeagricultura/feijao.html>>. Acesso em: 16 jun 2011.

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais.** Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 389 p.

BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos:** planejamento, concepção e modelagem. Barueri, SP: Manole, 2008. 601 p.

BAINER, R.; KEPNER, R. A.; BARGER, E. L. **Principles of farm machinery.** New York: John Wiley & Sons, 1965. 571 p.

BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos:** uma apresentação didática. Rio de Janeiro: Campus, 1984. 266p

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Safras – Séries históricas.** Brasília, DF, 2011a. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=>>>. Acesso em: 12 jul. 2011.

_____. **Projeto SIGABrasil: Mapas da Produção Agrícola.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1101&t=2&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 12 fev. 2011b.

CONTO, A. J. de. et al. **Aspectos técnicos e econômicos da colheita mecânica e manual do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1980. 18 p. (Circular Técnica, 2).

DALZOTO, M. **Caracterização de parâmetros agrônômicos e operacionais da colheita mecanizada da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** 2009. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Release Calendar – Food consumption.** Roma, 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/663/default.aspx>> Acesso em: 24 fev. 2011.

FIORESE, D. A. et al. Peso específico. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, ano 9, n. 99, p. 38-41, ago. 2010.

FONSECA, J. R. Colheita: **Agência de Informação Embrapa – Feijão.** Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_79_1311200215104.html>. Acesso em: 12 nov. 2009.

GARCIA, R. F. et al. Simulação do comportamento dinâmico de um conjunto trator-colhedora de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n.3, p. 565-571, 2003.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil), **Pesquisa de Orçamentos Familiares - POF 2008-2009 – Aquisição alimentar domiciliar per capita – Brasil e grandes regiões.** Rio de Janeiro, 2010.

INCRA. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (Brasil). **Um país grande ou um grande país? - Gazeta Mercantil.** Brasília, DF, mar. 2007. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=5019:0&catid=1:ultimas&Itemid=278>. Acesso em: 6 jan. 2011.

INPI. INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Patentes.** Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/menu-esquerdo/patente>>. Acesso em: 21 jan. 2011.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 3339/0: Tractors and machinery for agriculture and forestry – Classification and terminology.** Genebra. 1986. 29 p.

JARDINE, C. Quando a produção não vai para o saco. **A Granja**, Porto Alegre, v.58, n. 639, p. 12-19, mar. 2002.

JOHN DEERE. **Plataforma de corte série 600**: guia de consulta rápida. Horizontina: [s.n.], 2006. 29 p.

JUMIL-Justino de Moraes Irmãos S/A. **FOLDER JM390 G**. Disponível em: <<http://www.jumil.com.br/colheita/jm390-g>>. Acesso em: 12 nov. 2009.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (Brasil). **Projeções do Agronegócio**: Brasil 2009/2010 a 2019/2020/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2010. 76p.

MARINI, V. K. **Fatores de Influência e Funções Técnicas no Projeto de Máquinas Agrícolas**: uma Contribuição Teórica. 2007. 164 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MARQUES, L. A mecanização agrícola em pequenas propriedades rurais. **Agriwold**, Santa Maria, ano 2, n.3, p.68-84, 2011.

MDA. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO (Brasil). **Agricultura Familiar no Brasil e o Censo Agropecuário 2006**. Brasília, DF, out. 2009. Publicações. 14f. (Versão eletrônica). Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/arquivos/2246122211.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2009.

MENDONÇA, H. A. F. de. Universidade Federal de Pelotas. **Apostila de Economia Agrícola**, Curso de Eng. Agrícola, Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2007. Não paginado.

MESQUITA, C. M. et al. Colheita Mecânica da soja: redução de perdas em vinte anos. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.18, n.2, p.71-80, dez. 1998.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas**: ensaios & certificação. Piracicaba: Shekinah, 1996. 722 p.

MIAC-Indústrias Reunidas Colombo. **CEIFLEX 4000**. Disponível em: <http://www.industriascolombo.com.br/ingles/site/novo_site/sub_miac/produtos.asp?Produto=61&Categ=Bean_Mower>. Acesso em: 12 nov. 2009.

MORAES, M. L. B. de; REIS, Â. V. dos; MACHADO, A. L. T. **Máquinas para a colheita e processamento dos grãos**. 2. ed. Pelotas: Ed. Universitária UFPel, 2005. 151 p.

OECD/FAO. Organisation for Economic Co-Operation and Development - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Agricultural Outlook 2010-2019. HIGHLIGHTS 2010**, 87p. Paris, 2010.

PAHL, G. et al. **Projeto na Engenharia**: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 411p.

PINTO, J. E. F. **Concepção e avaliação de desempenho de uma ponteira flutuante para elevação de vagens e ceifamento de plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2000. 44 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

RAFAELI NETO, S. L. et al. Comportamento espacial de atributos de planta e de perdas na colheita mecanizada de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 7, n.1, p. 37-47, 2008.

REIS, A. V. dos. **Desenvolvimento de concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas**. 2003. 277 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

RICKEY, C. B. **Agricultural Engineers's Handbook**. New York: MacGraw-Hill, 1961. 880 p.

ROMANO, L. N. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas**. 2003. 321f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SCHLOSSER, J. F. et al. Análise comparativa do peso específico dos tratores agrícolas fabricados no Brasil e seus efeitos sobre a seleção e uso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 92-97, 2005.

SILVA, C. C. da et al. **Colheita mecanizada do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1994. 28p. (Boletim de Pesquisa, 8).

SILVA, Kaesel Jackson Damasceno e. Estatística da produção de feijão-caupi. **Grupo Cultivar**, Pelotas, 2009. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/estatistica.pdf>>, Acesso em: 06 jul. 2011.

SILVA, J. G. da et al. **Mecanização da colheita do feijoeiro**: uso de recolhedoras trilhadoras. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2000. 23 p. (Circular Técnica, 37)

SINGH, G., Estimation of a Mechanisation Index and Its Impact on Production and Economic Factors-a Case Study in India. **Biosystems Engineering**, [S. l.], v.93, n.1, p.99-106, jan. 2006.

SOUZA, A. **Cultivo do feijão deve crescer entre os grandes produtores**, Irati, 2010. Disponível em: <<http://www.hojecentrosul.com.br/agricultura/cultivo-do-feijao-deve-crescer-entre-os-grandes-produtores/>>. Acesso em: 25 jan. 2011.

STONE, L. F.; SARTORATO, A. **O cultivo do feijão**: Recomendações técnicas. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPAP, 1994. 83 p. (Documentos, 48).

APÊNDICE

Qual a distância entre centro dos dedos levantadores? _____ mm
De que material os dedos são constituídos? <input type="checkbox"/> Aço <input type="checkbox"/> Ferro fundido <input type="checkbox"/> Alumínio <input type="checkbox"/> Outro: _____
<input type="checkbox"/> Chapa perfurada na plataforma: Qual a área total da chapa perfurada? Largura: _____ Comprimento: _____ (considerando largura a medida no sentido de deslocamento da máquina)
Existem outros materiais inclusos nos kits para feijão que a empresa oferece a serem utilizados na plataforma?

3. Subsistemas.

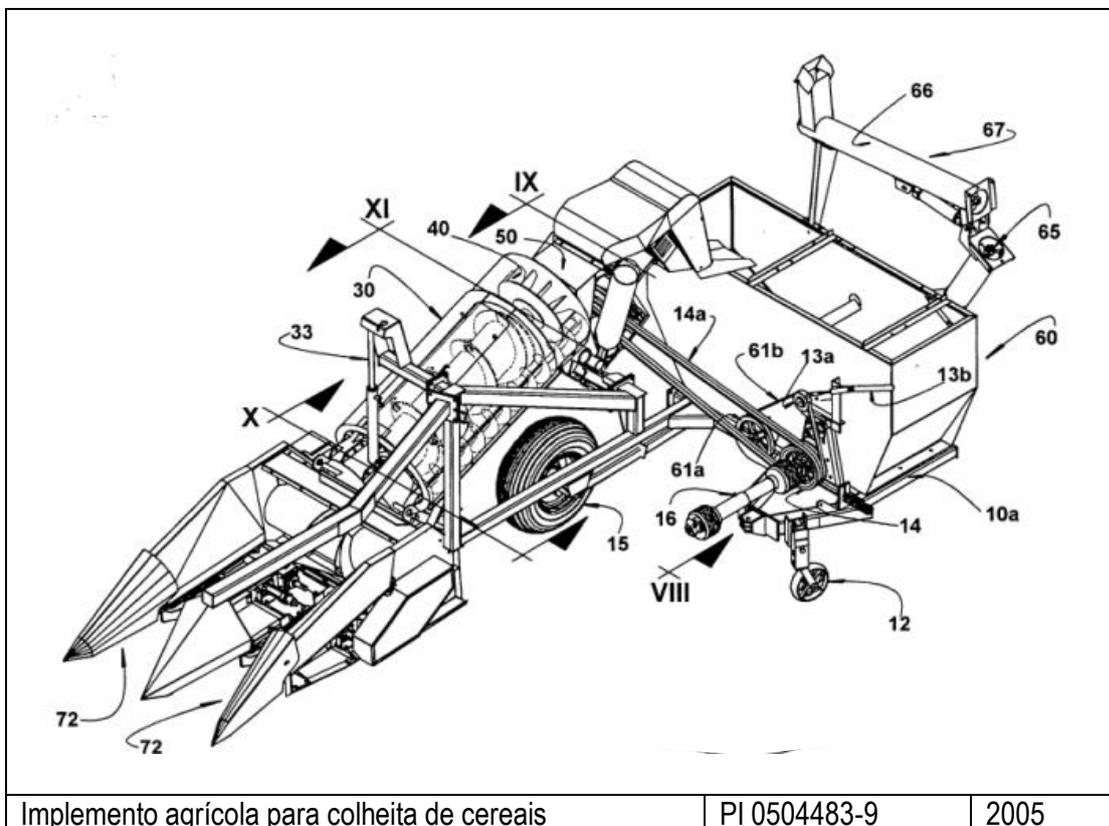
Os separadores (sistema que limita a faixa a ser cortada) possuem alguma regulagem? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Quais?
Sistema de corte: Altura mínima de corte: _____ mm. Velocidades da barra de corte em ciclos por minuto (1 ciclo = 2 cortes) Mín.: _____ Ciclos/min. Máx.: _____ Ciclos/min. Quais os ângulos de inclinação possíveis da barra de corte? Para cima: _____ graus. Para baixo: _____ graus. Qual o tipo de dedos utilizados na barra de corte? <input type="checkbox"/> Duplos <input type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Outro: _____ Qual a distância entre centro dos dedos da barra de corte? _____ mm Tipo de sistema de facas utilizado: _____
Molinete: Qual o diâmetro do molinete? _____ mm Qual o número de barras do molinete? <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> Outro: _____ Regulagens do molinete. Altura mínima em relação à barra de corte: _____ mm. Avanço em relação à barra de corte:

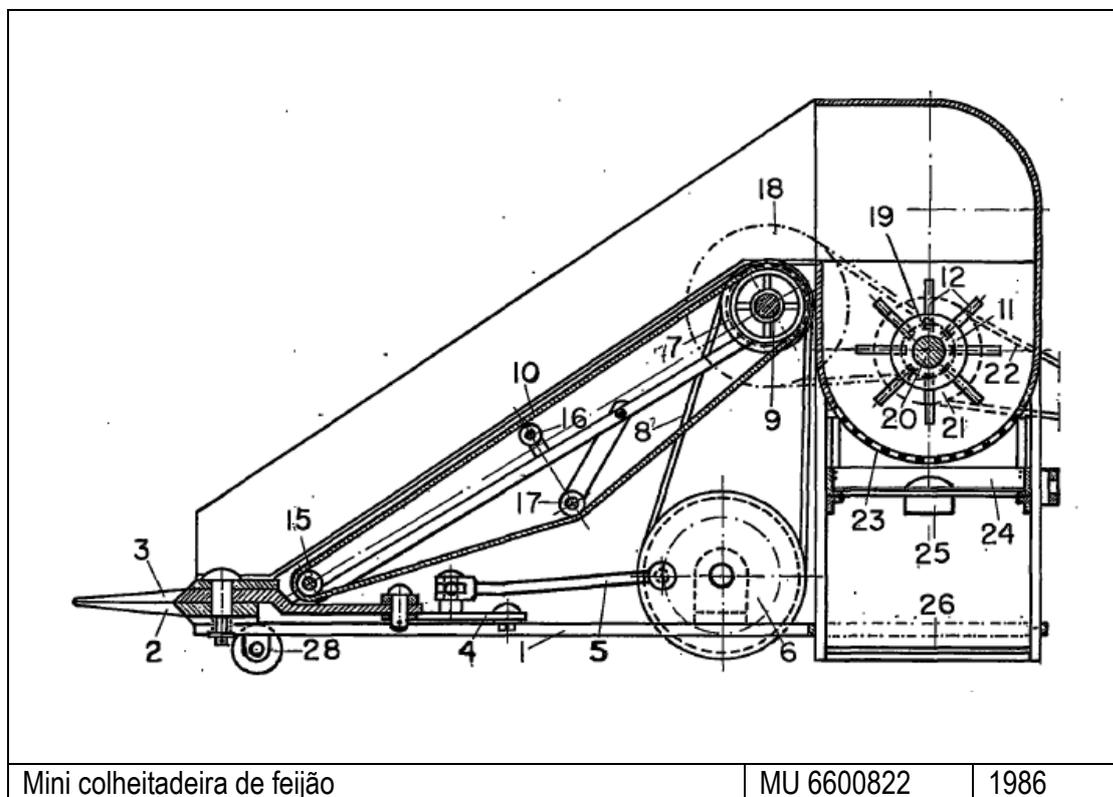
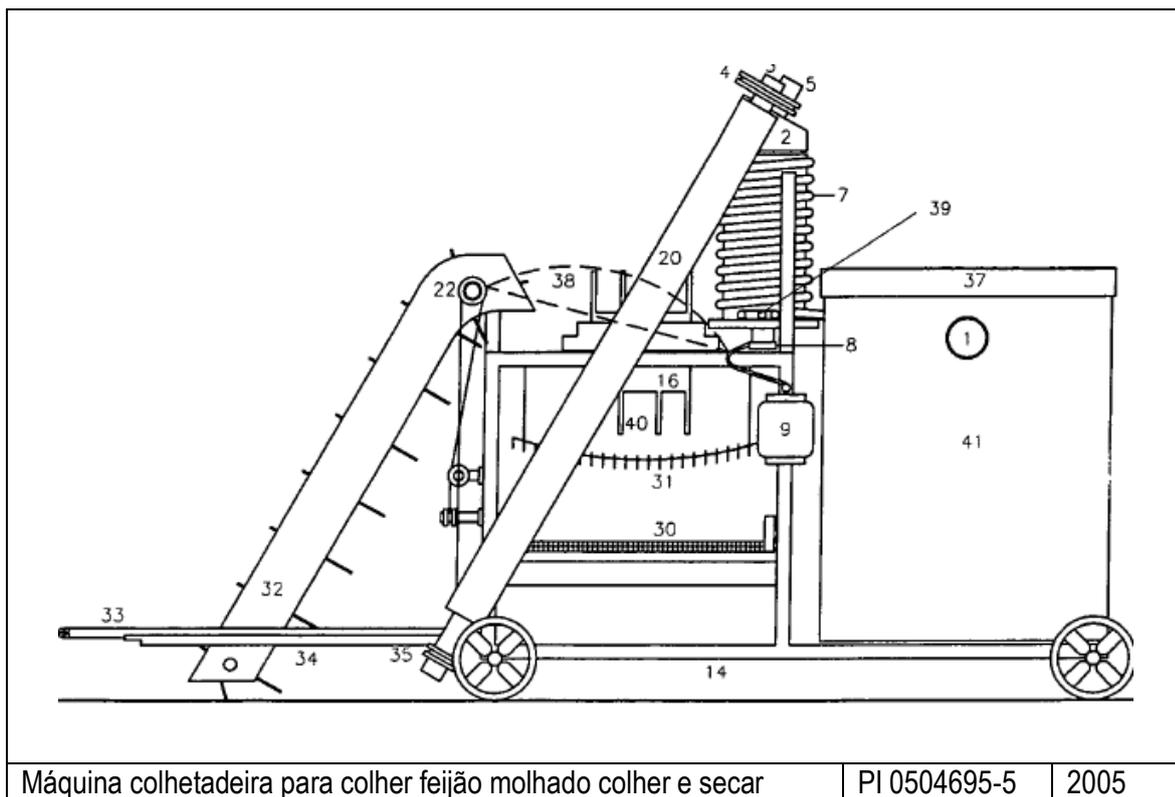
<p>Mín.: _____ mm. Máx.: _____ mm</p> <p>Rotação do molinete: Mín.: _____ rpm. Máx.: _____ rpm.</p> <p>Qual o material dos dedos? () Aço () Polímero () Outro: _____</p> <p>Qual o espaçamento entre dedos? _____ mm.</p> <p>Qual o comprimento dos dedos? _____ mm.</p> <p>Qual a inclinação máxima dos dedos? Para frente: _____ (graus) Para trás: _____ (graus)</p>		
Transportador transversal:		
<p>() Caracol</p> <p>Qual o diâmetro do caracol (incluir helicóide)? _____ mm.</p> <p>() Presença de dedos retráteis próximo ao canal alimentador.</p> <p>Qual a distância longitudinal entre os dedos? _____ mm</p> <p>Quais as rotações disponíveis do caracol? _____ rpm.</p> <p>Qual a variação possível de altura do caracol? Mín.: _____ mm Máx.: _____ mm.</p> <p>Qual o avanço do caracol? Mín.: _____ mm Máx.: _____ mm.</p>	<p>() Esteira</p> <p>Qual a velocidade tangencial da esteira? _____</p> <p>Qual a largura da esteira? _____ mm</p>	<p>() Outro _____</p>

4. Na sua opinião, quais as principais características que uma plataforma de corte deve conter para colher feijão?

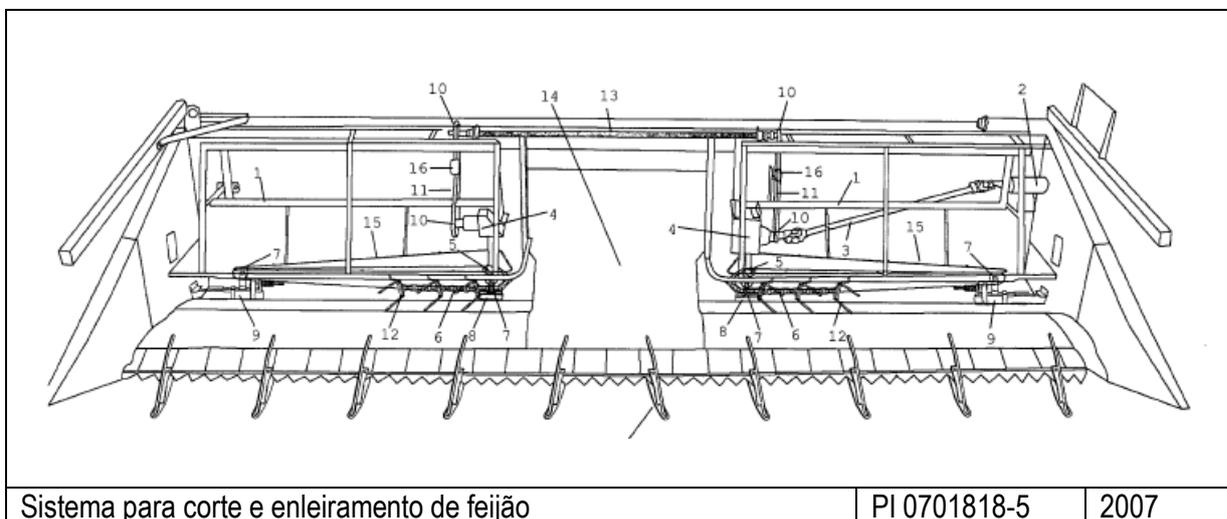
ANEXOS

Anexo A – Colhedoras com características de realizar todas as etapas da colheita



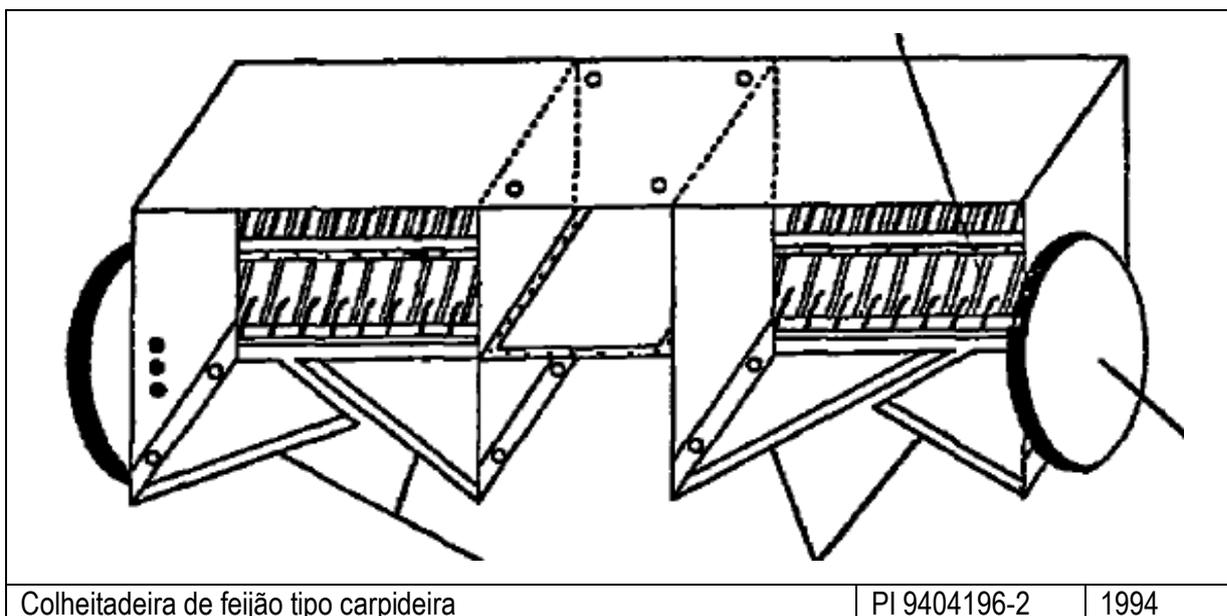


Anexo B – Colhedoras que cortam ou arrancam as plantas deixando-as no campo



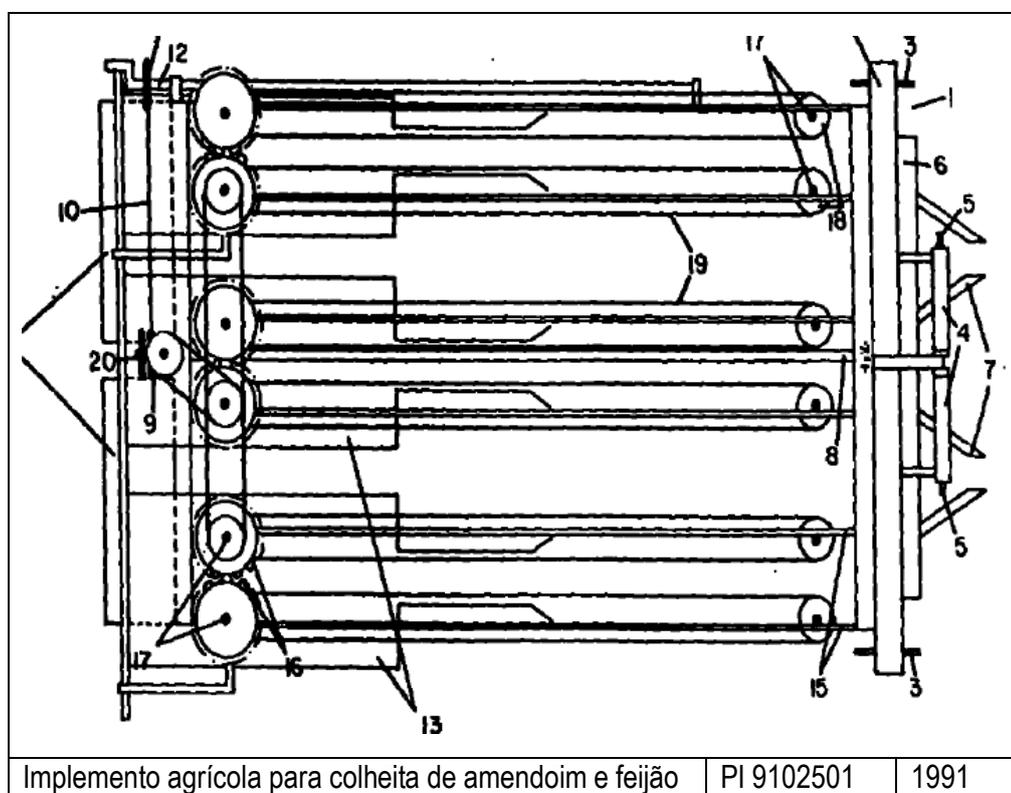
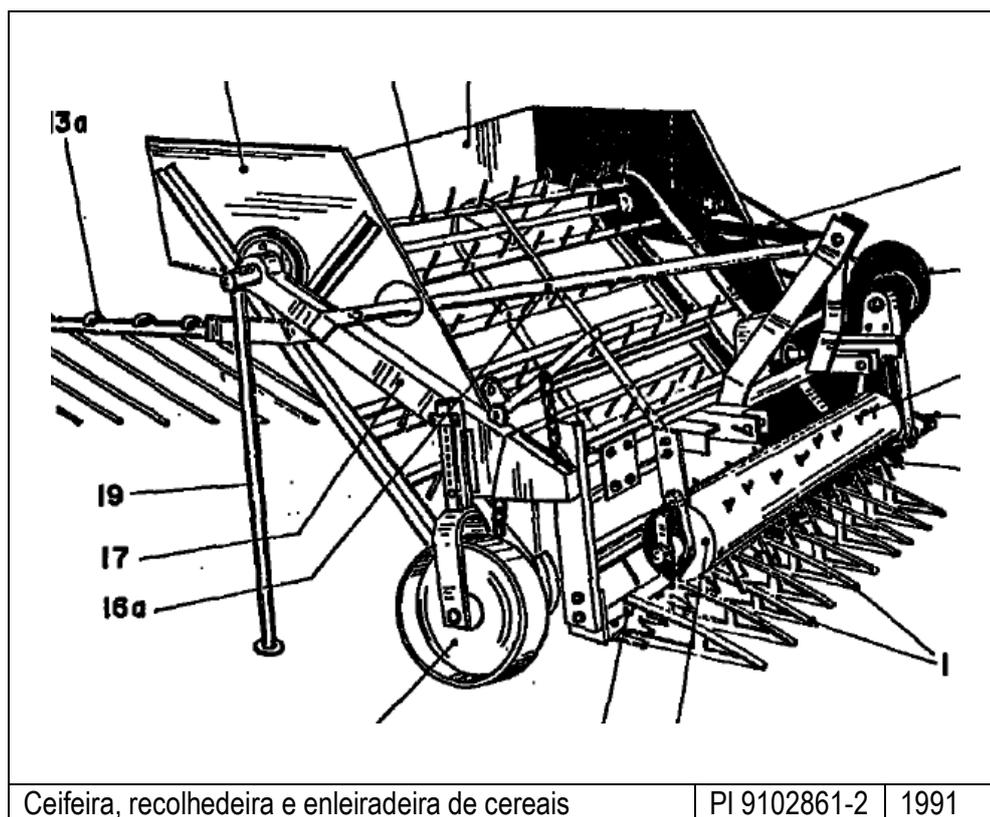
PI 0701818-5

2007

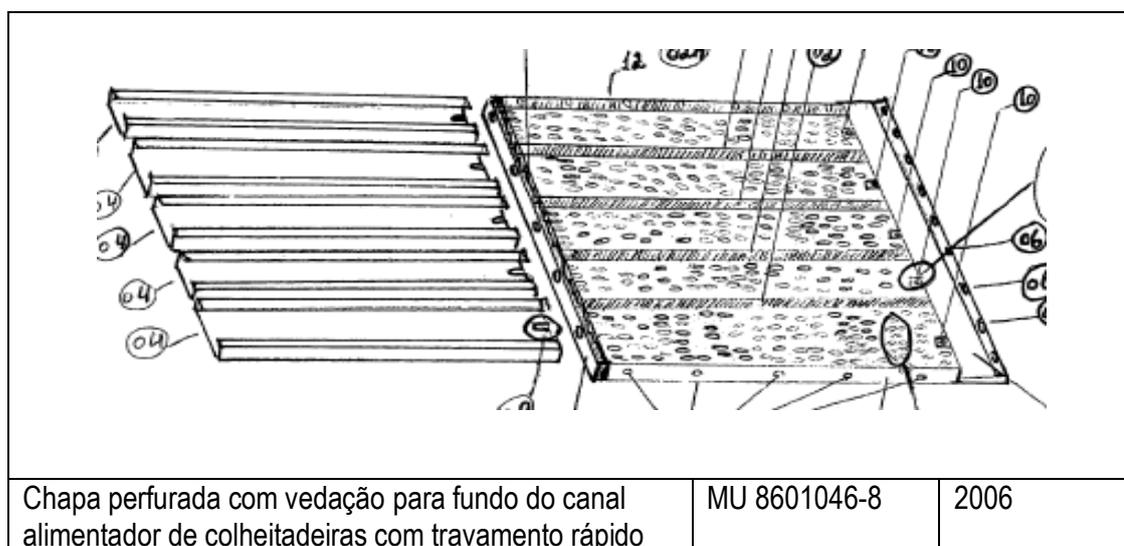
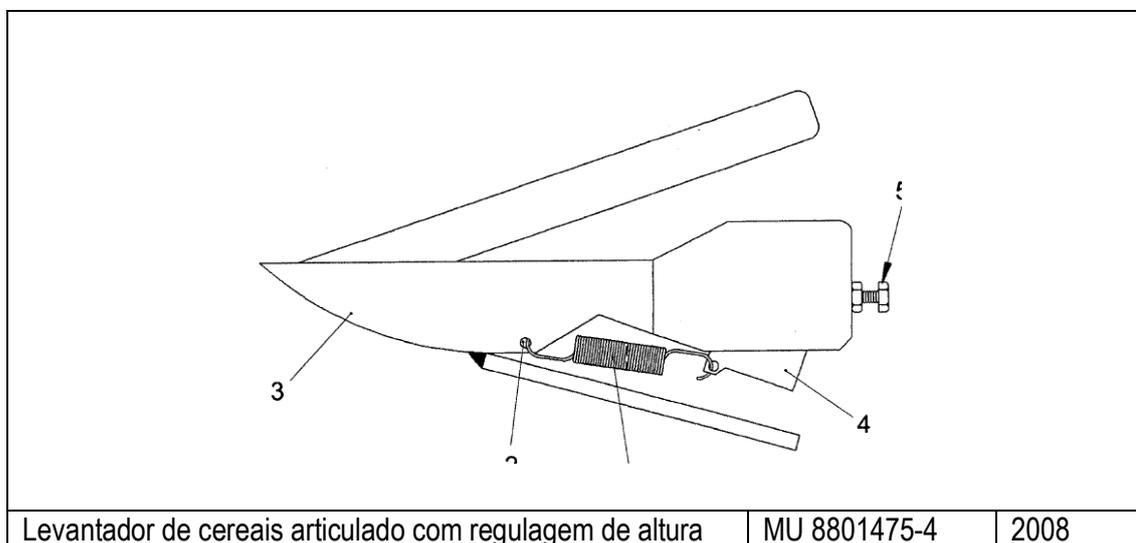


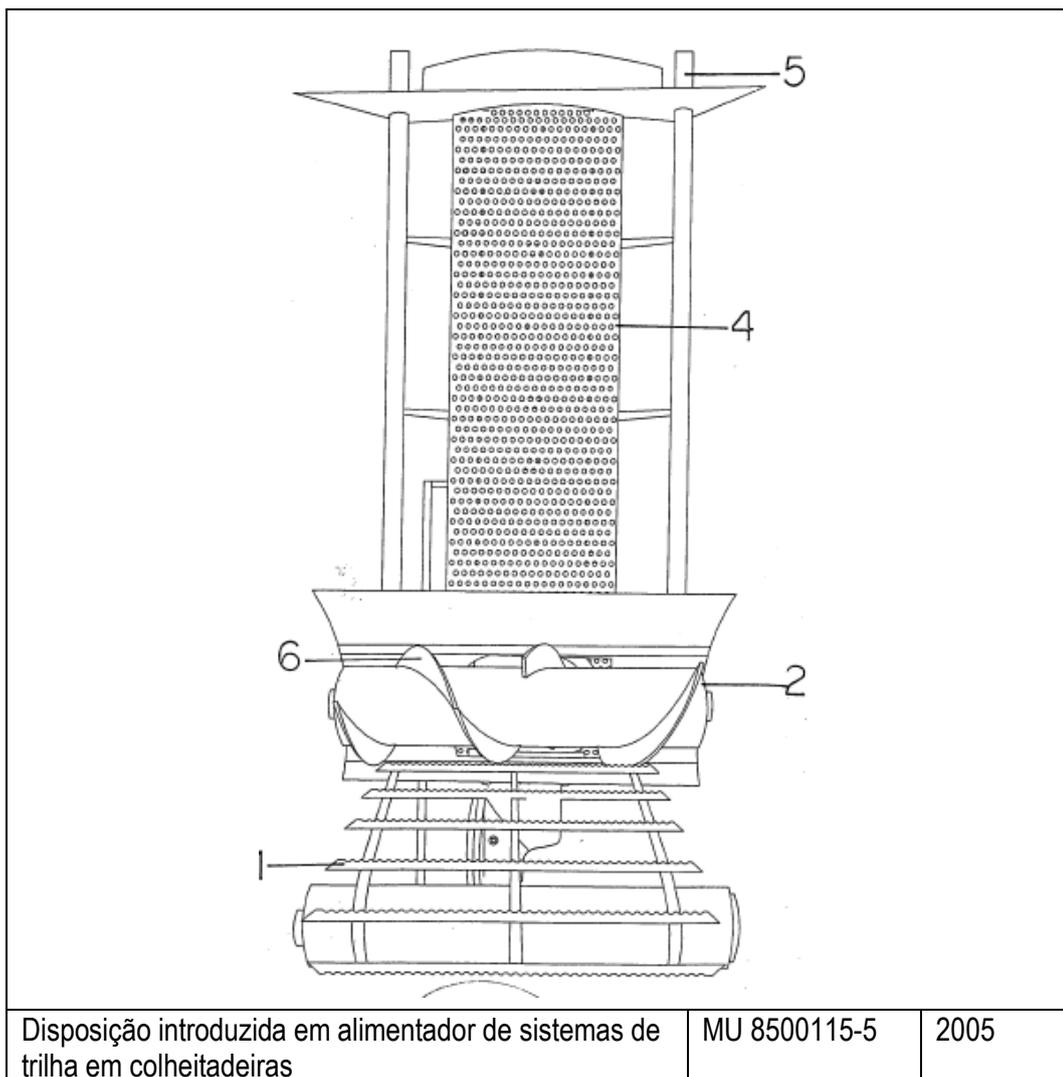
PI 9404196-2

1994



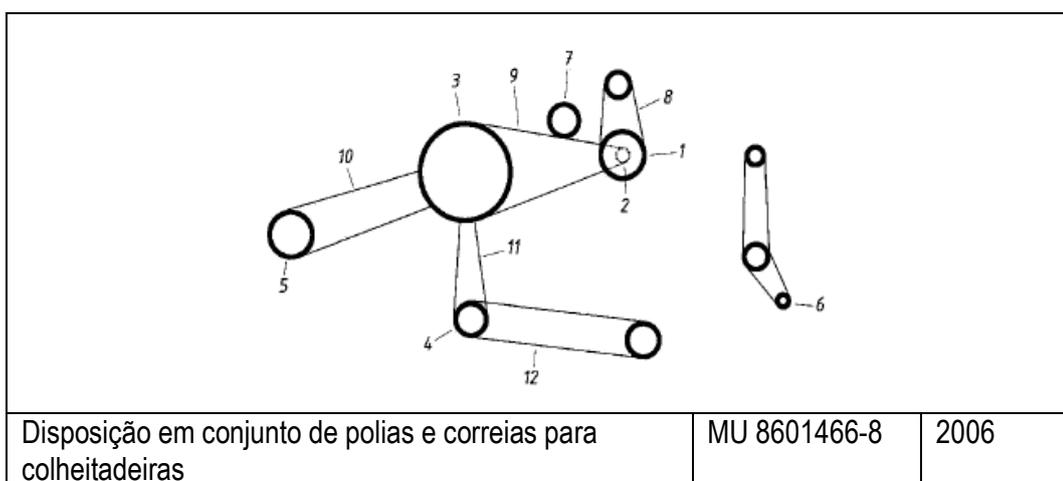
Anexo C – Componentes para serem adicionados ou substituir peças





MU 8500115-5

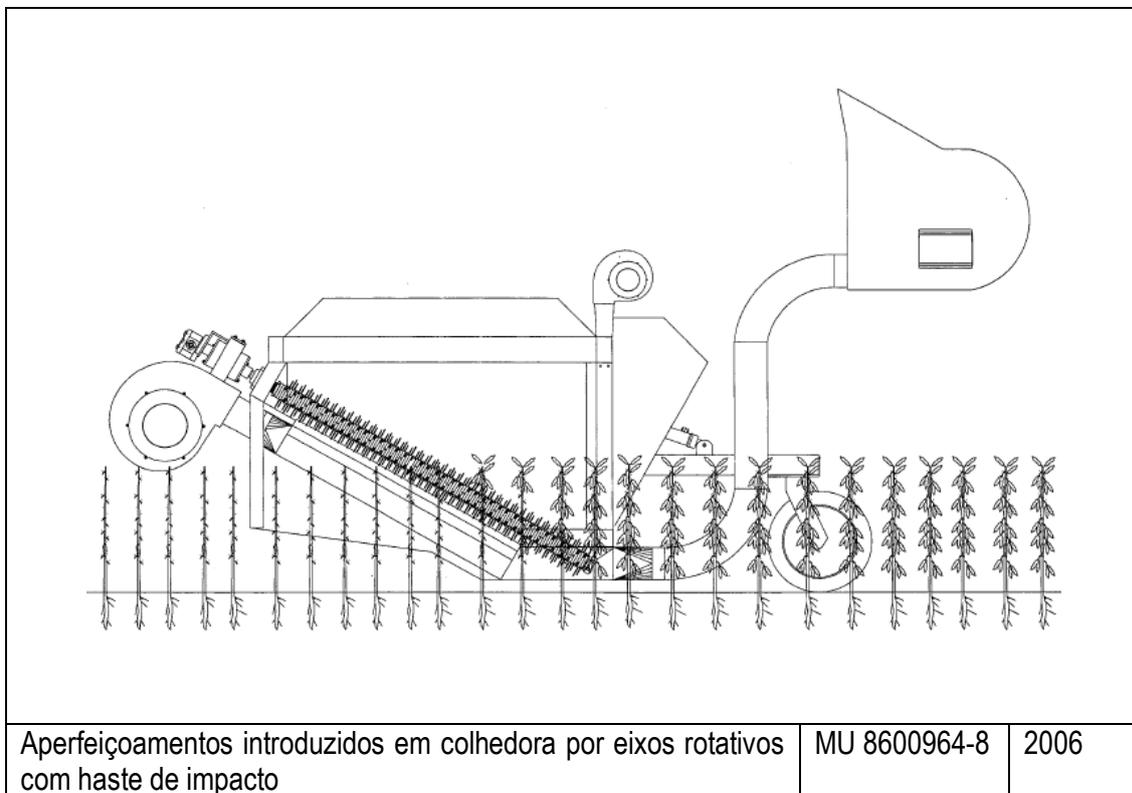
2005

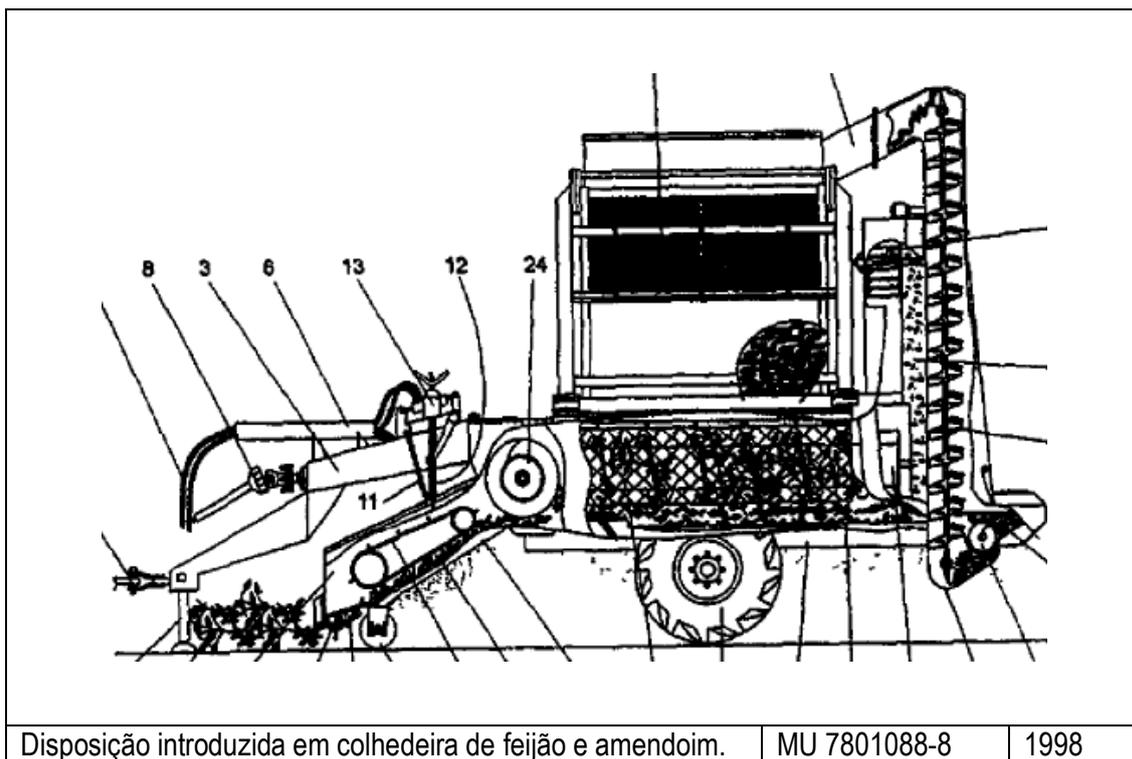


MU 8601466-8

2006

Anexo D – Outras máquinas agrícolas utilizadas na colheita de feijão

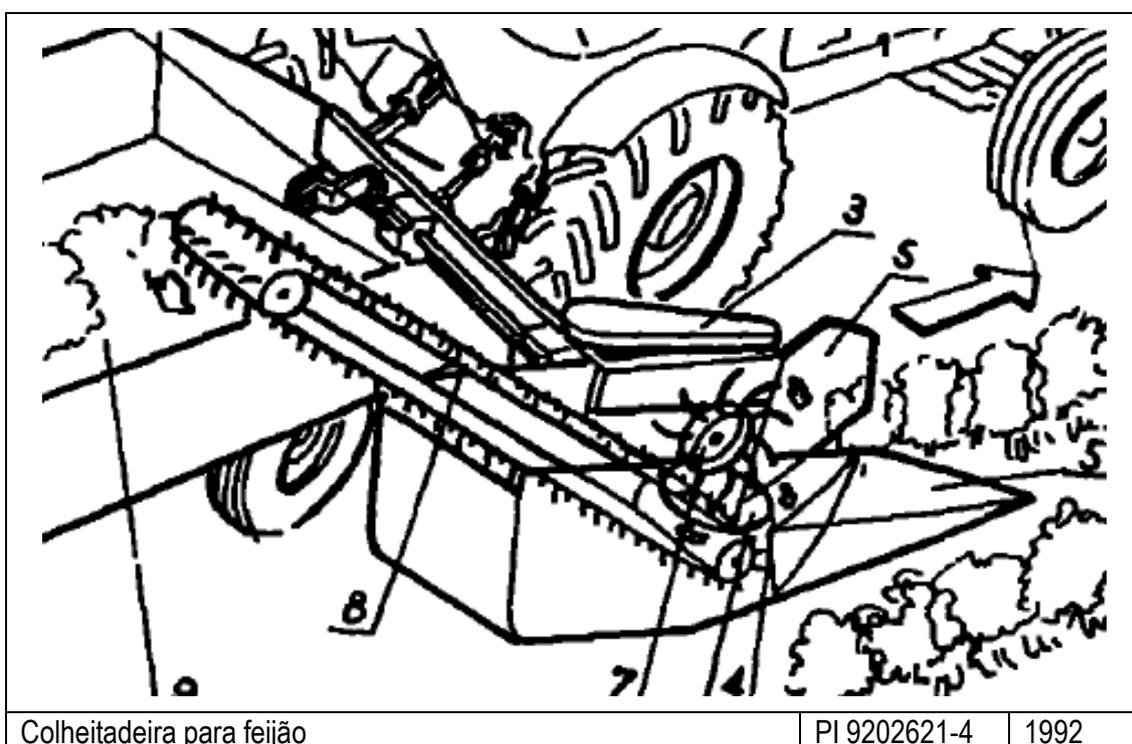




Disposição introduzida em colhedeira de feijão e amendoim.

MU 7801088-8

1998



Colheitadeira para feijão

PI 9202621-4

1992