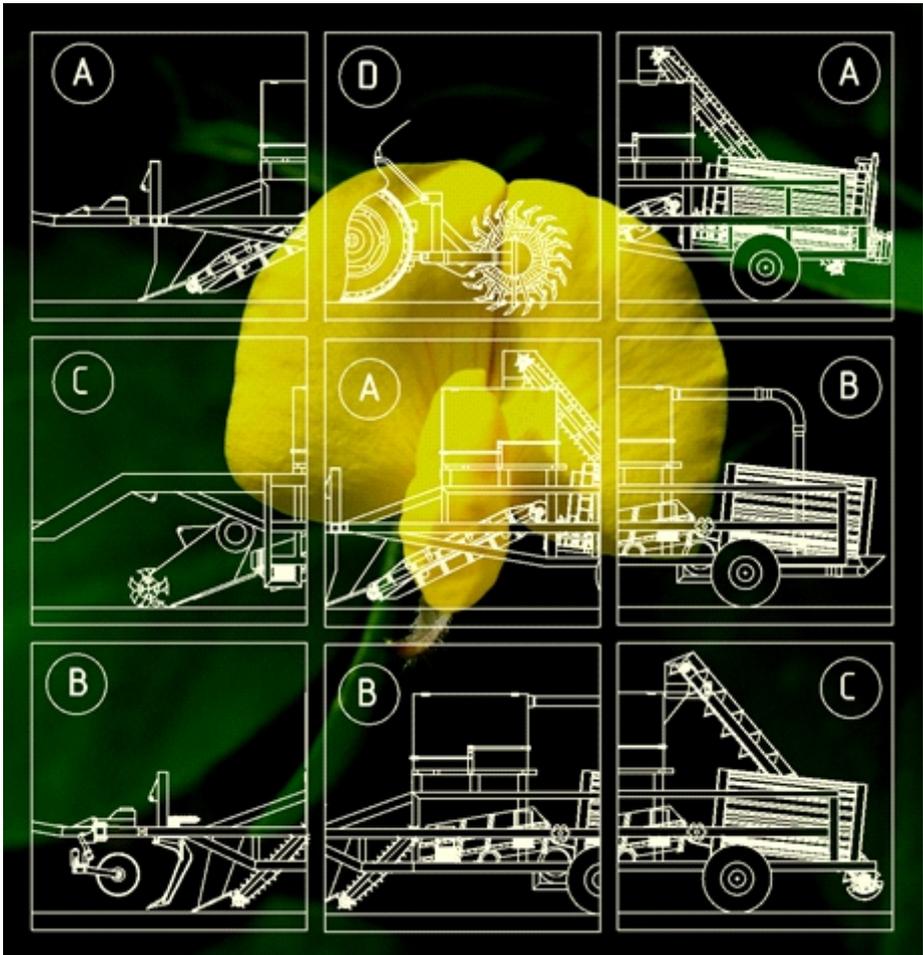


**Colhedora de Amendoim Forrageiro:
Desenvolvimento do Projeto
Conceitual**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Instrumentação
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 44

Colhedora de Amendoim Forrageiro: Desenvolvimento do Projeto Conceitual

Daniel Portioli Sampaio
Ricardo Yassushi Inamasu
Judson Ferreira Valentim
Hudson de Sousa Nardi
Beatriz Correia Forastiere da Silva
Gustavo Felício Perruci
Kléber Pereira Lanças
Clovis Isberto Biscegli
Sérgio Henrique Evangelista
Arthur José Vieira Porto
Marcos David Ferreira
Marcos Roveri José
Fellippe Damasceno

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação

Rua XV de Novembro, 1452

Caixa Postal 741

CEP 13560-970 São Carlos, SP

Fone: (16) 2107 2800

Fax: (16) 2107 2902

www.embrapa.br

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo e edição

Embrapa Instrumentação

Comitê de Publicações

Presidente

José Manoel Marconcini

Secretária-executiva

Maria do Socorro Gonçalves de Souza Monzane

Membros

Carlos Renato Marmo

Cíntia Cabral da Costa

Cristiane Sanchez Farinas

Elaine Cristina Paris

Maria Alice Martins

Paulo Renato Orlandi Lasso

Normalização bibliográfica

Maria do Socorro Gonçalves de Souza Monzane

Imagem da capa

Daniel Portioli Sampaio

Edição eletrônica e

tratamento das ilustrações

Valentim Monzane

1ª edição

1ª impressão (2019): 100 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados internacionais de Catalogação na publicação (CIP)

Embrapa Instrumentação

Colhedora de amendoim forrageiro: desenvolvimento do projeto conceitual da colhedora / Daniel Portioli Sampaio... [et al.]. – São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2019.

30 p. : il. ; (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Instrumentação, ISSN 1678-0434; 44)

1. Colhedora de sementes. 2. Amendoim forrageiro. I. Sampaio, Daniel Portioli. II. Inamasu, Ricardo Yassushi. III. Valentim, Judson Ferreira. IV. Nardi, Hudson de Souza. V. Silva, Beatriz Correia Forastiere da. VI. Perruci, Gustavo Felício. VII. Lanças, Kleber Pereira. VIII. Biscegli, Clóvis Isberto. IX. Evangelista, Sérgio Henrique. X. Porto, Arthur José Vieira. XI. Ferreira, Marcos David. XII. José, Marcos Roveri. XIII. Damasceno, Fellippe. XIV. Título. XV. Série.

CDD 633.368

Sumário

Resumo	5
Introdução	9
Metodologia	10
Projeto Informacional	10
Projeto Conceitual	11
Resultados e Discussão	13
Projeto Informacional	13
Documentação do protótipo	13
Principais problemas reconhecidos na colheita	15
Diagrama funcional para a colheita de amendoim forrageiro	16
Parâmetros para as funções principais da colheita	16
Lista de requisitos para a colhedora de amendoim Forrageiro	18
Projeto Conceitual	19
Geração de alternativas para as etapas de colheita	19
Seleção da Variante de Colhedora	22
Conclusões	28
Referências	28

Colhedora de Amendoim Forrageiro: Desenvolvimento do Projeto Conceitual

Daniel Portioli Sampaio¹

Ricardo Yassushi Inamasu²

Judson Ferreira Valentim³

Hudson de Sousa Nardi⁴

Beatriz Correia Forastiere da Silva⁵

Gustavo Felicio Perruci⁶

Kléber Pereira Lanças⁷

Clovis Isberto Biscegli⁸

Sérgio Henrique Evangelista⁹

Arthur José Vieira Porto¹⁰

Marcos David Ferreira¹¹

Marcos Roveri José¹²

Fellippe Damasceno¹³

Resumo

O Amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) é uma leguminosa com grande potencial de uso, quer seja em consórcio com gramíneas, para alimentação de bovinos, equinos e ovinos, quer seja na melhoria da fertilidade do solo através do processo de fixação biológica de nitrogênio, contribuindo para o aumento da produtividade animal, e sobretudo aos serviços ambientais frente a mitigação dos gases de efeito estufa. Além disso, a leguminosa favorece o controle de erosão devido a seu sistema radicular robusto e sua excelente cobertura do solo. Todavia, sua adoção em grande escala em pastagens consorciadas e outros usos, é limitada devido ao sistema semimecanizado de produção de sementes atualmente utilizado, o qual tem grande demanda de mão-de-obra, resulta em perdas e danos consideráveis as sementes, além de aumentar substancialmente

¹Engenheiro Mecânico, Embrapa Instrumentação, daniel.sampaio@embrapa.br

²Engenheiro Mecânico, Embrapa Instrumentação.

³Engenheiro Agrônomo, Embrapa Acre.

⁴Engenheiro Agrícola, Embrapa Acre.

⁵Engenheira Mecânica, UFSCAR.

⁶Engenheiro Mecânico, UFSCAR.

⁷Engenheiro Mecânico, UNESP - Botucatu.

⁸Físico, Embrapa Instrumentação.

⁹Engenheiro Mecânico, UFSCAR.

¹⁰Engenheiro Mecânico, USP - São Carlos

¹¹Engenheiro Agrônomo, Embrapa Instrumentação.

¹²Engenheiro Agrônomo, Unipasto.

¹³Engenheiro Agrônomo, UNESP - Botucatu.

o seu custo de produção. Este boletim de pesquisa descreve a concepção e seleção de um modelo de colhedora, que aperfeiçoa o sistema de separação das sementes do solo, e permite a realização do processo totalmente mecanizado, com o objetivo de reduzir o percentual de perda, mantendo a qualidade das sementes de amendoim forrageiro. Utilizou-se de uma metodologia de projeto sistemático em engenharia para esse desenvolvimento, abrangendo as etapas do projeto informacional e conceitual. Como resultado, incrementos de conhecimento sobre a colheita mecanizada de sementes de amendoim forrageiro foram obtidos, como a definição de uma lista de requisitos a serem atendidos pela colhedora e a obtenção de um modelo conceitual teórico para o equipamento. Os resultados deste estudo servirão para orientar o detalhamento do projeto mecânico dos componentes da colhedora e para as fases de testes de validação do protótipo, em continuidade ao desenvolvimento da pesquisa.

Palavras-chave: Colhedora de sementes, Amendoim Forrageiro, Projeto sistemático.

Forage Peanut Harvester: Development of the Conceptual Design

Abstract

Forage peanut (*Arachis pintoi*) is a legume with great potential of use in consortium with grasses to feed cattle, horses and sheep because it promotes biological nitrogen fixation and improves soil fertility, thus contributing to increase animal productivity, and mainly to environmental services for greenhouse gas mitigation. Additionally, the legume improves control of soil erosion due to its robust root system and excellent ground cover. However, its wide scale adoption in mixed pastures and other uses is limited due to the currently semi-mechanized seed production system being used, which has great demand of labor, results in considerable loss and damage to the seeds, besides substantially increasing seed production costs. This research describes the development and selection of a harvester concept, which optimizes the seed separation system, and allows a fully mechanized process, with the objective of reducing percentage of loss and maintaining forage peanut seed quality. A systematic engineering design methodology was used for this development, covering the phases of informational and conceptual design. As a result, the knowledge regarding mechanized harvesting of forage peanut seeds was improved, such the technical requirements to be met by the harvester and the conceptual model structure for the equipment. The results of this study will serve to guide the detailing of the mechanical design of the harvester components and the prototype validation test phases, in continuity of the research development.

Key-words: Seed Harvester Machine, Forage Peanut, Systematic Design.

Introdução

A produção animal nos trópicos tem apresentado bons resultados quanto à utilização de pastos consorciados de gramíneas e leguminosas, em substituição a aplicação intensiva de fertilizantes (SHELTON et al., 2005). O amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) é uma leguminosa com alta capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN), o que permite melhorar a fertilidade do solo. Esta leguminosa também apresenta grande compatibilidade com as cultivares de gramíneas dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*, as quais predominam nos mais de 110 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil (IBGE, 2019). Devido a alta qualidade da leguminosa, pastagens de gramíneas consorciadas com amendoim forrageiro permitem aumentar a produtividade animal por área (ANDRADE et al., 2015; SALES et al., 2015). A substituição de fertilizantes pela FBN no suprimento de nitrogênio para o complexo solo-planta-animal reduz o custo de produção. Além disso, a leguminosa favorece o controle de erosão devido ao seu sistema radicular robusto, sua excelente cobertura do solo (VALENTIM et al., 2001) e a redução da emissão de N₂O para a atmosfera (COSTA et al., 2016). Com o objetivo de ampliar e estudar o emprego da leguminosa em todo o território nacional, a Embrapa desenvolve um Programa Nacional de Melhoramento de Amendoim Forrageiro, tendo já registrado desde 2011 a cultivar BRS Mandobi (MAPA, 2019), primeira cultivar com produção de sementes desenvolvida no Brasil. Essa cultivar tem potencial para adoção nos 46 milhões de hectares de pastagens cultivadas estabelecidas no bioma Amazônia (VALENTIM et al., 2017).

Entretanto, o lançamento da cultivar BRS Mandobi no mercado requer um processo de colheita eficiente para viabilizar a produção comercial em larga escala de sementes. Um dos principais pontos a serem atacados é a mecanização do processo de colheita das sementes, que representa um alto custo no sistema de produção semimecanizado utilizado atualmente, devido ao baixo rendimento e grande dependência de atividades manuais repetitivas, como o peneiramento do solo (ASSIS et al., 2011).

Cook e Franklin (1988) e Assis et al. (2011) mostraram que a etapa de separação do solo das sementes poderia ser realizada por sistema semimecanizado composto por um conjunto de peneiras rotativas inclinadas. No entanto, este sistema ainda depende da alimentação manual do solo com as sementes por meio de pás. Desde 2008 a Embrapa Acre, em colaboração com a Associação para o Fomento para à Pesquisa de Melhoramento de Forrageiras (Unipasto), vem desenvolvendo um protótipo mecanizado de colhedora de sementes que incorpora, além da separação das sementes, operações como a de extração e condução do solo, e armazenagem das sementes no equipamento. Apesar do sucesso da iniciativa, ainda são necessários aprimoramentos para que o implemento propicie uma colheita eficiente, assegurando a manutenção da qualidade das sementes e os rendimentos necessários para reduzir os custos de produção, viabilizando a comercialização de sementes de amendoim forrageiro

a preços acessíveis aos produtores de pecuária. Nesse sentido, em 2016 a Embrapa Acre e Embrapa Instrumentação iniciaram o projeto intitulado “Desenvolvimento de Colhedora de Sementes de Amendoim Forrageiro” com os objetivos de 1) documentar e estudar o protótipo no estado atual; 2) redimensionar as partes sob aspectos de adequação dos elementos e mecanismos do protótipo; 3) produzir um memorial descritivo para viabilizar a análise técnica pelos especialistas em workshop de avaliação; e, 5) desenvolver um projeto conceitual de colhedora que atenda aos requisitos de eficiência de colheita e de manutenção da qualidade das sementes (BAYMA et al., 2016; GONÇALVES, 2018).

Este boletim visa reportar os resultados da pesquisa sobre a colhedora de amendoim forrageiro, que vão desde o levantamento do histórico de desenvolvimento empírico precedente, documentação do protótipo, entendimento e modelagem dos sistemas, até a proposição de um modelo conceitual, no sentido de gerar a melhor solução aos mecanismos para o equipamento e, conseqüentemente, resultar em aumento de rendimento da colhedora.

Metodologia

Como o foco da pesquisa foi o desenvolvimento do projeto da colhedora de sementes de amendoim forrageiro, a metodologia se baseou em referências de projeto sistemático em engenharia como em Rodrigues et al., (2015) e Pahl et al. (2005), mostrados na Figura 1. Sendo assim, o trabalho englobou as fases de projeto informacional e conceitual.



Figura 1. Fluxograma a ser seguido para desenvolvimento do projeto mecânico da colhedora de amendoim Forrageiro.

Projeto Informacional

A primeira fase foi a busca de informações sobre os problemas relacionados a colheita de sementes de amendoim forrageiro, que envolveu a documentação em desenhos técnicos do protótipo existente da colhedora, apresentado em Perruci et al. (2018). A documentação e o estudo dos principais problemas e restrições do equipamento auxiliaram na definição das funções a serem atendidas pelo equipamento.

Na seqüência, foram coletadas amostras indeformadas de solo da área experimental da Embrapa Acre (Figura 2b), para a obtenção de propriedades de

granulometria e ensaios de resistência ao cisalhamento direto e tri-axiais (Figura 2c). Estes dados foram utilizados para embasar os modelos de resistência ao solo e estabelecer as condições de contorno para o equipamento, na interação entre lâmina e solo, baseados no modelo de lâmina bidimensional presentes em Gill e Berg (1968).

Outros pontos caracterizados foram as dimensões das sementes de amendoim forrageiro BRS Mandobi e as condições de operação em campo, principalmente para a separação de solo na colhedora (Figura 2a). Essas informações serviram para estabelecer a referência do desempenho atual do protótipo e auxiliar na proposição de metas de projeto. Nesse sentido, buscou-se avaliar os sistemas atuais de peneiras rotativas, para estabelecer um nível de separação do sistema e a capacidade de alimentação. Os resultados foram obtidos através de filmagens dos ensaios e a caracterização posterior da granulometria das massas de entrada e saída do separador. Estas informações foram utilizadas para o ajuste dos parâmetros do modelo apresentado em Alter et al. (1981).

Ao final dessa fase, reuniram-se todos os resultados obtidos em uma lista de requisitos e especificações a serem atendidas pelo projeto do equipamento para a colheita mecanizada das sementes.



Figura 2. Detalhe dos ensaios realizados para as definições das condições de contorno para o projeto da colhedora de Amendoim Forrageiro. a) Ensaios de colheita de sementes com o protótipo, b) Amostras indeformadas de solo para a granulometria e ensaios de resistência c) Ensaios de compressão tri axiais em mecânica dos solos.

Projeto Conceitual

O principal objetivo dessa fase foi gerar e selecionar alternativas conceituais para a colhedora. A primeira etapa foi a decomposição do processo de colheita de sementes de amendoim em blocos funcionais, ou síntese funcional (PAHL et al., 2005; OTTO; WOOD, 2001; RODRIGUES et al., 2015), onde o estudo faz o mapeamento de cada modificação dos fluxos de massa, energia e sinais do processo. Este mapeamento foi importante para organizar e estruturar a geração de alternativas para o equipamento. Nesse contexto de busca de alternativas

para cada etapa do processo, realizou-se um workshop (Figura 3), em sessões de brainstorming e dinâmicas de grupo, contando com apoio voluntário de especialistas da área de máquinas agrícolas, pois a solução refere-se a um tema multidisciplinar, que envolve as áreas de projetos de máquinas agrícolas; avaliações de viabilidade do custo de produção para a cultura; e a garantia de elevada pureza, integridade e viabilidade da germinação das sementes ao final do processo de colheita.



Figura 3. Detalhe das dinâmicas do Workshop “Amendoim Forrageiro: Desafios para a Colheita de Sementes”, realizado em São Carlos em 23 de novembro de 2018.

Nas sessões de 'brainstorming' do workshop, as ideias sobre opções de mecanismos foram compiladas em uma matriz morfológica para cada função da colhedora. Essa matriz foi utilizada em uma dinâmica de grupo, no próprio workshop, para a geração de alternativas de máquinas completas para a solução do problema. A figura 4 mostra as duas etapas da dinâmica, a primeira de proposição de alternativas para cada função do equipamento, e a segunda de criação de variantes de máquinas completas para a solução da colheita de sementes incorporando as alternativas da etapa anterior.

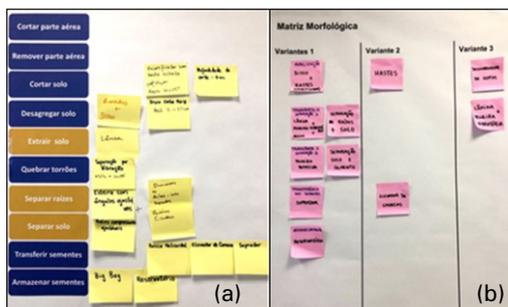


Figura 4. Detalhe do uso da matriz morfológica das dinâmicas do Workshop. a) Detalhe de opções de mecanismos para cada função da colhedora b) Detalhe da montagem de alternativas de máquinas completas.

Após a análise dos resultados foram elaborados desenhos dos conceitos gerados no workshop em ambiente CAD. Os conceitos foram reapresentados aos especialistas para avaliação de atendimento em relação aos itens da lista de requisitos definida, através de um questionário eletrônico. Este processo consistiu em uma pesquisa eletrônica onde, em um primeiro momento, se criou alguns critérios qualitativos para a verificação da expectativa de atendimento das variantes. Em seguida, os especialistas foram indagados sobre a relevância dos parâmetros de avaliação criados. Após essa priorização, foram feitas avaliações comparativas entre os mecanismos do protótipo existente e das variantes conceituais geradas nas dinâmicas. Com isso, após as análises das respostas, foi selecionada a variante conceitual mais promissora a ser detalhada na sequência da pesquisa.

A partir da seleção dos mecanismos principais da colhedora, projeções de rendimento e custos de produção foram estabelecidos para verificação da conformidade e viabilidade da proposta com o sistema de produção das sementes. Para isso, utilizou-se os coeficientes técnicos do custo de produção de sementes de amendoim forrageiro BRS Mandobi presentes em Valentim et al. (2009), os quais foram modificados para a inclusão do implemento e retirada das operações realizadas manualmente, substituídas pela mecanização. Os custos para as operações agrícolas da colhedora e dos tratores, utilizados para os diferentes cenários avaliados, foram calculados pela adaptação da metodologia presente em Ferreira (2008), Pacheco (2000) e Balastreire (1990). Os valores dos custos de produção das sementes foram ajustados com base no Agriannual (2009) referente ao ano em que foram estabelecidos os custos de produção.

Com isso, foram criados três cenários comparativos para diferentes condições de operação da colhedora: 1) profundidade de atuação da lâmina; 2) potência do trator; e, 3) número de passadas no campo. A produtividade no campo foi ajustada de acordo com a altura de atuação da colhedora conforme a ocorrência média das sementes por altura apresentadas em Assis (2008). Contudo, foi possível relacionar o potencial ganho percentual no custo final das sementes pela adequação do rendimento do cenário para a sua colheita mecanizada.

Resultados e Discussão

O relato dos resultados da pesquisa sobre o desenvolvimento da colhedora de amendoim forrageiro seguiu a mesma forma da metodologia, dividida em projeto informacional e conceitual. O propósito final foi selecionar o melhor conjunto de mecanismos do equipamento e consequentemente resultar no aumento de rendimento da colhedora.

Projeto Informacional

Documentação do protótipo

A relevância da documentação do protótipo foi permitir a reconstrução de partes do equipamento que porventura venham a falhar ou apresentem

desgastes pelo uso. Também, favoreceu o entendimento inicial sobre as operações necessárias para a colheita de sementes de amendoim forrageiro. Outro ponto importante desta etapa foi fornecer as condições dimensionais para os modelos teóricos das operações executadas pela colhedora e a estimativa de custo de construção do implemento.

O implemento agrícola é constituído de um chassi de elementos tubulares em aço carbono, com rodado traseiro, de dimensões principais de comprimento, largura e altura: 6,3, 2,5 e 2,9 metros respectivamente. Este possui uma massa total de 1,5 toneladas a ser rebocado por um trator agrícola de 200 C.V., operando a uma velocidade de 0,6 km/h. O implemento foi concebido incorporando um sistema de corte e extração do solo (com as sementes), onde a extração é realizada por uma lâmina de 100 milímetros de comprimento e 0,8 metros de largura, que direciona uma camada de solo para dentro do implemento, através da sua movimentação. O equipamento inclui sistemas de separação do solo, resíduos da parte aérea, estolões e raízes das sementes, através de dois sistemas de separação. O primeiro consiste de uma esteira de varredura contra um anteparo de chapa, com furações, com 2 metros de comprimento e inclinação de 25°. O segundo é composto de um conjunto de peneiras rotativas concêntricas inclinadas a 6°, que possuem diâmetros internos de 880 e 680 milímetros e comprimentos de 1,67 e 1,89 metros respectivamente. O acionamento do implemento é realizado pela tomada de potência e também pelo sistema hidráulico do trator, mediante o acoplamento de mangueiras. As sementes são transportadas após a separação para um reservatório no implemento para posterior transferência ao local de processamento das sementes. Em relação ao mecanismo encontrado em Cook e Franklin (1988), foi possível verificar um avanço em mecanização, pois elimina a necessidade de alimentação manual do equipamento por trabalhadores com o uso de pás. A figura 5 mostra uma vista geral do modelo CAD do protótipo.



Figura 5. Vista em perspectiva do modelo em CAD gerado na documentação do protótipo.

Principais problemas reconhecidos na colheita.

O primeiro protótipo desenvolvido inicialmente pela Unipasto, nos anos de 2007 a 2012, executava a separação do solo através de níveis horizontais de peneiramento vibratório (Figura 6a). Entretanto, a capacidade de separação das sementes do solo era limitada pelo mecanismo, pois o volume de solo e outros produtos como raízes e torrões eram elevados, mesmo após reduções de velocidade de deslocamento e regulagem da abertura das peneiras. Após outras adaptações e tentativas sem êxito, a Unipasto decidiu doar o equipamento para a Embrapa em 2014, com o objetivo de dar continuidade ao desenvolvimento da colhedora. A partir de então, o protótipo passou por aprimoramentos com a troca do equipamento horizontal de peneiramento vibratório por um par de peneiras cilíndricas rotativas concêntricas apoiadas e acionadas por um conjunto de rodas. Esta foi a versão do equipamento documentada na seção anterior (Figura 6b). Outra modificação efetivada em 2016 foi a substituição do sistema de acionamento das peneiras que passou a ser executado por um eixo central, com o objetivo de reduzir o escorregamento de acionamento das peneiras (Figura 6c), as quais passaram a possuir diâmetros internos de 700 e 1300 milímetros. Porém, o grande volume de solo presente nos materiais de colheita se caracterizou como o principal limite para o bom rendimento do equipamento. Outro ponto a ser aperfeiçoado foi o rendimento da retirada das sementes do solo. Para os ensaios de colheita realizados nos anos de 2015 e 2016, ainda permaneceram no solo 57% e 40% das sementes respectivamente.

Como a lâmina pode ser a razão do baixo rendimento, a equipe do projeto realizou estudos com o uso de uma pá carregadeira para a alimentação do protótipo de forma estacionária (Figura 6d).



Figura 6. Histórico de desenvolvimento do protótipo da colhedora a) 2001 a 2011; primeiro protótipo com sistema de separação das sementes por peneira horizontal vibratória. b) 2014 a 2015; o sistema de separação foi substituído por peneiras cilíndricas acionadas por roldanas. c) 2016; o acionamento foi substituído por um eixo central d) 2017 a 2018; o sistema de alimentação por esteira raspadora foi substituído por um alimentador por helicóide.

Diagrama funcional para a colheita de amendoim forrageiro

Com base nos ensaios de colheita foram reconhecidos outros componentes nos produtos, além das sementes e do solo, que devem ser separados, pois influenciam no rendimento dos mecanismos da colhedora. São eles: os estolões, folhas e material na cobertura do solo provenientes da parte aérea da planta e as raízes que permanecem sob o solo. Não obstante, as sementes podem estar envoltas em torrões, em solos com maiores teores de argila e silte.

A partir do problema inicial, de como colher a semente de amendoim forrageiro com eficiência, mantendo a sua qualidade e incluindo os demais componentes identificados, foi possível realizar a decomposição funcional presente na figura 7. Nesta, para se chegar ao armazenamento das sementes, primeiro é necessário remover todo o material aéreo da planta, bem como desestruturar o solo em redor das sementes, para que facilite a operação de extração do material para a colhedora. Na sequência, várias funções de separação são necessárias para cada componente do material extraído. No diagrama estão demarcadas as três funções principais identificadas como as restrições mais importantes ao processo de colheita pelo protótipo.

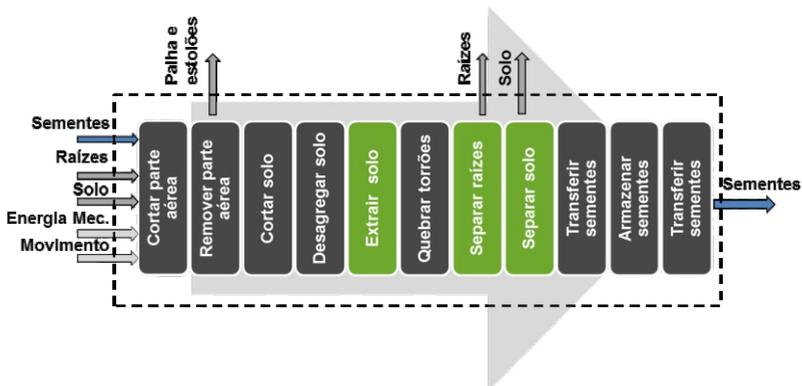


Figura 7. Diagrama funcional para a colheita de Amendoim forrageiro. No diagrama são apresentadas as funções principais em verde claro e os fluxos de massa e energia para a colhedora.

A técnica da decomposição em estrutura funcional tem a importância de descrever o processo necessário para a resolução do problema principal, sem ser influenciada por mecanismos ou sistemas preexistentes. Também permite orientar a pesquisa de alternativas de solução para as diferentes funções.

Parâmetros para as funções principais da colheita.

Os ensaios de campo foram importantes, tanto para o ajuste dos modelos teóricos, quanto para o estabelecimento das restrições da lista de requisitos da colhedora, complementando com dados quantitativos dos mecanismos dos

ensaios de colheita anteriores. Sendo assim, foram realizados ensaios de colheita para identificação dos pontos de melhorias nos sistemas preexistentes no protótipo, além de obter os dados iniciais de rendimento do equipamento em condições de operação em campo.

Com os ensaios de colheita, foram identificados dois obstáculos principais a serem vencidos no processo de desenvolvimento do protótipo. O primeiro desafio é a lâmina de extração, que necessita ser reconfigurada, pois atualmente, à profundidade de 100 milímetros, somente 60% das sementes são retiradas do solo, muito provavelmente pela falta de alcance da geometria. Entretanto, essa lâmina influencia diretamente na força e potência de tração do implemento e deve ser corretamente modelada. A figura 8(a) mostra o modelo de falha do solo pelo critério de Mohr-Coulomb e, através do critério, foi possível utilizar o modelo de lâmina inclinada de Gill e Berg (1968). O modelo permite o cálculo da reação do solo na lâmina, proporcional à tração do implemento. A figura 8(b) mostra a variação da força do modelo conforme a variação da inclinação da lâmina e da velocidade do implemento. De acordo com os resultados das simulações foi possível concluir, que a potência direcionada para a lâmina não é relevante, devendo ser considerada somente uma restrição geométrica, como reguladora do fluxo de material a ser processado pela colhedora.

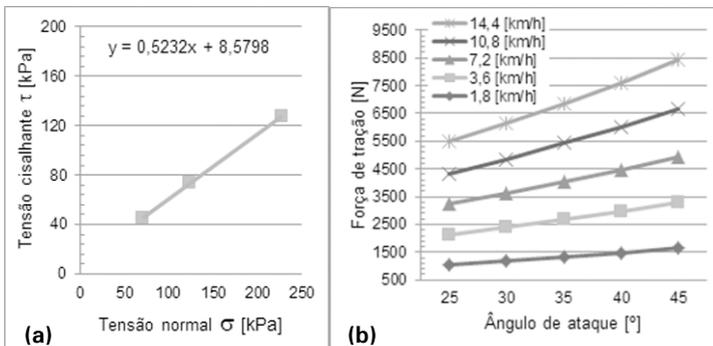


Figura 8. Resultados para o modelo da lâmina de extração: a) Resultados dos ensaios de compressão triaxiais do solo experimental; e, b) aplicação do modelo de força de tração da lâmina da colhedora para diferentes ângulos de inclinação e velocidade de avanço (GILL; BERG, 1968).

O segundo desafio detectado foi o baixo rendimento do conjunto de peneiras rotativas na separação do solo. Nos ensaios realizados, buscou-se modelar as peneiras utilizando um modelo baseado na separação de materiais para reciclagem (ALTER; GAVIS; RENARD, 1981). Nesse modelo, propriedades de granulometria inicial do solo foram determinadas como parâmetros de entrada. A tabela 1 resume os principais parâmetros que controlam o funcionamento das peneiras. São estes: a velocidade de rotação (ω), que controla o ângulo de

queda do material (α) e, por consequência, a energia de choque do material na peneira; aberturas das peneiras (#) conjuntamente com a distribuição de tamanho das partículas controlam o rendimento da separação (η); por fim, a inclinação do eixo longitudinal do conjunto (β) influencia no tempo de permanência do material nas peneiras.

O modelo, ajustado com os dados experimentais de entrada, obteve valores de rendimento de 96,80% na separação, próximos aos resultados experimentais medidos entre 94,66 a 97,33%, com e sem a recirculação do material na peneira respectivamente. Um ponto de restrição do mecanismo é a quantidade de solo admissível na entrada dos cilindros. Com o mecanismo ajustado para a melhor condição dos parâmetros, somente seis kg/s podem ser processados e acréscimos acarretaram paradas nos cilindros. Essa baixa vazão é um gargalo para o sistema e deve ser ajustada no novo conceito.

Tabela 1. Ensaios de peneiramento rotativo de colheita e comparativo com modelo analítico.



Variáveis	Modelo	1ª passada	2ª passada
R interno [mm]	350	350	350
# [mm]	20x20	20x20	20x20
R externo [mm]	650	650	650
# [mm]	5x5	5x5	5x5
Comprimento [m]	2	2	2
α [°]	40,95	40,95	40,95
B real [°]	1,4	1,4	1,4
ω [rpm]	30,03	35	35
ω crítico [rpm]	37,10	--	--
Alimentação [kg/s]	5,56	5,54	5,54
η separação [kg/kg]	96,80%	94,66%	97,33%
Massa de sementes [%]	--	1,30%	4,79%

A despeito do grande rendimento de separação do conjunto comparado com a quantidade de solo que entra na peneira, somente 1,3 a 4,79% da massa de saída qualifica-se como semente. Esse resultado mostra a necessidade de inclusão de novos estágios de separação do solo no processo, pois seria muito difícil promover melhorias na eficiência do mecanismo na separação de sementes.

Lista de requisitos para a colhedora de amendoim Forrageiro.

Por fim, com a compilação dos resultados dos ensaios de colheita e a documentação do protótipo foi possível sintetizar uma lista de requisitos essenciais para a colhedora como mostra a tabela 2. Nesta se encontram as seguintes classes de requisitos: as operações anteriores, características da granulometria da área experimental, geometria do protótipo e sementes, custos,

produtividades e algumas metas de rendimento estabelecidas para o processo. A lista de requisitos essenciais foi importante para balizar a fase posterior de idealização de alternativas para o projeto conceitual da colhedora.

Tabela 2. Lista de requisitos compilada para o projeto da colhedora de Amendoim forrageiro.

Lista de requisitos da colheita mecanizada de amendoim forrageiro	
1 Operações anteriores	5 Geometria de referência
Roçadora Desestruturação do solo (destorroador de cupim)	Sementes Comprimento 1 = 10,5mm Comprimento 2 = 6,5mm
2 Características da área experimental	Protótipo
8% de argila, 32% de silte, 41% de areia fina e 19% areia média Modelo de resistência de (Mohr-Coulomb) 31,5º Ângulo de atrito e 10,1kPa de coesão Área de 3,2 ha	Comprimento = 6300mm Altura = 2950mm Largura = 2200mm
3 Cinemática e demanda de potência	6 Custos e produtividade
Velocidade de avanço de 0,6 a 2,0 km/h (aumentar) Potência necessária 110 C.V. (reduzir)	Período de colheita = 18 a 21 meses Produtividade média = 2500 kg/ha Preço de venda = R\$ 32,60/kg Custo estimado de fabricação do protótipo = R\$ 120000,00 Produção de sementes - R\$ 19,17/Kg (2015)
4 Metas de colheita	
40% das sementes permanecem no solo (reduzir para 10%) 95% em massa dos produtos de colheita é solo (reduzir)	

Projeto Conceitual

Geração de alternativas para as etapas de colheita.

Essa etapa foi importante na geração de alternativas para o processo de colheita e na seleção de uma alternativa ou variante que melhor atenda a lista de requisitos essenciais. O resultado dessa etapa será utilizado para o início da fase de pré-projeto.

Para a geração de variantes, foi realizado um Workshop com a presença de especialistas nas áreas de engenharia mecânica, agrícola e agrônômica, onde foram apresentados todo o histórico de desenvolvimento do protótipo e as condições ambientais e agrônômicas para a colhedora, definidos na lista de requisitos. Com isso, à medida que ocorreu a dinâmica, os participantes foram realizando questionamentos sobre o processo de colheita das sementes. Também foram surgindo contribuições e alternativas para as funções da colhedora. A seguir, são listadas as contribuições dos participantes para os sistemas componentes do protótipo da colhedora, seguindo a ordem das operações de campo determinada na fase anterior do projeto informacional.

Tabela 3. Contribuições dos especialistas na seção de Brainstorming do Workshop.

Etapas internas do equipamento	Resumo da contribuição do Workshop
Cortar e remover a parte aérea	Apesar da possibilidade de inclusão dessa operação na passagem da colhedora a manutenção desta operação como atividade anterior propiciará maior flexibilidade ao processo. ^{1,2}
Corte e Desestruturação do solo	Apesar da possibilidade das sementes poderem ser separadas em um processo estacionário, como nos testes realizados, a configuração de um equipamento com movimentação conjunta com a separação das sementes deve ser a alternativa selecionada. ¹ Sugestão de inclusão de hastes de escarificação sem asas para a redução dos esforços na lâmina de extração; e a inclusão de discos de corte, para auxiliar na fragmentação das raízes e estolões que permanecem no solo após a remoção da parte aérea. ¹
Separação das sementes de demais componentes	Como resultados dos históricos dos testes de campo, dois tipos de peneiras horizontais e cilíndricas já foram testados no implemento e não produziram resultados satisfatórios. Uma terceira opção foi sugerida, com a combinação dos dois tipos em mais estágios de separação. ¹ Para favorecer a separação das raízes, folhas, e estolões, no primeiro estágio das peneiras horizontais, pode-se incluir um soprador. ¹ Para a etapa das peneiras cilíndricas, deve ser prevista a inclusão de aletas longitudinais para favorecer o incremento do ângulo de tombamento do material interno. ³
Transferência das sementes	Sugeriu-se um sistema alternativo de elevadores de canecas para a transferência das sementes. ³ Outra opção, para a etapa foi a inclusão de um transportador pneumático, com o uso de sopradores e tubulação fechada. ¹ Ensaio de avaliação da influência da alternância da profundidade da lâmina e o grau de rendimento de colheita, com o objetivo de reduzir o volume de solo recolhido.
Estudo e Ensaios complementares	Em complementação, sugeriu-se a caracterização da separação de diferentes proporções de solo e semente para a definição do grau de separação ótimo das peneiras. ⁴ Inclusão de flanges, furações e regulagens dos mecanismos da colhedora, para permitir ajustes rápidos nos ensaios de validação do protótipo em campo. ⁵

Contribuições: ¹Kléber Pereira Lanças, ²Judson Ferreira Valentim, ³Daniel Portoli Sampaio, ⁴Arthur José Vieira Porto, ⁵Sérgio Henrique Evangelista.

Após essa etapa inicial, com o uso de uma matriz morfológica, foram geradas variantes de colhedoras com base nas alternativas sugeridas na dinâmica anterior. A figura 9 mostra desenhos conceituais baseados nas alternativas sugeridas pela seção de 'brainstorming' as quais são descritas na sequência.

Após essa etapa inicial, com o uso de uma matriz morfológica, foram geradas variantes de colhedoras com base nas alternativas sugeridas na dinâmica anterior. A figura 9 mostra desenhos conceituais baseados nas alternativas sugeridas pela seção de 'brainstorming' as quais são descritas na sequência.

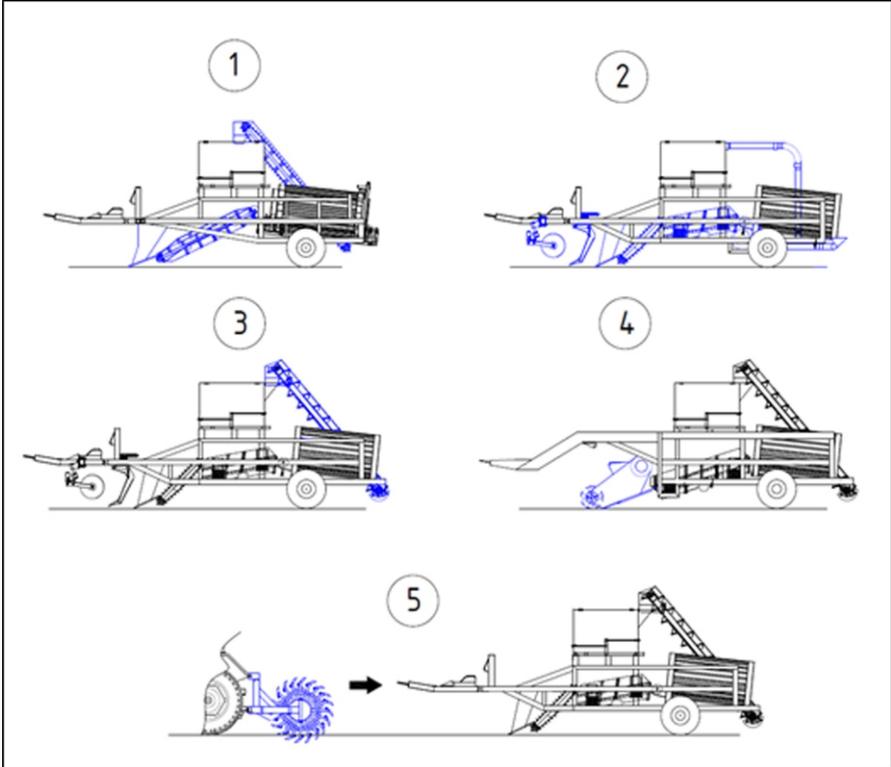


Figura 9. Variantes de soluções geradas a partir da matriz morfológica do Workshop de especialistas.

A **variante 1** leva em consideração os modelos analíticos que estavam sendo desenvolvidos no projeto Embrapa (PERRUCCI, 2018), o qual prevê a substituição das esteiras raspadoras (para o transporte do solo com sementes para as peneiras rotativas e para o transporte das sementes para o reservatório) por esteira transportadora, constituída por um lençol de borracha suportado em cilindros rotativos. Outro ponto ajustado na variante foi o projeto da lâmina de extração que passou de um perfil circular de baixa inclinação e comprimento de 100 milímetros para uma lâmina plana de comprimento de 500 milímetros e ângulo de ataque entre 20 a 25 °.

Para a **variante 2** foram incluídos conjuntos de discos de corte e barras escarificadoras, visando favorecer o corte e desestruturção inicial do solo,

além de novo projeto da lâmina de extração. Para transporte do solo com sementes, previu-se a inclusão de uma esteira transportadora com um lençol de borracha apoiado por rolos. Para as funções de separação por peneiramento, a variante inclui, além de uma peneira cilíndrica rotativa, dois níveis de peneiras horizontais. Esta possui diversos ressaltos para que o material não retorne conforme seu avanço na peneira. O conjunto de peneiras deve ser apoiado por molas e o mecanismo pode ser acionado por uma massa rotativa desbalanceada, ou um sistema de biela-manivela para promover a movimentação oscilatória nas peneiras. Entre os dois sistemas de peneiramento e separação do solo, foram incluídos um elemento cilíndrico rotativo e um anteparo, para favorecer a quebra de torrões. Por fim, o transporte das sementes até o reservatório deverá ser realizado por meio do transporte pneumático das sementes, com o uso de compressor/soprador.

Na **variante 3**, a única modificação em relação a variante 2 é o transporte final das sementes para o reservatório, que neste caso é realizado por um elevador de canecas.

Para a **variante 4**, o sistema de corte e desestruturação do solo é realizado por meio de lâminas rotativas, em vez do sistema de barras escarificadoras das variantes 2 e 3. A extração do solo também é realizada por uma lâmina e a separação das sementes é executada pela combinação de dois tipos de peneiras, uma horizontal e uma rotativa. O sistema de elevação das sementes até o reservatório é realizado por um elevador de canecas.

Por fim a **variante 5**, inclui uma operação de desestruturação do solo, realizada em operação agrícola anterior, com uso de equipamento com hastes rombudas rotativas (tipo destorroador de cupinzeiros). Na sequência, em uma segunda operação agrícola, são realizadas as funções já estabelecidas para a variante 3, com a exclusão dos discos e barras escarificadoras e a manutenção da lâmina fixa para a realização da extração do solo.

Seleção da Variante de Colhedora.

Geradas as variantes, uma terceira etapa de avaliação e seleção foi necessária. Para isso, foi criado um formulário on-line para avaliação pelos especialistas participantes do Workshop. Nesta etapa foram avaliadas as principais opções de alternativas de mecanismos para cada etapa interna do equipamento e uma avaliação comparativa entre a variante selecionada e o protótipo documentado, com relação ao atendimento da lista de requisitos essenciais.

Em relação às principais diferenças entre as variantes da colhedora, estas têm como foco os três mecanismos principais: 1) desestruturação e extração do solo; 2) transporte e separação das sementes; e, 3) transporte das sementes de amendoim forrageiro até um reservatório na parte superior do equipamento. A figura 9 está dividida dessa forma e mostra os mecanismos para cada etapa do processo na colhedora. Também na figura 9 foi mostrado, em forma de gráfico, a proporção dos especialistas que selecionaram cada uma das alternativas para os principais mecanismos componentes da colhedora.

Para a desestruturação, figura 10(1), a opção 'B' de Incorporação de conjuntos, composto por disco e barra escarificadora, para a realização do corte e desestruturação do solo, e uma lâmina para a realização da extração do solo obteve a preferência de 55% dos especialistas. As razões que embasaram a escolha foram: a possibilidade do mecanismo permitir o ajuste angular e posicional dos elementos¹; a utilização de uma única operação pode promover a redução de tempo e custo²; e também, seria capaz de reduzir os embuchamentos das raízes e estolões, através da sua fragmentação a ser proporcionada pelos discos³.

Para o mecanismo de transporte e separação das sementes, figura 10(2), 91% dos especialistas selecionaram a opção 'B', que prevê a substituição do sistema de correias raspadoras por um conjunto de dois níveis de peneiras horizontais. As peneiras serão suportadas por molas e o mecanismo de acionamento pode ser realizado por uma massa rotativa desbalanceada, ou um sistema de biela-manivela, para promover a movimentação oscilatória das peneiras. As expectativas que embasaram esta escolha foram: o emprego de um mecanismo consolidado largamente utilizado e que pode aumentar a eficiência de separação^{2,4}; ao adicionar, além da movimentação do material, uma separação parcial de partes das raízes, estolões e solo das sementes nos diferentes níveis de peneiras do conjunto³; ou seja, o mecanismo também irá promover a redução de material vegetal para as demais etapas de separação, apesar de aumentar a complexidade do equipamento⁵. Entretanto, algumas preocupações foram destacadas como: a inclusão pode reduzir o rendimento total do equipamento⁶; o sistema deve ser incluído, mas pode trazer risco de oscilações indesejáveis ao conjunto, o que deve ser avaliado com ensaios e ajustes¹.

Para o mecanismo de transporte das sementes até o reservatório, figura 10(3), a opção selecionada foi a 'B' (46%), que consiste de transportador pneumático. Neste caso, as sementes são impulsionadas até o reservatório pela força de empuxo, gerada pelo fluxo do ar, proveniente de um soprador, confinado em uma tubulação vertical. As razões para esta escolha foram: o mecanismo pode apresentar menor risco de apresentar falhas⁷, pois se trata de uma tubulação e eventuais manutenções recairiam sob moto-compressor que pode ser facilmente substituído¹; outro ponto seria que o sistema pode favorecer a redução de danos às sementes, já fragilizadas pela ação das operações anteriores².

Como resultado do processo de consulta eletrônica, a Variante 2 foi a selecionada pela maioria dos especialistas, figura 9(2). Com isso, baseados nas dificuldades do protótipo atual, foi levantada a expectativa de atendimento de alguns parâmetros de avaliação em comparação ao protótipo documentado. A figura 11 resume os parâmetros de avaliação qualitativa da variante.

Contribuições:

¹Sérgio Henrique Evangelista

²Gustavo Felício Perruci

³Ricardo Yassushi Inamasu

⁴Beatriz Correia Forastiere da Silva

⁵Judson Ferreira Valentim

⁶Marcos Roveri José

⁷Clovis Isberto Biscegli

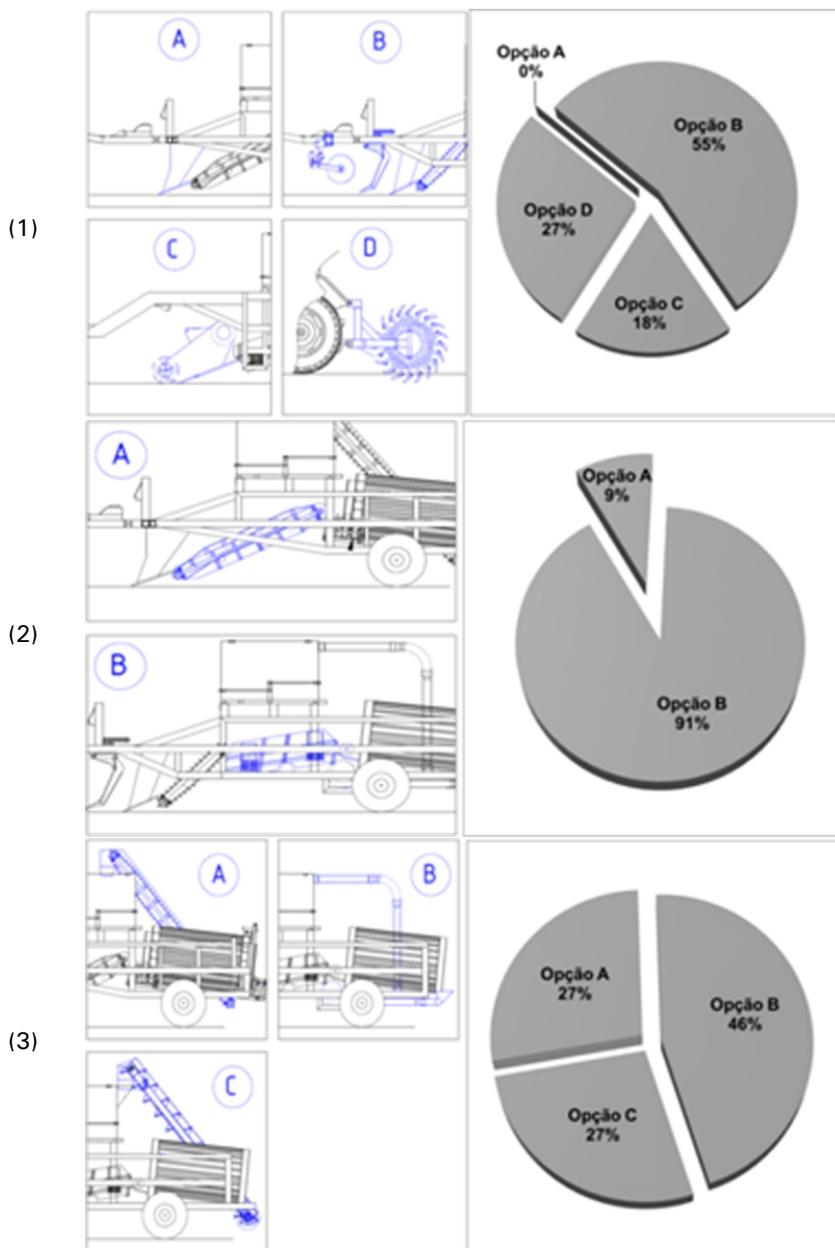


Figura 10. Seleção de mecanismos para as funções: 1) desestruturação e extração do solo; 2) transporte e separação das sementes; e, 3) transporte das sementes de amendoim forrageiro para o reservatório.

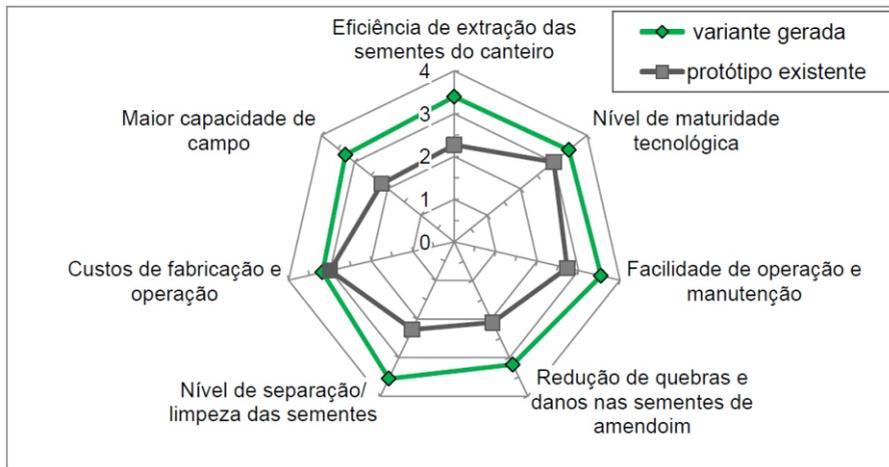


Figura 11. Avaliação dos especialistas quanto ao atendimento de critérios qualitativos de desempenho pelo protótipo documentado e da expectativa de atendimento desses critérios pela variante selecionada.

Sobre os sete parâmetros estabelecidos, os especialistas consideram os três mais representativos: a eficiência de extração das sementes do canteiro, o nível de separação/limpeza das sementes colhidas e o custo de operação/fabricação do equipamento.

Na avaliação dos especialistas (Figura 11), fica evidente a maior expectativa da redução de quebras e danos nas sementes, ganhos na separação, limpeza e eficiência na extração das sementes do canteiro. Entretanto, o custo de operação, pode ser afetado negativamente, como consequência de incrementos em mecanismos no equipamento. De modo geral, esta opção conceitual seria mais promissora ao indicar, de forma clara, como cada função almejada deverá ser realizada pelas soluções mecânicas propostas^{1,2}. Não obstante, algumas preocupações foram salientadas, como a necessidade de comprovação de rendimento por meio de ensaios de avaliação de desempenho^{2,3,4}, de maneira que a capacidade de campo mínima viável para o sistema de separação deve ser determinada⁵.

A partir dos dados de custos de produção presentes reportados por Valentim et al. (2009) e os dados dos ensaios de colheita realizados, foi possível à elaboração de três cenários de rendimento para colhedora, conforme apresentado na tabela 4. Nestes foram alteradas as potências de acionamento,

¹Beatriz Correia Forastiere da Silva

²Sérgio Henrique Evangelista

³Clovis Isberto Biscegli

⁴Marcos David Ferreira

⁵Ricardo Yassushi Inamasu

a profundidade de penetração da lâmina no solo e a quantidade de passadas da colhedora em uma mesma linha de colheita. Para o cenário 1 foram utilizados os dados de velocidade obtidos nos ensaios com o protótipo, mas houve redução da altura e da largura de trabalho da lâmina. Com isso, foi obtida uma redução de 68,5% do custo de produção das sementes. Ainda assim, a quantidade de solo alimentado seria muito alta para o sistema atual de peneiramento. Para o cenário 2 foram previstas duas passadas do implemento em campo, a redução de potência de acionamento e o aumento de velocidade da passada. Neste caso, houve uma redução de 69,8% do custo de produção de sementes. Entretanto, novamente a alimentação de solo do sistema apresenta valores incompatíveis com a capacidade de processamento da configuração atual dos cilindros e peneiras horizontais. Por fim, o cenário 3 utiliza a velocidade e a potência de acionamento do cenário anterior, mas mantém as duas passadas na linha de colheita. Nesta situação, a redução do custo de produção das sementes é de 59,2% e ocasionam uma redução de aproximadamente metade da quantidade de solo alimentada para o sistema de separação de sementes em relação aos cenários anteriores.

Tabela 4. Projeção de rendimento da colhedora tendo como referência os custos de produção de sementes do ano de 2008.

Variáveis	Referência 2008	Projeções de rendimento		
		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Velocidade [Km/h]	--	1,8	3,6	1,8
Largura da lâmina [m]	--	0,5	0,5	0,5
Potência p/ Colhedora [C.V.]	--	106	75	106
Profundidade da Lâmina [m]	--	0,06	0,03*	0,03*
Número de passadas	--	1	2	2
Alimentação de solo [Kg/s]	--	25,695	25,695	12,8475
Produtividade [kg/ha]	2500	2354	2354	2354
Total de serviços [R\$]	28.620,00	5.200,27	4.789,53	8.155,26
Total de materiais [R\$]	4.934,20	4.751,15	4.751,15	4.751,15
Total de despesas [R\$]	33.554,20	9.951,42	9.540,68	12.906,41
Custo das sementes [R\$/kg]	13,42	4,23	4,05	5,48

* Foram estipuladas duas passadas do implemento para a profundidade 0,06m.

Pelos cenários apresentados e tendo em vista a limitação do sistema de separação do solo, o melhor ajuste do peneiramento nos cilindros seria o cenário 3, que apresentou os indicadores mais viáveis de execução. Contudo, o cenário exige a inclusão de uma redundância no mecanismo de separação, o que demandaria a separação em dois fluxos paralelos no equipamento, ou seja, a duplicação do sistema de cilindros rotativos de separação, para que o implemento consiga processar adequadamente a quantidade de solo alimentada pelo fluxo de colheita. Como consequência, a variante conceitual selecionada foi modificada para a adição de mais um conjunto de cilíndricos rotativos como mostra a figura 12.

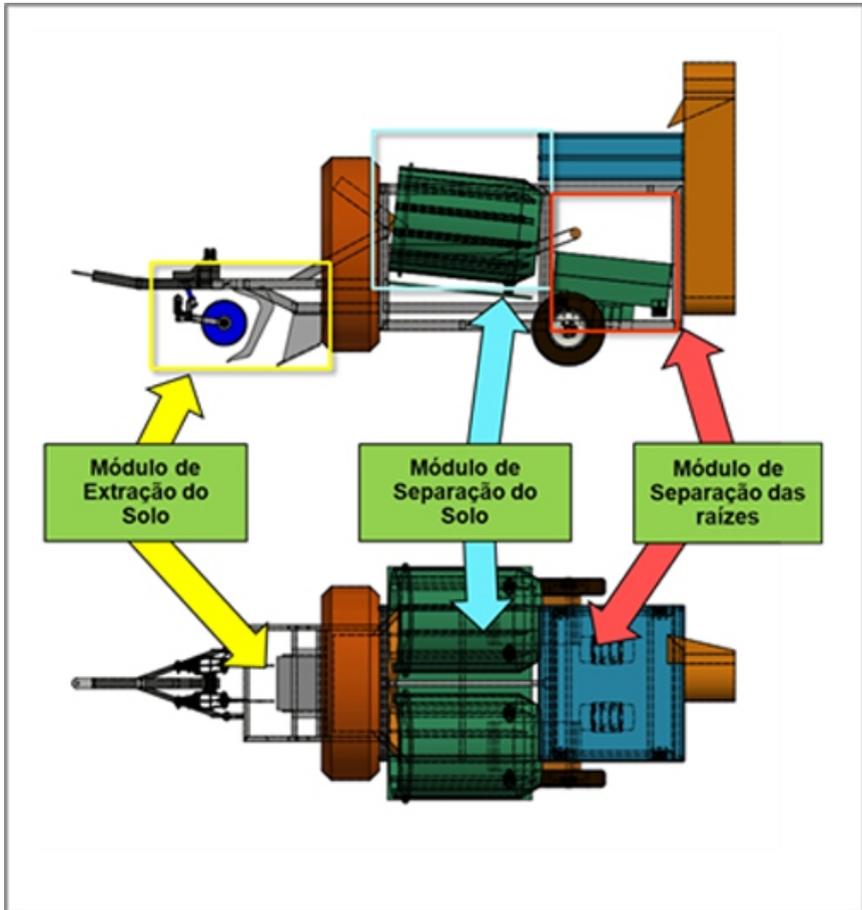


Figura 12. Conceito selecionado para início do projeto preliminar e a identificação dos módulos a serem desenvolvidos prioritariamente.

Complementarmente, a figura 12, propõe outros pontos de melhorias no conceito inicial, incorporando as preocupações já identificadas pelos especialistas. Como exemplo, a inversão da sequência dos mecanismos de separação do solo e demais componentes das sementes. A razão vem do histórico de experiências de desenvolvimento e avaliação de desempenho operacional do protótipo em condições de campo, onde o rendimento de separação de solo é maior para os cilindros rotativos. Com isso, a separação pelas peneiras horizontais trabalharia com uma demanda de apenas 5% do total de solo coletado em campo. Adicionalmente, foi substituída a esteira transportadora por um elevador rotativo cilíndrico, com anteparos internos, com o objetivo de redução do espaço necessário para a elevação do material de colheita.

Conclusões

Esse estudo permitiu a geração de cinco variantes conceituais para a colhedora de sementes de amendoim forrageiro. A variante com maior expectativa de atendimento aos requisitos essenciais do processo de colheita foi selecionada em um processo de consulta a 12 especialistas. A pesquisa obteve sucesso na geração de uma variante conceitual de colhedora que aperfeiçoa o sistema de separação das sementes do solo, que foi caracterizado como o principal gargalo para a eficiência e efetividade do processo. A seleção desta variante é importante para direcionar o prosseguimento do processo de desenvolvimento do projeto da colhedora. A próxima etapa compreende a modelagem em CAD de cada subsistema, em um novo ciclo de detalhamento para obtenção do projeto preliminar funcional e de resistência dos componentes. A definição da variante também permitirá direcionar a busca de potenciais parceiros de desenvolvimento do equipamento, tais como universidades e empresas privadas, como indústria de máquinas e implementos agrícolas e a obtenção de recurso de fundações e agências de fomento. Como resultado final para a agropecuária, o implemento pode viabilizar a oferta de sementes de cultivares do amendoim forrageiro a preços acessíveis aos produtores. Isto é essencial para viabilizar a adoção em larga escala desta leguminosa em pastagens consorciadas com gramíneas. Assim será possível reduzir os gastos em correções químicas e evitar a degradação, ao longo dos anos, em grande parte dos 110 milhões de hectares de pastagens cultivadas existentes no Brasil.

Referências

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo, SP FNP Consultoria & Comercio, 2009.

ALTER, H.; GAVIS, J.; RENARD, M. L. Design Models of Trommels For Resource Recovery Processing. Elsevier Scientific Publishing Resources and Conservation, n. 6, p. 223-240, 1981.

ANDRADE, C. M. S.; FERREIRA, A. S.; CASAGRANDE, D. R. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 27., 2015, Piracicaba. Anais...Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 113--151.

ASSIS, G.M.L.; VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C.M.S. **Produção de sementes de Arachis pintoi cv. BRS Mandobi no Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2011.

ASSIS, G. M. L. de; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO JÚNIOR, J. M.; AZEVEDO, J. M. A. de; CUSTÓDIO, D. P. Produção e distribuição das sementes de genótipos de amendoim forrageiro no perfil do solo. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 45., 2008, Lavras. Biotecnologia e sustentabilidade : anais dos resumos. Lavras: UFLA: SBZ, 2008.. 1 CD-ROM.

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas Agrícolas**, 1º ed. São Paulo: Manole LTDA, 1990.

BAYMA, M. M. A.; VALENTIM, J. F.; SILVA F. A. C.; MALAVAZI, F. W. Avaliação ex-ante dos impactos econômicos, sociais e ambientais do desenvolvimento de colhedora de sementes de amendoim forrageiro. In: **Congresso brasileiro da sociedade de economia, administração e sociologia rural**, 54., 2016, Maceió.

COOK, B. G.; FRANKLIN, T. G. Crop management and seed harvesting of Arachis pintoí Krap. et Greg. nom. nud. **Journal of applied seed production**, v. 6, p. 26-30, 1988.

COSTA, F. de S.; SALES, M. F. L.; FREITAS, A. C. R. de; SOUZA, C. P. de. Modeling nitrous oxide emissions in grass and grass-legume pastures in the western Brazilian Amazon. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campo Grande. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 130-133. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 216). Organizadores: Roberto Giolo de Almeida (Coordenador), Patrícia Perondi Anhão Oliveira, Maurício Saito, Cleber Oliveira Soares, Lucas Galvan, Lucimara Chiari, Fabiana Villa Alves, Davi José Bungenstab.

FERREIRA, Marcos David (Ed.). **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. 146p..

GILL, W. R., BERG, G. E V. **Soil dynamics in tillage and traction**: Agriculture Handbook No. 316. Agricultural research service, US Department of Agriculture, 1968.

GONÇALVES, D. Profissionais avaliam novas configurações para colhedora de sementes de amendoim forrageiro. Rio Branco, AC: Embrapa Acre. Notícias. 23 de novembro de 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/acre/busca-de-noticias/-/noticia/39536100/profissionais-avaliam-novas-configuracoes-para-colhedora-de-sementes-de-amendoim-forrageiro>>. Acesso em: 2 jul. 2019.

IBGE. Tabela 6722 - Número de estabelecimentos agropecuários e área dos estabelecimentos, por utilização das terras, condição legal do produtor, direção dos trabalhos do estabelecimento agropecuário e grupos de área total. Rio de Janeiro: **IBGE. Censo Agropecuário 2017**: resultados preliminares. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6722>

MAPA, BRS Mandobi. **CULTIVARWEB: Registro Nacional de Cultivares**.

Disponível em:

<http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/detalhe_cultivar.php?codsr=25010>. Acesso em: 2 jul. 2019.

OTTO, K., WOOD, K. **Product Design**: Techniques in reverse engineering and new product development. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001. 1104 p.

PACHECO, E. P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000.

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

PERRUCCI, G. F. et al. Desenvolvimento do projeto mecânico de colhedora de amendoim forrageiro. In: **Jornada Científica-Embrapa São Carlos**, 10., 2018, São Carlos, SP. Anais... São Carlos: Embrapa Instrumentação: Embrapa Pecuária Sudeste, 2018. p. 79.

RODRIGUES, A.R., SOUZA, A. F., BRAGHINI JUNIOR, A., BRANDÃO, L.C., SILVEIRA, Z.C. **Desenho técnico mecânico: Projeto e fabricação no desenvolvimento de produtos industriais**. São Paulo: Elsevier – Campus, 2015. 512p.

SALES, M. F. L.; ANDRADE, C. M. S. de; FARINATTI, L. H. E.; PORTO, M. O.; MESQUITA, A. Q. de; CLEMENCIO, R. de M. Desempenho produtivo de bovinos de corte em pastos consorciados com amendoim forrageiro cultivar Mandobi, no Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 25., 2015, Fortaleza. Dimensões tecnológicas e sociais da Zootecnia: **anais**. Fortaleza: SBZ, 2015. 3 p.

SHELTON, H. M.; FRANZEL, S.; PETERS, M. Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. **Tropical Grasslands**, 39:198–209. 2005.

VALENTIM, J.F.; ASSIS, G.M.L.; SÁ, C.P. Produção de sementes de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) no Acre. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, PA, v. 4, n. 8, p. 273-283, 2009.

VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S. de; ASSIS, G. M. L. de; SÁ, C. P. de; COSTA, F. de S.; SALES, M. F. L.; FERREIRA, A. S.; MESQUISTA, A. Q. de; COSTA, C. R. da. **Semeadura de amendoim forrageiro BRS Mandobi em pastagens estabelecidas**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2017. 16 p. (Embrapa Acre. Circular técnica, 73).



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Instrumentação

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Rua XV de Novembro, 1452 - Caixa Postal 741 - CEP 13560-970 - São Carlos - SP

Telefone: (16) 2107 2800 - Fax: (16) 2107 2902

www.embrapa.br/instrumentacao



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL