

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a),
o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 27/08/2023.



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

Ciências Ambientais

ACÁCIO LUÍS ALMAGRO BAPTISTA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA PARA COROAMENTO
QUÍMICO EM ÁREA DE REVEGETAÇÃO**

Sorocaba
2011

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*



unesp
Sorocaba

ACÁCIO LUÍS ALMAGRO BAPTISTA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA PARA COROAMENTO
QUÍMICO EM ÁREA DE REVEGETAÇÃO**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" na Área de Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Admilson Irio Ribeiro

Sorocaba
2011

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA PARA COROAMENTO
QUÍMICO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NA REVEGETAÇÃO DE ÁREAS

AUTOR: ACÁCIO LUÍS ALMAGRO BAPTISTA

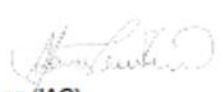
ORIENTADOR: ADMILSON IRIO RIBEIRO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIAS AMBIENTAIS,
área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ADMILSON IRIO RIBEIRO (Participação Virtual)
Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba



Prof. Dr. AFONSO PECHE FILHO (Participação Virtual)
Centro de Engenharia e Automação (CEA) / Instituto Agrônomo de Campinas (IAC)



Prof. Dr. LUIZ CARLOS ROSA (Participação Virtual)
Departamento de Fabricação Mecânica / Fatec Sorocaba



Sorocaba, 27 de agosto de 2021

B222d Baptista, Acácio Luís Almagro
Desenvolvimento de uma plataforma para coroamento
químico em área de revegetação / Acácio Luís Almagro
Baptista. -- Sorocaba, 2021
93 f. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba
Orientador: Admilson Irio Ribeiro

1. Recuperação e remediação ambiental. 2. Erva daninha. 3.
Produtos químicos agrícolas Aplicação. 4. Projeto de produto.
5. Engenharia de protótipos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do
Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Dedico esta pesquisa a minha esposa Roseli e meu filho Vinícius pelo incentivo, apoio e paciência nos momentos de dificuldades durante o desenvolvimento deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por permitir que eu tivesse saúde, determinação e resiliência para que o meu objetivo fosse alcançado durante o desenvolvimento da pesquisa.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” no Instituto de Ciência e Tecnologia, Campus de Sorocaba pela oportunidade de realizar o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.

Agradeço ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Admilson Irio Ribeiro por todo apoio, compreensão, ensinamento, orientação e paciência que permitiu o desenvolvimento e a conclusão deste trabalho de forma satisfatória.

À Faculdade de Tecnologia de Sorocaba que sou imensamente grato ao diretor Prof. Dr. Luiz Carlos Rosa por indicar e recomendar a UNESP para a realização do mestrado, ao Prof. MSc. Francisco de Assis Toti pelo apoio incondicional e incentivo no desenvolvimento desta pesquisa, ao Coordenador do Curso de Fabricação Mecânica Prof. MSc. Amilton Joaquim Cordeiro de Freitas por ajudar, incentivar e permitir a utilização dos laboratórios de fabricação mecânica, ao Prof. MSc. Diego Rossi e aos auxiliares de docente do departamento de mecânica; José Josimar de Oliveira, Márcio Silva de Macedo, Maurício de Almeida Machado, Anderson Cardozo da Costa Ortega Martines, Aline Aidil de Marafigo, George Aislan Menezes de Souza e Hildemar Miranda Sousa, que auxiliaram na construção do protótipo desta pesquisa.

Agradeço a todo o corpo docente do programa que de alguma forma colaboraram no meu desenvolvimento e crescimento profissional e pessoal.

A todos que não puderam ser citados, mas que foram importantes nesta etapa.

Finalmente gostaria de agradecer as pessoas mais importante da minha vida, a minha esposa Roseli, meu filho Vinícius e meus pais Dulce e Pedro, que sem as quais eu jamais teria chegado até aqui, quer pelo amor quer pelas palavras de incentivo e ensinamentos que deram no transcorrer deste trabalho.

“Uma coisa eu aprendi: que toda a nossa ciência, comparada com a realidade, é primitiva e infantil - e ainda assim é a coisa mais preciosa que temos.”

Albert Einstein

RESUMO

A ação de revegetação com espécies nativas como técnica de recuperação de áreas degradadas tem sido amplamente aplicada no Brasil, no entanto, o plantio de espécies nativas sofre grande interferência de gramíneas invasoras principalmente na etapa inicial do crescimento de mudas. O termo interferência refere-se ao conjunto de processos pelos quais as plantas invasoras podem interferir sobre uma determinada cultura ou espécie nativa e ocorre quando a demanda por um ou mais fatores de crescimento é maior que o seu suprimento. Nesse sentido, na elaboração de planos de recuperação de áreas degradadas deve ser considerado o controle das plantas invasoras e, especialmente, durante períodos os quais elas representam o maior grau de competição. Nos últimos anos houve um grande avanço em pesquisas básicas na recuperação de áreas degradadas no Brasil. No entanto, o cenário brasileiro apresenta uma carência no desenvolvimento tecnológico de máquinas para recuperação ambiental. Assim, este trabalho propõe uma interface da engenharia de projeto mecânico com a revegetação de áreas degradadas na proposição de sistemas mecanizados. Nesse viés, projetou-se e desenvolveu uma plataforma mecânica visando o coroamento de espécies nativas para auxiliar a revegetação de áreas degradadas por meio de controle químico direcionado. O projeto mecânico partiu do conceito de matriz morfológica para o desenvolvimento da concepção do sistema. Nesse direcionamento, realizou-se uma análise estrutural pelo método dos elementos finitos que permitiu avaliar os esforços estáticos no equipamento visando um melhor entendimento e seleção do material adequado para a construção do protótipo. A partir desta metodologia construiu-se o protótipo tendo como base construtiva materiais tais como plástico e alumínio. O protótipo será submetido a testes preliminares onde serão avaliados o nível de proteção da muda, cobertura da pulverização na área confinada e a segurança quanto à deriva do produto aplicado.

Palavras-chave: Recuperação e remediação ambiental. Erva daninha. Produtos químicos agrícolas Aplicação. Projeto de produto. Engenharia de protótipos.

ABSTRACT

The action of revegetation with native species as a technique to recover degraded areas has been widely applied in Brazil, however, the planting of native species suffers great interference from invasive grasses, especially in the initial stage of seedling growth. The term interference refers to the set of processes by which invasive plants can interfere with a particular culture or native species and occurs when the demand for one or more growth factors is greater than their supply. In this sense, during the elaboration of recovery plans for degraded areas, the control of invasive plants must be considered, especially during periods in which they present the greatest degree of competition. In recent years, there has been a great advance in basic research on the recovery of degraded areas in Brazil. However, the Brazilian scenario presents a lack of technological development of machines for environmental recovery. Thus, this work proposes an interface between mechanical design engineering and the revegetation of degraded areas in the proposition of mechanized systems. Therefore, a mechanical platform was designed and developed aiming at the crowning of native species to assist in the revegetation of degraded areas through targeted chemical control. The mechanical design started from a morphological matrix concept to develop the system design. In this direction, a structural analysis was carried out using the finite element method, which allowed evaluating the static forces on the equipment, aiming at a better understanding and selection of the appropriate material for the construction of the prototype. From this methodology, the prototype was built based on materials such as plastic and aluminum. The prototype will be submitted to preliminary tests where the level of protection of the seedling, spray coverage in the confined area and safety regarding the drift of the applied product will be evaluated.

Keywords: Environmental recovery and remediation. Weed. Agricultural chemicals application. Product design. Prototype engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diferenças entres os processos de recuperação, restauração e reabilitação.....	20
Figura 2 - Tratamento de Coroamento/Anelamento.....	28
Figura 3 - Método de controle por manta plástica.....	28
Figura 4 - Controle do mato pelo método de coroamento com uso de papelão.....	29
Figura 5 - Procedimento geral para o desenvolvimento do projeto.....	34
Figura 6 - Etapas de desenvolvimento na fase de concepção.....	35
Figura 7 - Matriz de implantação de funções de qualidade (QFD).....	37
Figura 8 - Soluções obtidas na matriz morfológica.....	38
Figura 9 - Modelo conceitual do produto.....	38
Figura 10 - Concepção da geometria, elemento e malha dos elementos finitos.....	39
Figura 11 - Desenvolvimento da análise do teste de punção de cisalhamento.....	42
Figura 12 - Mapa de localização da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba.....	46
Figura 13 - Matriz morfológica com soluções e subfunções.....	49
Figura 14 - Estrutura de funcionamento da plataforma para o coroamento químico.....	50
Figura 15 - Concepção inicial da plataforma.....	55
Figura 16 - Especificação dos pontos de restrição e das cargas na estrutura sem corte.....	56
Figura 17 - Malha gerada no modelo da estrutura sem corte e detalhe dos nós.....	56
Figura 18 - Especificação do ponto de restrição e das cargas.....	57
Figura 19 - Malha gerada no modelo do conjunto; estrutura, aro e tubo de alumínio.....	58

Figura 20 - Resultado da Tensão de Von Mises no processo de simulação na estrutura sem corte.....	60
Figura 21 - Deslocamento equivalente na estrutura sem corte.....	60
Figura 22 - Deslocamento nos eixos X, Y e Z na estrutura sem corte.....	61
Figura 23 - Resultado da Tensão de Von Mises no processo de simulação do conjunto: estrutura, aro, reforço central e tubo (alumínio).....	65
Figura 24 - Tubos para proteção da muda.....	67
Figura 25 - Modelagem inicial do sistema mecanizado.....	68
Figura 26 - Aro tubular fixado na estrutura e corte da abertura.....	69
Figura 27 - Tubo de alumínio fixado no reforço central da estrutura.....	69
Figura 28 - Posicionamento e fixação do sistema de proteção externa.....	70
Figura 29 - Sistemas de proteção lateral e para o tronco da muda.....	71
Figura 30 - Sistema de pulverização e cobertura de proteção em vinil.....	72
Figura 31 - Protótipo posicionado na área de teste protegendo a muda.....	73
Figura 32 - Detalhes da umidade observada no local da muda.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variantes de soluções criadas para a concepção do projeto.....	51
Tabela 2 - Critérios de avaliação para a escolha da melhor solução.....	52
Tabela 3 - Notas obtidas por cada solução.....	53
Tabela 4 - Solução utilizada no projeto.....	54
Tabela 5 - Propriedades físicas do material da estrutura.....	59
Tabela 6 - Resultado da simulação da modelagem da estrutura sem corte.....	59
Tabela 7 - Propriedades físicas do material da estrutura cortada.....	61
Tabela 8 - Resultado da simulação da modelagem da estrutura cortada.....	62
Tabela 9 - Propriedades físicas dos materiais da estrutura e aro.....	62
Tabela 10 - Resultado do processo de simulação da modelagem do conjunto estrutura cortada e aro.....	63
Tabela 11 - Propriedades físicas dos materiais da montagem estrutura, aro, tubo (PVC).....	63
Tabela 12 - Resultado do processo de simulação da modelagem na montagem.....	64
Tabela 13 - Propriedades físicas dos materiais do conjunto estrutura, aro, tubo (Alumínio).....	64
Tabela 14 - Resultados do processo de simulação da modelagem do conjunto.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

“	= Polegada
°	= Grau (ângulo)
3D	= Protótipo Virtual
ABNT	= Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANOVA	= Análise de Variância
CAD	= Projeto Assistido por Computador
CAE	= Engenharia de Simulação Assistida por Computador
CAM	= Manufatura Assistida por Computador
CARP	= Prototipagem Rápida Assistida por Computador
cm	= Centímetro
CO ₂	= Dióxido de Carbono
DIC	= Delineamento Inteiramente Casualizado
DIN	= Instituto Alemão de Normalização
DN100	= Diâmetro Nominal 100mm
FATEC-SO	= Faculdade de Tecnologia de Sorocaba
g	= Grama
ha	= Hectare
HNO ₃	= Ácido Nítrico
Hz	= Hertz
INPM	= Instituto Nacional de Pesos e Medidas
kg	= Quilograma
L	= Litro
m	= Metro

mg	= Miligrama
M6	= Rosca Métrica de 6 Milímetros de Diâmetro
MEF	= Método dos Elementos Finitos
mm	= Milímetro
µm	= Micron
MPa	= Mega Pascal
N	= Newton
PAI	= Período Anterior à Interferência
PCPI	= Período Crítico de Prevenção da Interferência
PTPI	= Período Total de Prevenção à Interferência
PVC	= Policloreto de Vinila
RM	= Roçadeira Manual
s	= Segundo
SAF	= Sistema Agroflorestal
SM	= Sistema Mecânico
TE	= Tratamento por Enxada
UNESP	= Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
2.	OBJETIVOS	18
2.1	Geral	18
2.2	Específicos	18
2.2.1	Identificar por meio de uma matriz morfológica os diferentes componentes da plataforma para a concepção do projeto	18
2.2.2	Modelar a plataforma ora proposta por meio de desenho assistido por computador	18
2.2.3	Analisar por método dos elementos finitos a estrutura da plataforma modelada	18
2.2.4	Construir o protótipo da plataforma	18
2.2.5	Avaliar o protótipo da plataforma	18
3.	REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1	Recuperação de áreas degradadas	19
3.2	Plantas invasoras e matocompetição na recuperação de áreas degradadas	20
3.3	Técnicas de coroamento e controle de espécies invasoras	23
3.4	Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários	29
3.5	Matriz morfológica na concepção de projetos mecânicos	32
3.6	Método dos elementos finitos (MEF) na análise estrutural de máquinas e equipamentos	39
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	46
4.1	Local de desenvolvimento	46
4.2	Identificação por meio de uma matriz morfológica os diferentes componentes da plataforma para a concepção do projeto	47

4.3	Modelagem da plataforma proposta por meio de desenho assistido por computador	47
4.4	Análise por método dos elementos finitos na rigidez da estrutura da plataforma de aplicação	48
4.5	Construção e desenvolvimento do protótipo do sistema mecanizado.....	48
4.6	Avaliação do protótipo no coroamento das espécies nativas	48
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
5.1	Resultado das alternativas de projeto para a concepção da plataforma de coroamento utilizando uma matriz morfológica	49
5.2	Resultado da modelagem da plataforma proposta por meio de desenho assistido por computador	54
5.3	Resultado da análise por método dos elementos finitos na estrutura da plataforma de coroamento	55
5.4	Resultado da construção e desenvolvimento do protótipo do sistema mecanizado	66
5.5	Resultado preliminar do teste de funcionamento do protótipo do sistema mecanizado	72
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
7.	CONCLUSÃO	77
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
9.	ANEXOS	86

1 INTRODUÇÃO

A ação de revegetação com espécies nativas como técnica de recuperação de áreas degradadas tem sido amplamente aplicada no Brasil, no entanto, o plantio de espécies nativas sofre grande interferência de gramíneas invasoras (mato). O termo interferência refere-se ao conjunto de processos pelos quais o mato pode interferir sobre uma determinada cultura e ocorre quando a demanda por um ou mais fatores de crescimento é maior que o seu suprimento (SCHIESSEL *et al.*, 2020).

Graças a algumas características específicas, como estruturas rústicas e competição agressiva por elementos bioquímicos, essas plantas pioneiras foram capazes de se adaptar e viver em condições extremas, ou seja, sobrevivem em ambientes que outras plantas não poderiam. Como fator positivo ressalta-se que algumas dessas plantas podem servir de alimentos, possuem propriedades medicinais, aumenta a diversidade biótica, o equilíbrio ecológico e minimizam o processo erosivo do solo (ARTIOLI e CORREA, 2019).

Para Barroso & Murata, (2021) naturalmente ocorre o aparecimento do mato pois, este é adaptado às condições ambientais do local. Ainda para esses autores, o mato possui rápida capacidade de crescimento se comparadas às plantas utilizadas na recomposição e às cultivadas, que foram selecionadas e melhoradas geneticamente com foco na produtividade. Dessa forma, a habilidade competitiva do mato em relação às cultivadas é maior.

Entretanto essas plantas tornam-se indesejáveis seja no campo agrícola ou na recuperação de áreas degradadas, pois promovem a “Matocompetição”, que consiste na competição por elementos vitais entre as pioneiras e as outras culturas no período crítico (PELLENS *et al.*, 2018). Ou seja, as plantas invasoras possuem uma maior taxa de crescimento por unidade de tempo em relação a outras, desta forma, produzem com maior aproveitamento a unidade de matéria seca com menor quantidade de água e melhor aproveitamento de luz. (GIBSON *et al.*, 2017).

A “Matocompetição” agressiva pode ser explicada também pelo metabolismo fotossintético das plantas invasoras, que geralmente são do tipo C4. Plantas que possuem esse tipo de metabolismo agem com maior agressividade na captura de

componentes bioquímicos, oferecendo risco na sobrevivência das outras plantas. Além da competição, ainda facilitam a ocorrência de incêndios nos períodos mais secos, podem conter hospedeiros patogênicos às culturas específicas e ainda em curto tempo, atingir elevada densidade populacional que interfere em muitas das atividades vegetativas (COSTA *et al.*, 2018).

Dentre os fatores que influenciam a competição por elementos vitais entre as comunidades infestantes e as nativas, destaca-se o período de desenvolvimento inicial da planta, ou período crítico de prevenção da interferência (PCPI) (BRESSANIN *et al.*, 2013). Portanto, é justamente nessa época que se deve realizar o manejo das plantas infestantes para que essas não ajam tão agressivamente contra as plantas nativas.

As estratégias de controle de plantas invasoras podem ser de caráter preventivo, mecânicos, físicos (utilização de calor ou água) e químicos. Assim, desenvolveu-se uma concepção de sistema mecanizado para executar o coroamento de espécies nativas por meio de herbicidas ou bio-herbicidas para o controle de espécies invasoras na revegetação de áreas degradadas.

O protótipo proposto possui como premissa uma câmara hermética com jatos direcionados, sem contato com o caule da espécie em crescimento. O sistema permite realizar o processo de coroamento na área determinada sem ocorrer a deriva durante a pulverização impedindo a fitotoxicidade nas folhas das mudas e a contaminação da atmosfera na região do entorno fora da área de aplicação, diminuindo riscos ambientais e preservando a saúde do operador por meio da aplicação direcional.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Projetar, construir e avaliar uma plataforma para o coroamento de espécies nativas visando auxiliar a revegetação de áreas degradadas por meio de controle químico direcionado.

2.2 Específicos

- 2.2.1 Identificar por meio de uma matriz morfológica os diferentes componentes da plataforma para a concepção do projeto.
- 2.2.2 Modelar a plataforma ora proposta por meio de desenho assistido por computador.
- 2.2.3 Analisar por método dos elementos finitos a estrutura da plataforma modelada.
- 2.2.4 Construir o protótipo da plataforma.
- 2.2.5 Avaliar o protótipo da plataforma.

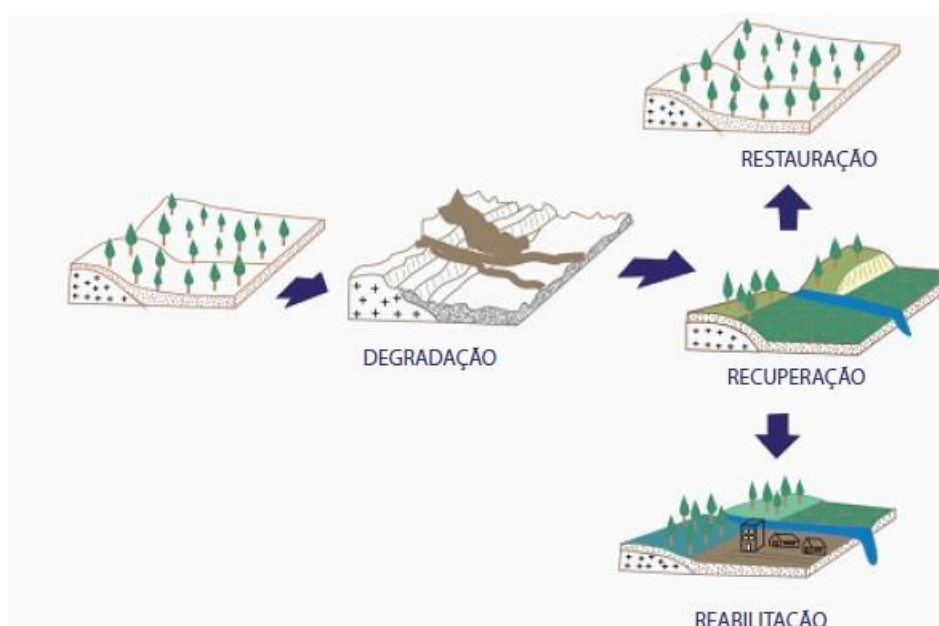
3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 – Recuperação de áreas degradadas

De acordo com Moraes *et al.*, (2013), para a recomposição de um ambiente degradado, conforme o objetivo do trabalho podem ser utilizadas as definições restauração, reabilitação ou recuperação.

A expressão restauração está relacionada com a reprodução exata do local antes de serem modificadas pelas atividades que causaram a degradação. Numa área que passou pelo processo de mineração, que devido a quantidade de material removido durante o período ativo, torna-se impraticável o processo de restauração. Reabilitação indica que local alterado poderá ser designado a um determinado uso, ocupação ou atividade produtiva, conforme o projeto de reutilização do local minerado (lazer, residencial, comercial, industrial e aterros sanitários). A recuperação requer que o local modificado seja preparado para que as condições ambientais fiquem próximas ao estado anterior das atividades que provocaram a degradação. Assim procurasse uma condição de equilíbrio para que os processos naturais ativos no local sejam o mais equivalente a condição anterior ao processo de degradação, obtendo-se um equilíbrio autossustentável (FORNASARI FILHO *et al.*, 1992). A figura 1 ilustra as diferenças entre os processos.

Figura 1 - Diferenças entre os processos de recuperação, restauração e reabilitação



Fonte: Fornasari e Amarantes (1995).

O impacto causado pelas atividades antrópicas no ambiente, é um dos maiores desafios para o desenvolvimento sustentável em todo o mundo. Os danos provocados pela redução da cobertura vegetal causam erosão no solo, cujo deslocamento das partículas dele leva a perda de nutrientes. A erosão causada pela maior exposição do solo permite o deslocamento de sedimentos para os rios e lagos, prejudicando a quantidade e qualidade dos recursos hídricos, contaminam os solos, polui o ar e causa a perda parcial ou total da fauna. Assim a cobertura vegetal é fundamental e um indicador desejável e fundamental na qualidade ambiental (SANTOS, 2017).

3.2 – Plantas invasoras e matocompetição na recuperação de áreas degradadas

No Brasil, dentro dos processos de recuperação de áreas degradadas utiliza-se o procedimento de revegetação com espécies nativas, porém essas espécies enfrentam grande interferência de gramíneas invasoras (matocompetição). Essas gramíneas possuem a capacidade de adaptação a lugares diversos, perante a maioria das várias limitações de crescimento e desenvolvimento. Em função desta característica adquirem facilmente os recursos naturais necessários (água,

luminosidade e nutrientes), ocupando os espaços ecológicos antrópicos e transformando-as em grandes competidoras às outras culturas (EMBRAPA, 2020).

As plantas que são competidoras na recuperação ambiental, as atividades e saúde humana que ocorrem além da sua região geográfica ou em dimensões populacionais superior devido a capacidade de suporte do ambiente, são denominadas conforme a sua função biológica, tal como: planta parasita, planta exótica invasora, entre outras. Em comum essas plantas possuem a presença inconveniente no local, período e modo em que ocorrem. Outro aspecto relevante consiste nos problemas causados nos custos e produção agrícola, na manutenção da preservação de reservas ambientais, entre outras importantes interferências (RENTON, 2017).

De acordo com Pitelli, (2015), essas gramíneas invasoras, também conhecidas como mato, são consideradas pioneiras, pois estão adaptadas na ocupação de locais que sofreram grandes alterações em sua vegetação original. A expansão das áreas agrícolas levou a continuidade delas, causando um crescimento geográfico com a progressiva adaptação das plantas invasoras em áreas com atividades antrópicas, causando o adensamento, diversificação e especialização dessas plantas na invasão de agroecossistemas.

O mato dificulta os processos de restauração ambiental, pelo fato de que algumas gramíneas exóticas terem o metabolismo tipo C4. Ele favorece o melhor aproveitamento da luminosidade, nutrientes e umidade permitindo que estas espécies se desenvolvam mais rapidamente que as outras (LIMA *et al.* 2018). Além disso, essas plantas também podem servir de hospedeiros para doenças e pragas que podem se proliferar nas áreas agrícolas, além de várias espécies serem colonizadas por larvas de pragas (FONTES, 2009).

No início do plantio ocorre um intervalo onde o mato não interfere nas culturas, convivendo sem causar prejuízo as mesmas, chamado período anterior à interferência (PAI). Quando a cultura se desenvolve sem a influência negativa do mato e sem prejuízos a produtividade. As espécies invasoras que vierem a se desenvolver após essa etapa não conseguirão interferir, pois a cultura já possui condições de controle sobre o mato quando surgir. É conhecido por período total de prevenção à interferência (PTPI). Delimitado pelo PAI e por PTPI está a etapa onde

devem ser executadas intervenções de manejo no mato, para reduzir as perdas na produtividade da cultura. Essa etapa é denominada por período crítico de prevenção à interferência (PCPI) (RESENDE *et al.*, 2017).

Rapalino e Haydar, (2017) conduziram estudos sobre o restabelecimento da vegetação em áreas reabilitadas na mina de carvão Cerrejón, Colômbia, por meio da colaboração das formigas *Ectatomma ruidum* e *Pheidole fallax* pela dispersão e germinação de sementes pertencentes às famílias Fabaceae, Malvaceae e Poaceae.

Embora essas espécies de formigas sejam predadoras de pequenos invertebrados, observou-se que pela dispersão de sementes, uma dieta secundária motivada pela disponibilidade de recursos no local. As sementes que foram encontradas nos ninhos dessas duas espécies de formigas e não foram consumidas tem grande probabilidade de germinação, auxiliando na recuperação da camada vegetal das áreas de reabilitação.

Os sistemas agroflorestais também são uma alternativa na recuperação de áreas degradadas, onde Cândido *et al.*, (2015), desenvolveram um estudo sobre a implantação e monitoramento de um protótipo para sistema agroflorestal (SAF) com base no modelo silviagrícola, onde foi analisado o crescimento inicial de três espécies florestais nativas e comparado com o modelo de plantio convencional.

Neste modelo silviagrícola houve uma combinação de mudas florestais (*L. muehlbergianus* Hassl. - embira-de-sapo, *C. myrianthum* Cham. - tucaneira, *S. terebinthifolius* Raddi - aroeira-pimenteira) e mudas frutíferas (*Psidium guajava* L. - goiaba, *Musa paradisiaca* L.- banana, *Phaseolus vulgaris* L. - feijão-carioquinha e *Manihot utilíssima* Pohl - mandioca) e foram adotados os tratamentos de plantio convencional de espécies florestais e plantio em sistema agroflorestal.

A diferença entre os sistemas estudados foi no arranjo espacial: no modelo convencional tem menor concentração no número de elementos em comparação ao sistema agroflorestal e essa mistura de espécies florestais, frutíferas e culturais não ocasionou alteração no crescimento das espécies florestais nativas.

Nesse modelo a plantação de culturas agrícolas e frutíferas associados às espécies nativas possibilita as agriculturas familiares a diversificação da produção,

colhendo alimentos variados e acrescentando renda através do comércio da colheita excedente quando comparada ao cultivo convencional.

O sistema agroflorestal permite a produção de alimentos colaborando com a recuperação de áreas degradadas, rompendo o paradigma da improdutividade de pequenas propriedades que fazem a restauração das áreas de reserva legal.

3.3 – Técnicas de coroamento e controle de espécies invasoras

Como estratégias de controle para o mato com potencial preventivo os métodos de manejo consistem em manual, mecânico, cultural, físico e químico.

O controle no processo manual é feito por capinas periódicas, no controle mecânico é utilizado implementos acionados por equipamentos motorizados, o controle cultural utiliza boas práticas agrícolas com os objetivos de beneficiar o desenvolvimento da cultura em prejuízo do mato, como rotação de cultura, variação de espaçamento, cobertura verde dentre outras.

No controle físico são utilizados; o calor que pela utilização do fogo que provoca a coagulação do protoplasma nas células das folhas e do caule; vapor por meio do aquecimento da água que provoca a esterilização do solo devido a elevada temperatura (é uma outra forma de calor); com água por meio da inundação e drenagem da lamina d'água que deve submergir completamente as plantas para a eficácia do processo e no processo químico o controle é feito com a aplicação de herbicidas (PEREIRA, 1992; CONSTANTIN, 2011; OLIVEIRA e BRIGHENTI, 2018).

Esses sistemas que permeiam o corte do mato (como roçadas, corte com machado, motosserra ou foice) não são eficientes para as plantas que rebrotam após o corte, pois tendem a aumentar o grau de dificuldade do controle futuro das invasoras, já que o número de troncos pode aumentar em até dez vezes, além de despendar determinado tempo, muita mão de obra e não ser um trabalho prático (ZILLER *et al.*, 2012).

Resende, (2016) afirma que para fazer esse controle do mato, serão necessárias “Várias dessas operações por até mais de dois anos do plantio, o que eleva de sobremaneira os custos do reflorestamento, além de ser uma tarefa extremamente desgastante.”.

Visto que cada técnica de controle sofre influência de muitas variáveis, como precipitação, espécie da planta infestante, área afetada entre outros, o manejo do mato é geralmente realizado com combinações de dois ou três métodos para que se aumente o grau de eficiência das técnicas de restauração. De fato, Steyer *et al.*, (2015) e Filho & Barbosa, (2016) defendem que é comum o uso de mais de uma técnica de manutenção de mudas de plantio ao longo do tempo, dentre os métodos citados estão a capina, reposição de mudas que morreram e o coroamento, inclusive mesmo em auxílio a plantas pioneiras na recuperação de áreas agrícolas em terrenos bastante erodidos, como terrenos que estão sofrendo com a formação de ravinas em seu solo.

Outro método bastante utilizado para a prevenção do mato sob as culturas é o controle químico, principalmente a utilização controlada de herbicidas ou bio-herbicida. A utilização de herbicidas apresenta considerável relevância econômica, porém quanto à qualidade ambiental apresentam aspectos negativos, pois, em longo prazo, com sequentes aplicações e sem medidas preventivas, podem vir a causar contaminações nas águas, acumulação de substância tóxica em seres vivos bem como ocorrer resistência do mato ao herbicida.

No entanto, o coroamento químico é uma técnica amplamente utilizada por empresas de silvicultura e produção de celulose (MACIEL *et al.*, 2011) na manutenção de mudas, pois o coroamento químico é de aplicação rápida, necessita de menos pessoal que o coroamento mecânico e tem menor manutenção.

Entretanto, na literatura e em testes de campos, o coroamento químico tem provocado danos a árvores em formação, principalmente nas folhas mais baixas e ocorrência de fitotoxicidade nas mudas, o que prejudica a formação e desenvolvimento inicial das mesmas (MAGALHÃES *et al.*, 2012).

De acordo com Almeida, (2016) "... o controle químico exige que as mudas já possuam altura maior que 50 cm, e o herbicida não atinja as folhas.". Outro ponto é o herbicida que é aplicado por pulverizadores também acabam espalhando o herbicida na atmosfera de entorno, o que prejudica a qualidade ambiental do ar e até compromete a saúde de animais e trabalhadores.

A principal função do coroamento químico é criar uma zona circular em torno da muda, para que não haja matocompetição com as gramíneas invasoras, que

retiram os nutrientes necessários ao pleno desenvolvimento das mudas plantadas. Este processo ainda gera uma cobertura de vegetação seca do mato à qual é dado o nome de mulching (cobertura vegetal orgânica ou sintética sobre o solo).

O mulching proporciona algumas vantagens em termos de qualidade de solo, dentre elas pode-se citar: diminuir a temperatura sub-superficial do solo, aumentar a umidade e diminuir a erosão provocada pelo vento e pela água da chuva.

Segundo Leles *et al.*, em seu trabalho, (2017) "...é possível inferir que o uso de herbicida de maneira correta é técnica, social e ambientalmente mais indicado que o método tradicional de roçada e coroamento para a formação dos povoados visando a restauração florestal...".

A eficácia e os custos no controle de invasões por gramíneas exóticas foi objeto de análise realizada durante 2 anos por Assis *et al.*, (2020) na restauração de campos do serrado invadido pelo capim-africano *Urochloa decumbens*.

Como técnicas de controle foram utilizados fogo prescrito, herbicidas e capina, de forma isolada ou várias combinações, onde cada técnica utilizada foi comparada a indicadores ecológicos (reduzindo o invasor e ampliando a cobertura e riqueza da vegetação nativa) e de custo-benefício.

Esse mesmo experimento abarcou seis tratamentos de manejo: queima prescrita; glifosato; capina; queima prescrita + glifosato; queima prescrita + capina + herbicida seletivo para mudas de grama (haloxyfop-R metil éster, Veredicto); e controle (pastagem de cerrado invadida). A utilização apenas do fogo, não demonstrou eficácia no controle de invasão pelo capim ou no aumento da cobertura do solo por vegetação nativa.

Os tratamentos com aplicação de glifosato (e fogo + glifosato) apresentaram os menores custos e os tratamentos com base na capina (e fogo + capina + herbicida seletivo) tiveram os maiores custos devido a quantidade da mão de obra. Porém nos tratamentos de menor custo (fogo somente e glifosato) não apresentaram eficiência na restauração, pois não recuperaram e nem recobriram o solo com a vegetação nativa, onde o glifosato prejudicou algumas espécies nativas deixando o solo descoberto possibilitando o ressurgimento das gramíneas invasoras.

Nos tratamentos com capina a eficiência foi maior no controle da grama invasora e em estimular a recuperação da vegetação nativa que é fundamental numa restauração bem-sucedida apesar do alto custo. Quando o primeiro tratamento com capina é precedido pelo fogo e depois dela pela aplicação seletiva de herbicida os custos são reduzidos em 58% por facilitar a operação e diminuindo a sua frequência, apesar da pequena redução da cobertura do solo por vegetação nativa.

Com isso embora a capina se apresentasse como a técnica de maior custo, essa pode ser indicada quando o propósito for a recuperação de ecossistema em pequenas áreas, pois, existe uma grande disponibilidade de mão de obra ou até mesmo o valor ecológico para a recuperação do ecossistema (exemplo dentro de uma área protegida) justifique o investimento.

Mayerová *et al*, (2018) realizaram um estudo utilizando informações de um experimento de campo com longo prazo de extensão e duração, sendo raríssimo em pesquisa com mato.

O teste de campo realizado desde 1972 em duas localidades na República Tcheca (Hněvčeves, Pernolec) estudou as perdas de produção devido a infestação do mato nas safras individuais e com rotações de safras. No experimento realizado abarcou multi-safra e rotação de safra simples constituída respectivamente por 50 e 75% de cereais.

Foram utilizados três tratamentos com herbicida: não tratado, auxinas sintéticas (MCPA; 2,4-D; somente na rotação de cultura simples) e combinações de herbicidas direcionados (sulfonilureias, triazinas, ureias e auxinas sintéticas). Durante o ciclo de testes foram registradas as informações sobre a eficiência das culturas e os resultados da utilização de herbicida na produtividade definido para a rotação de culturas.

Nas áreas não tratadas as perdas na produção cresciam na ordem: cevada de primavera, trigo de inverno, ervilha, colza e batata. A utilização de auxinas sintéticas apresentou um rendimento inferior no controle do mato quando comparado as combinações de herbicidas direcionados, em razão do espectro limitado.

Em áreas tratadas com herbicidas a eficiência aumentou no decorrer do tempo em praticamente todas as culturas (rotação simples e multiculturas), porém foi percebida inércia ou limitação na eficiência das áreas não tratadas. A produtividade apresentou maior diferença entre áreas tratadas e não tratadas, em culturas de folha larga devido a menor competição no período inicial de desenvolvimento, porém a utilização de herbicidas mostrou um resultado mais significativo no rendimento de culturas com rotação simples, pois o mato aparecia em maiores densidades.

Uma técnica que se destaca entre os diferentes métodos de controle de planta invasora consiste no coroamento que permeia a eliminação do mato no entorno das mudas, sob determinados diâmetros em relação ao caule, e que podem causar o abafamento ou provocar a excessiva competição pelos nutrientes, prejudicando o desenvolvimento das mudas (SANT'ANNA et al., 2011). De acordo com Lavina, (2016) caso seja possível, de acordo com a hostilidade do mato, executar apenas o coroamento ao redor da muda, num diâmetro equivalente à projeção da copa ação já se mostra efetiva.

O método de controle manual por coroamento é utilizado em pequenas propriedades rurais devido a carência de mão de obra e ao maior custo quando comparado ao controle químico, porém não apresenta o risco de intoxicação das plantas, devido a aplicação incorreta de herbicida, mas um outro fator limitante é a possibilidade de rebrota do mato com o risco da reinfestação da área capinada (MACHADO et al., 2012). A figura 2 exhibe o tratamento de Coroamento/Anelamento.

Figura 2 – Tratamento de Coroamento/Anelamento.



Fonte: Ribeiro, (2016).

Um outro método de controle consiste no uso de manta plástica, a qual evita a lixiviação conservando a estrutura do solo, além de reter a umidade reduzindo a variação térmica. Entre outros benefícios diminui a adubação, porém não é recomendada para grandes áreas devido ao custo do processo de acordo com os estudos realizados por Barbosa *et al.*, (2018). A figura 3 mostra este método.

Figura 3 – Método de controle por manta plástica.



Fonte: Adaptado de Barbosa *et al.*, (2018).

Dias *et al.*, (2019) conduziram estudos utilizando papelão (tipo Kraft) como método de coroamento, que consiste na utilização de peças com formato hexagonal (caixa de pizza) com diâmetro de 56 cm tratadas com sulfato de cobre para aumentar a vida útil.

Antes da utilização da cobertura de papelão era realizada ao redor da planta uma roçagem com enxada (coroamento manual), para reduzir a altura do mato e depois serem colocadas manualmente as coberturas.

Porém este método se mostrou ineficiente e de alto custo, devido ao fato que depois de 9 meses as coberturas começaram a se deteriorar em razão do local do experimento ocorrerem elevadas precipitações. A figura 4 ilustra esse método.

Figura 4 – Controle do mato pelo método de coroamento com uso de papelão.



Fonte: Adaptado de Resende *et al.*, (2017).

3.4 – Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

Um cuidado crescente na aplicação de produtos fitossanitários consiste no risco da deriva durante a pulverização e seus impactos no meio ambiente tornando relevante o emprego de tecnologias mais seguras.

Madureira *et al.*, (2015) avaliaram pontas de pulverização de jato plano, inclinado e com indução de ar, com diversos adjuvantes de uso agrícola com o objetivo de analisar a possibilidade da deriva causado pelos depósitos e espectros das gotas, onde a ponta de pulverização de jato plano com indução de ar apresentou menor risco de deriva com gotas uniformes ($\leq 100 \mu\text{m}$) quando comparada a ponta de jato plano inclinado, porém o risco de deriva desta última é reduzido quando adjuvantes são adicionados na água.

A ponta de jato plano com indução de ar tem redução no risco da deriva apenas quando o adjuvante polímero vegetal é adicionado à água, demonstrando que ele é o mais eficiente na redução da deriva.

No estudo sobre a deposição de produtos fitossanitários nas folhas de cafeeiro e das perdas para o solo, Silva *et al.*, (2014) analisaram a deposição da calda pulverizada nas folhas do cafeeiro e a perda para o solo, quando aplicada com diferentes pontas e taxas de pulverização.

Neste experimento foram utilizadas taxas para aplicação de calda de 200 e 500 L ha⁻¹ e ponta de pulverização de jato cônico vazio (ATR) e jato cônico vazio com indução de ar (TVI), onde a ponta de indução de ar (TVI) revelou ser viável na deposição da calda na parte superior do cafeeiro quando utilizada a taxa de aplicação de 500 L ha⁻¹ e com a taxa de 200 L ha⁻¹ a ponta de jato cônico vazio (ATR) obteve melhores resultados.

Na parte inferior do cafeeiro a deposição da calda foi equivalente nos tratamentos utilizados, porém a ponta de jato cônico vazio com indução de ar (TVI) apresentou maiores perdas para o solo.

Para o controle do pulgão do algodoeiro Lima *et al.*, (2019) realizaram experimentos na distribuição de gotas de pulverização avaliando o melhor ângulo de deslocamento do pulverizador durante a aplicação em cultivos ultra adensado (0,22 m), adensado (0,45 m) e convencional (0,90 m).

O sistema trator/pulverizador montado com barras de 13 m de largura operacional, bicos de pulverização com espaçamento de 0,50 m, pontas de pulverização Teejet XR 110.02 VP jato plano, deslocava na linha de semeadura em quatro ângulos; 0° (paralelo a linha de cultivo), 30° (diagonal em relação a linha de cultivo), 45° (diagonal em relação a linha de cultivo), 90° (diagonal em relação a linha de cultivo) e para análise da população de pulgões as plantas foram divididas em três partes verticais “terços” (inferior, médio e superior).

Os pulgões concentram-se nas folhas superiores e médias da planta (terço superior e médio). A disposição da quantidade de gotas por metro quadrado foi influenciada pelo espaçamento, ângulo de aplicação e terço da planta, onde o cultivo com espaçamento de 0,22 m apresentou menor controle devido ao adensamento

das plantas que dificultou a passagem das gotas independente do terço da planta e o cultivo com espaçamento de 0,90 m apresentou a melhor distribuição de gotas e redução na população de pulgão entre os três cultivos.

O ângulo de aplicação de 90° obteve o melhor controle mostrando uma maior redução na quantidade pulgões independentes do espaçamento nas estrelinhas do cultivo do algodão.

Maciel *et al.*, (2008) avaliaram na cultura da mamoneira (*Ricinus communis*) de porte anão, os efeitos utilização do jato dirigido sem e com proteção do bico de pulverização por meio do chapéu de napoleão para mistura de herbicidas de ação total no controle do mato.

Foram utilizadas os herbicidas: glyphosate (0,72 kg ha⁻¹); glyphosate + 2,4-D (0,72 + 0,35 kg ha⁻¹); glyphosate + flumioxazin (0,72 + 0,025 kg ha⁻¹); glyphosate + carfentrazone-ethyl (0,72 + 0,016 kg ha⁻¹); glyphosate + diuron (0,72 + 0,75 kg ha⁻¹); MSMA + diuron (1,44 + 0,75 kg ha⁻¹); paraquat + diuron (0,9 kg ha⁻¹); paraquat + diquat (0,20 + 0,20 kg ha⁻¹); paraquat + bentazon (0,40 + 0,48 kg ha⁻¹) e testemunha capinada.

Na aplicação foi utilizado um pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com uma ponta XR 8002-VS para utilização com a proteção do chapéu de napoleão e duas pontas equidistantes em 50 cm na utilização sem proteção, onde ambas pulverizações foram realizadas utilizando calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

A utilização do sistema com chapéu de napoleão apresentou menores índices de fitointoxicação quando comparado com as pontas que não o utilizavam, onde o herbicida glyphosate e as misturas paraquat + bentazon, glyphosate + 2,4-D e paraquat + diquat (0,20 + 0,20 kg ha⁻¹) favoreceram os maiores índices de produtividade quando foram pulverizados em jato dirigido e com a proteção do chapéu de napoleão.

No entanto as misturas paraquat + bentazon (0,40 + 0,48 kg ha⁻¹) e paraquat + diquat (0,20 + 0,20 kg ha⁻¹) evidenciaram serem mais adequadas para a aplicação em jato dirigido com proteção chapéu de napoleão.

Na cidade de Machikou, Pequim, China Zhao *et al.*, 2014 realizaram um estudo sobre redução da deriva na pulverização e resíduos do pesticida

imidacloprida no trigo. Para isso ele utilizou três tipos de bicos para pulverização com leque plano da empresa LECHLER Company (LU120-02, AD120-02, IDK120-02) e dois tipos de pulverizadores (pulverizador de escudo defletor guiado [guided-baffle shield sprayer - GBSS] e pulverizador convencional [conventional sprayer - CS]).

O GBSS é formado por placa defletora inclinada de paralelogramo instalada contrária ao vento do bocal e conectados aos bicos na lança distantes 0,7 m do solo. A medição da deriva da pulverização (feita com amostradores aerotransportados e de sedimento), onde os resíduos terminais no trigo foram verificados com cromatografia líquida e por espectrometria de massa triplo-quadrupolo.

O experimento foi feito com cinco ensaios diferentes (LU-GBSS, LU-CS, IDK-GBSS, IDK-CS, AD-CS) e duas repetições, realizado por trator com velocidade de 3,6 km/h e pressão de 0,3 MPa. Nos resultados observou-se que a deriva de sedimentos e o perfil de pulverização aerotransportado apresentaram maior rendimento com o bico LU120-02, intermediários com o bico IDK120-02 e menor para o bico AD120-02.

A velocidade de saída das gotas do bico plano padrão (LU) é mais rápida, por serem menores e devido ao arrasto, quando comparadas aos bicos de baixo desvio (IDK e AD) que tem gotas maiores mantendo a velocidade de saída. Não foram encontrados resíduos de imidacloprida na palha do trigo com os diferentes bicos e pulverizadores que seguem a ordem do maior resíduo para o menor; IDK120-02 < LU120-02 < AD120-02.

Os limites máximos de resíduos (LMR) ficaram abaixo dos recomendados (União Europeia, 0,1 mg/kg ou China, 0,05 mg/kg) e sem resíduos de imidacloprida na palha do trigo. Considerando fatores de proteção ambiental e segurança alimentar o bico AD120-02 e o GBSS apresentaram um melhor resultado quando comparado aos outros bicos e pulverizadores.

3.5 – Matriz morfológica na concepção de projetos mecânicos

A matriz morfológica foi uma técnica desenvolvida pelo astrônomo suíço Fritz Zwicky (1898-1974) nos anos 1940, onde é proposto um método ordenado de

visualização que sugere o cruzamento dos componentes de um determinado problema com suas prováveis soluções e cujos resultados servem de estímulo para novas ideias.

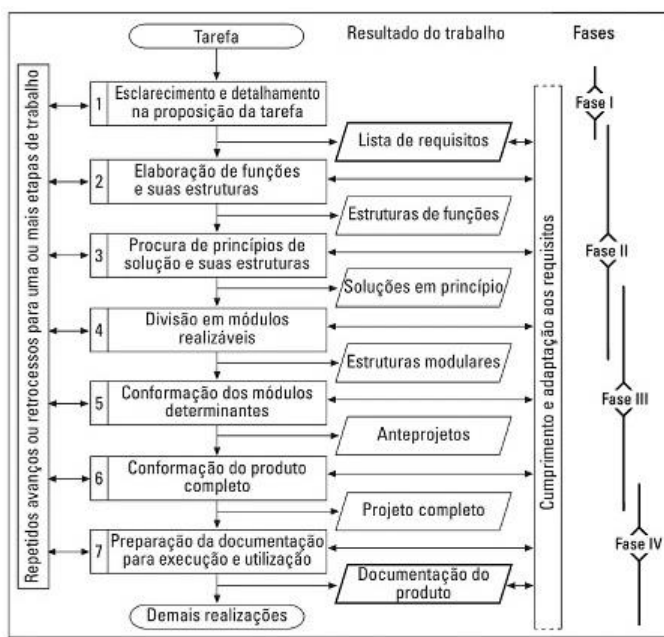
Conforme Yang, (2009) e Kanda, Souza e Held, (2018), destacaram que ao começar o planejamento de uma proposta a maior quantidade de ideias (brainstorming), comparando e compilando as que evoluíram no início e mais tarde no decorrer do andamento do projeto. É essencial continuar desenhando o mesmo protótipo desde o princípio conferindo as soluções e o conhecimento adquirido.

Para EL Mesbahi *et al.*, (2018), análise morfológica é um método para obter a percepção do design, gerando um ambiente de representação de design abstrato e gerando aleatoriamente nesse ambiente resultados potenciais de design. Sendo conhecido como método de design inventivo, pois os produtos apresentam a concepção de novos designs, isto é concepções desconhecidas, úteis e possíveis.

Pahl *et al.*, (2016) propõe um método que se caracteriza pela estrutura composta por quatro fases que são; esclarecimento e definição metódica da tarefa, métodos para concepção, metodologia para anteprojeto e métodos para o detalhamento.

De acordo com Pahl *et al.*, (2016, p.12), “a estruturação dos problemas e das tarefas facilita a percepção das possibilidades de emprego de soluções consolidadas provenientes de desenvolvimentos anteriores e a utilização de catálogos de soluções.” O procedimento geral de desenvolvimento proposto pelo autor está ilustrado na figura 5.

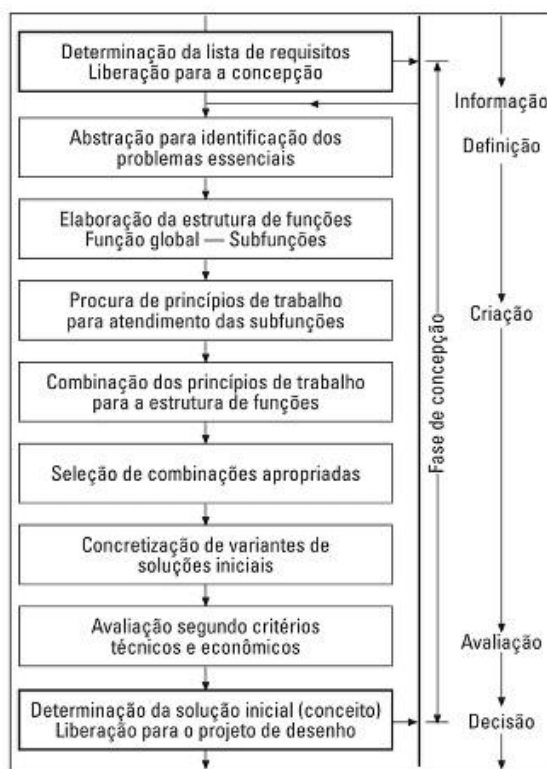
Figura 5 - Procedimento geral para o desenvolvimento do projeto.



Fonte: Adaptado de Pahl *et al.*, (2016).

Após o conhecimento do problema (fase de esclarecimento e definição metódica da tarefa), o objetivo da próxima fase consiste na busca de soluções para o projeto (métodos para concepção) utilizando técnicas sistemáticas de estímulo a criatividade, que está mostrado na figura 6.

Figura 6 – Etapas de desenvolvimento na fase de concepção.



Fonte: Adaptado de Pahl *et al.*, (2016).

De acordo com Pahl *et al.*, (2016), “no procedimento para chegar a uma solução, nova, duradora, não se deve deixar-se conduzir somente por ideias fixas ou convencionais ou se dar por satisfeito com elas. Pelo contrário, é preciso verificar cuidadosamente se caminhos inovadores e práticos que levem à solução são passíveis de implementação”. Durante o desenvolvimento a estrutura de funcionamento será avaliada, quando um princípio de solução define o material, dimensionamento e a tecnologia empregada na execução.

Em cada função apresentada é exibida uma lista de soluções variadas. As soluções serão avaliadas e as que não satisfazem as exigências são eliminadas, porém as restantes serão avaliadas por critérios estabelecidos. Os critérios técnicos serão determinantes, mas sob considerações de critérios econômicos. Baseado nesta avaliação decide-se pelo qual conceito o desenvolvimento será continuado.

Heller *et al.*, (2016), propõem uma abordagem iterativa aplicando gradativamente caixas morfológicas de baixa complexidade. Uma técnica utilizada por EL Mesbahi *et al.*, (2020), foi desenvolvida em duas etapas, onde na primeira

etapa listou as funções que o produto deveria satisfazer decompondo-o em subsistemas simplificando a criação de concepções. E na segunda etapa foram obtidas o máximo de concepções possíveis de serem obtidas através de cada função definida ou subsistema decomposto.

De acordo com Favi *et al.*, (2016), é necessário considerar a base de funcionamento do produto para definir as soluções viáveis de projeto, onde levando em conta o enfoque multiobjetivo do projeto (montagem, fabricação e custo), são apresentadas propostas para a simplificação da estrutura do produto, seleção de materiais econômicos e processos de fabricação.

Segundo Percio *et al.*, (2019), o ponto inicial de um projeto são os requisitos técnicos, onde é utilizada uma matriz de implementação da função de qualidade (Quality Function Deployment - QFD) com o objetivo de determinar a escala hierárquica no atendimento das exigências dos requisitos do cliente. Após a definição do nível hierárquico, os componentes do produto são analisados numa matriz morfológica pela definição de passa ou não passa, de acordo com a hierarquia dos requisitos do cliente.

Moura *et al.*, (2019), analisa o método de desenvolvimento de produto direcionado ao conceito de ergonomia ao propor a utilização de piscinas por pessoas com mobilidade reduzida através de uma plataforma de acessibilidade. Sua metodologia baseou-se na pesquisa tecnológica, onde as informações das necessidades dos usuários obtidas foram elucidadas por meio de uma matriz de implantação de funções de qualidade (Quality Function Deployment – QFD) exibida na figura 07. Isso permitiu elaborar o projeto conceitual, tecnologicamente atrativo ao mercado, aplicando as soluções obtidas no conceito da matriz morfológica, mostrada pela figura 08, que definiu as funções básicas do aparelho e possibilitou criação de um modelo conceitual do produto que é ilustrado pela figura 09.

Figura 07 – Matriz de implantação de funções de qualidade (QFD).

Unidade >>>	%	%	\$	UN/h	%	%	UN	UN	UN	%	%	m m. m.	kWh/\$	%	dB(A)	kg	%	%	%	%	Anos		
	Aparência	Automação	Custo	Capacidade de produção	Coefficiente de segurança	Comando Simples	Componentes Compactos	Componentes Normalizados	Componentes Simples	Conforto	Design	Dimensão	Eficiência	Ergonomia	Nível de Ruído	Peso	Qualidade	Resistência a corrosão	Revestimento	Rigidez estrutural	Vida útil	PESO	Novo equipamento
Autonomia (operar sozinho)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	4	8
Fácil acesso	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	3	7
Manuseio simples	○	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5	9
Baixo ruído	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2	5
Fácil para limpar	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2	4
Segurança para movimentação	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5	7
Segurança no transporte	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2	5
Equipamento robusto	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2	4
Pouco espaço para instalação	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2	4
Fácil manutenção	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	4	6
Componentes comerciais	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	3	5
Maximizar estoque	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2	3
Baixo peso	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	3	2
Baixo custo de fabricação	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5	8
Baixo custo de operação	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5	8
Σ Correlação	36	143	201	123	150	131	70	99	119	56	89	137	164	156	49	116	103	55	42	136	85		
Percentual	2%	6%	9%	5%	7%	6%	3%	4%	5%	2%	4%	6%	7%	7%	2%	5%	5%	2%	2%	6%	4%		
Classificação	21	5	1	9	4	8	16	13	10	17	14	6	2	3	19	11	12	18	20	7	15		

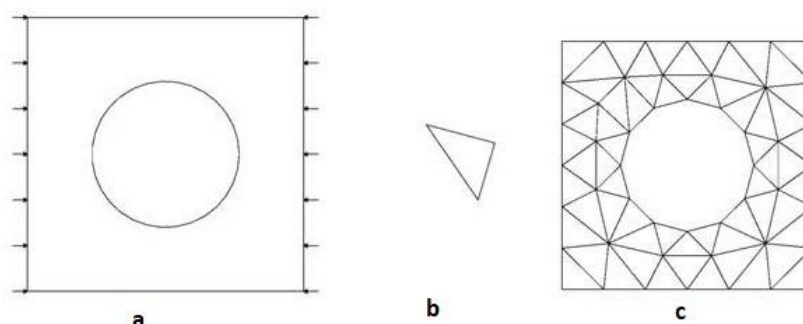
Fonte: Adaptado de Moura *et al.*, (2019).

3.6 – Método dos elementos finitos (MEF) na análise estrutural de máquinas e equipamentos

O método dos elementos finitos estabelece uma forma de estudo numérico que permite a resolução de maneira aproximada das equações diferenciais parciais. Problemas singulares de engenharia apresentam uma dificuldade na solução pelos processos analíticos. Esses processos são utilizados na resolução de modelos com geometria simples (como as retangulares), que são de pequena quantidade. Modelos com geometrias complexas necessitam para a análise de tensões a solução por equações diferenciais parciais através do método dos elementos finitos. A proposta do MEF é dividir a geometria em elementos conectados por nós, onde o conjunto desses elementos é designado por malha conforme mostra a figura 10 (LIMA, 2019).

Em 1943 Courant desenvolveu um estudo sobre métodos variáveis para a solução de problemas de equilíbrio e vibrações, onde foi utilizado elementos triangulares. Nos anos 1950 o MEF foi desenvolvido pela indústria aeroespacial na Boeing nos Estados Unidos (utilizado na modelagem das asas do avião) e Rolls Royce no Reino Unido. Em 1956 um dos primeiros artigos foi publicado por M.J. Turner, R.W. Clough, H.C. Martin e L.J. Topp, onde apresentaram as principais percepções (TURNER *et al.*, 1956).

Figura 10 – Concepção da geometria, elemento e malha dos elementos finitos



Fonte: Adaptado de Fish e Belytschko, (2009).

Legenda: a) geometria com cargas, b) elemento finito triangular, c) geometria discretizada (malha).

Muñoz e Díaz, (2017) realizaram um estudo sobre o dimensionamento de lajes planas de concreto com juntas (Jointed Plain Concrete Pavement - JCPC) para rodovias de pista dupla por método dos elementos finitos. Nessa pesquisa foi utilizando o modelador EverFE 2.25 que é específico para análise de pavimentos de concretos com junta e para ratificação dos resultados foi utilizado o método analítico do software Westergaard 1948.

O dimensionamento de estruturas de pavimento rígido para rodovias de pista dupla ainda é realizado por técnicas empíricas, onde alguns parâmetros tinham valores pré-determinados: carga no eixo do projeto, espessuras das camadas e características dos materiais, para que fossem calculadas as tensões principais máximas de tração (fadiga) e as deformações nas camadas e subleito (deformações permanentes).

Isso direcionava para estudos em uma ou duas dimensões que implicava na omissão de requisitos de contorno mais abrangente. Isso justificou a necessidade de executar uma análise e dimensionamento mais detalhado com características reais, na modelagem 3D da estrutura, considerando ou não o peso dela, carregamentos e condições mais agressivos entre os pavimentos e outras camadas (base e subleito).

Foram desenvolvidos dois modelos de laje JCPC para rodovias de duas pistas, para estudar a resposta às tensões estruturais do pavimento, formado por três lajes quadradas por pista em série com dimensões de 3,5 m x 3,5 m e 5 mm de espessura na abertura da junta. Essa estrutura foi estudada com e sem peso próprio para tornar a análise mais realista, onde os resultados foram: sem peso tensão principal máxima $\sigma_B = 1,89$ MPa; com peso tensão principal máxima $\sigma_B = 1,86$ MPa e a variação foi de 1,6%.

A estrutura com peso próprio estudada, suportaria 25.253.697 repetições de carga, valor calculado com tensão de tração de 1,89 MPa, módulo de ruptura de 4 MPa e razão de tensões de 0,46. Como a variação não teve um percentual significativo considerou-se desnecessário realizar essa análise.

Pesquisa realizada por Zergani, Mirzadeh e Mahmudi, (2020) analisou o nível e o modo de deformação no ensaio de punção de cisalhamento estudado pelo método dos elementos finitos (FEM). O teste de punção de cisalhamento (Shear Punch Test - SPT) é um procedimento de teste em miniatura baseado na operação

de estampagem com o objetivo de avaliar as propriedades mecânicas de pequenas amostras, onde são obtidos os valores da tensão de cisalhamento (Shear Yield Stress - SYS) e resistência ao cisalhamento final (Ultimate Shear Strength - USS).

No cisalhamento a sua deformação cresce com o aumento do deslocamento do punção (d) e diminuindo com o crescimento da folga entre a matriz e o punção (W), atingindo o estado de cisalhamento puro, onde a deformação de cisalhamento (γ) na zona de cisalhamento é calculado por $\gamma = d/W$ e a deformação equivalente é representada conforme o critério de Von Mises:

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{d}{W}$$

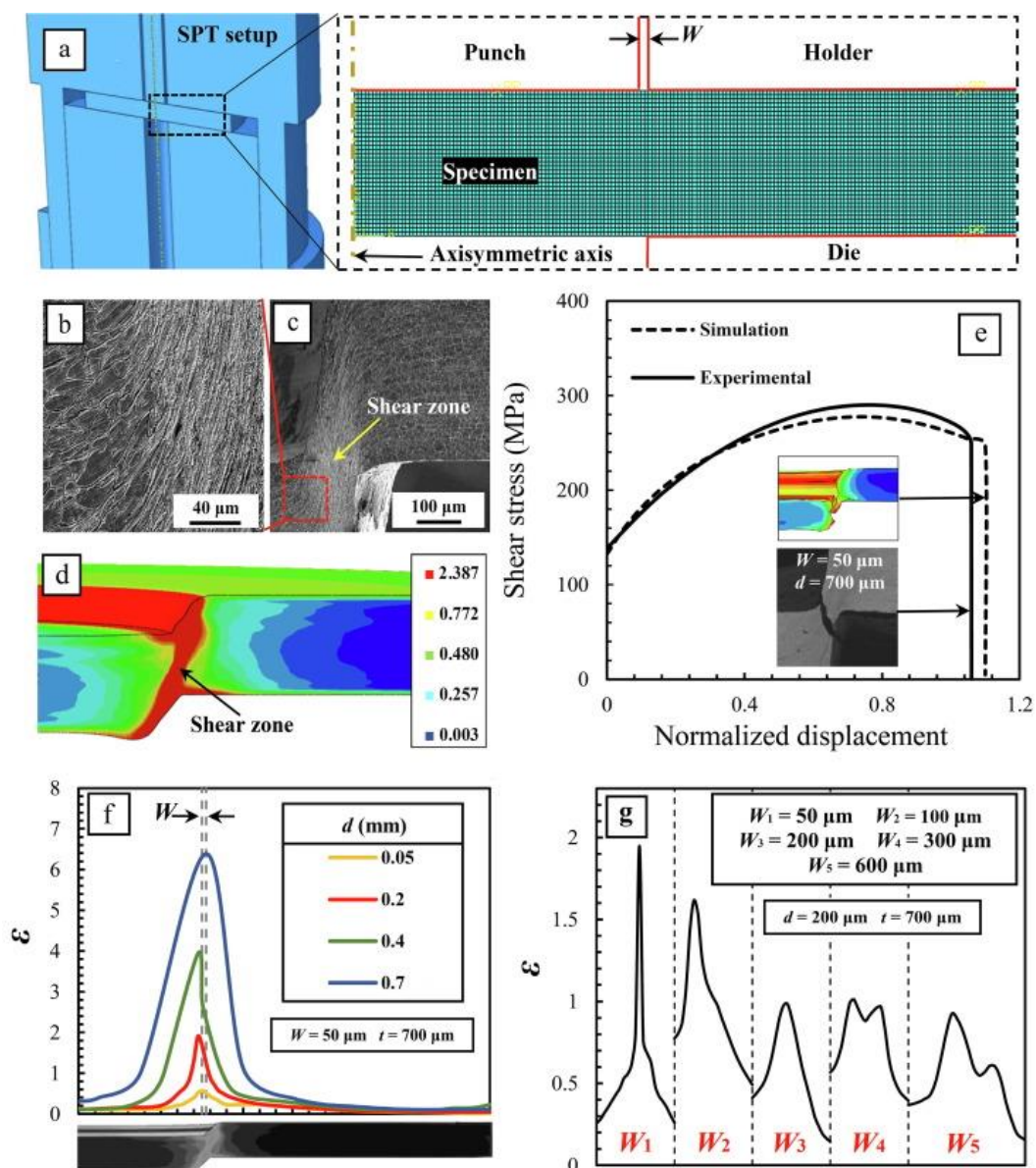
Esta equação representa o cisalhamento puro, onde não foi incorporada a espessura da chapa (t) tornando sua aplicação limitada no processo de SPT.

Foi desenvolvido um modelo dos elementos finitos, mostrado pela figura 11a, e utilizando o software ABAQUS realizou-se o processo de simulação para analisar a deformação no teste de punção de cisalhamento, sendo considerado um método axissimétrico e diferentes valores para t , W e d . As informações utilizadas no software de simulação são referentes as propriedades mecânicas do aço inoxidável AISI 304L.

Uma curva SPT foi obtida experimentalmente foi utilizada para validar os resultados da simulação, onde a configuração para a obtenção da curva foi; punção de extremidade plana com diâmetro de 3,044 mm ($W = 50 \mu\text{m}$), tensão de cisalhamento (τ) foi determinada pela relação $\tau = F/\pi Dt$, onde F é a carga aplicada e D o valor médio dos diâmetros da punção e matriz.

As microestruturas da região de cisalhamento da amostra SPT foram evidenciadas por eletroetching numa solução de HNO_3 a 60% a 2V e analisadas em microscópio eletrônico de varredura por emissão de campo FEI NOVA (FE-SEM). A figura 11 ilustra esse desenvolvimento.

Figura 11 – Desenvolvimento da análise do teste de punção de cisalhamento



Fonte: Adaptado de Zergani, Mirzadeh e Mahmudi, (2020).

Figura 11: (a) representação do modelo FEM, (b, c) Micrografia FE-SEM da zona de cisalhamento na amostra deformada, (d) contorno de distribuição de deformação na amostra SPT ($W = 50 \mu\text{m}$, $t = 700 \mu\text{m}$, $d = 200 \mu\text{m}$), (e), simulados e deslocamento de tensão-normalizado cisalhamento experimental (d/t) as curvas, (f) ϵ em SPT amostras a diferentes valores de d , e (g) ϵ a diferentes valores de W .

Na figura 11b e c são mostradas as micrografias em diferentes ampliações da amostra deformada, onde a zona de cisalhamento apresenta grãos significativamente alongados, porém em outros lugares eles não sofreram deformações. A figura 11d exibe o contorno da distribuição das deformações na simulação da amostra, onde observa-se a concentração na zona de cisalhamento.

Na figura 11e são exibidas as curvas experimentais e simuladas de deslocamento normalizado indicando boa uniformidade e precisão dos parâmetros utilizados na simulação. A figura 11f mostra a distribuição de ε influenciada por d em $W = 50 \mu\text{m}$ e $t = 700 \mu\text{m}$, mostra que o método SPT provoca uma deformação local severa na zona de cisalhamento sendo maior do que outros métodos de caracterização mecânica. Na figura 11g exibe o efeito de W sobre ε em $d = 200 \mu\text{m}$ e $t = 700 \mu\text{m}$, onde percebe-se um declínio em W causando um aumento de ε na zona de cisalhamento.

O método dos elementos finitos permitiu a observação da condição e do valor da deformação no ensaio de punção e simular a folga entre a matriz e o punção.

Souza *et al.*, (2018) conduziram estudo sobre a relação entre um ramo de café e uma haste colhedora, utilizando a Análise dos Elementos Finitos (FEA), com o objetivo de avaliar o comportamento mecânico da planta submetida a vibração. Por meio do FEA são obtidas as características modais de um sistema, frequências naturais e modos de vibração pela formulação e solução de problemas com autovalores (frequências naturais do sistema) e autovetores (modos de vibração do sistema associados a cada frequência natural).

No sistema mecânico considerando a análise de vibração sem amortecimento a equação na forma de matriz é dada por:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [K]\{v\} = \{F\}$$

Onde $[M]$ é a matriz de massa, $\{\ddot{u}\}$ é o vetor de aceleração, $[K]$ é a matriz de rigidez, $\{v\}$ é o vetor de deslocamento e $\{F\}$ é o vetor de carga externa.

Nos modelos tridimensionais dos elementos finitos os deslocamentos nodais de um elemento são expressos por:

$$\{v\} = \begin{Bmatrix} u(x, y, z) \\ v(x, y, z) \\ w(x, y, z) \end{Bmatrix}$$

Sendo u , v e w os deslocamentos nodais.

As deformações geradas são possíveis de serem determinadas através da lei de Hooke para materiais homogêneos e isotrópicos, de acordo com:

$$\begin{aligned}\{\sigma\} &= |D|\{\varepsilon\} \\ \{\sigma\} &= \{\sigma_{xx}\sigma_{yy}\sigma_{zz}\tau_{xy}\tau_{xz}\tau_{yz}\} \\ \{\varepsilon\} &= \{\varepsilon_{xx}\varepsilon_{yy}\varepsilon_{zz}\varepsilon_{xy}\varepsilon_{xz}\varepsilon_{yz}\}\end{aligned}$$

No qual $\{\sigma\}$ é o vetor de tensão, $\{\varepsilon\}$ é o vetor de deformação; $\sigma_{xx}\sigma_{yy}\sigma_{zz}$ são tensões normais; $\tau_{xy}\tau_{xz}\tau_{yz}$ são tensões de cisalhamento; $\varepsilon_{xx}\varepsilon_{yy}\varepsilon_{zz}$ são deformações normais; $\varepsilon_{xy}\varepsilon_{xz}\varepsilon_{yz}$ são deformações de cisalhamento e $|D|$ é a matriz de propriedades mecânicas.

A tensão de Von Mises é o resultado de todas as tensões normais e de cisalhamento atuantes num ponto do corpo, onde as tensões máximas equivalem ao pico de tensão durante o período de excitação representados por:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + (\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{zz} - \sigma_{xx})^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)}{2}}$$

Onde σ_{VM} é a tensão de Von Mises.

Foi realizada a modelagem do ramo de café, onde a planta foi reduzida a somente um ramo plagiotrópico com geometria simplificada. Isso reduziu o esforço computacional aplicado em estudos dinâmicos utilizando o FEA, que exigem muito esforço de memória computacional. Nesse sentido, também foi modelada uma haste da colheitadeira que foi posicionada junto ao ramo com o objetivo de possibilitar a interação entre eles nas simulações dinâmicas.

A simulação foi realizada com o software Ansys®, onde os materiais utilizados nas modelagens foram obtidos da sua biblioteca. Para análise de convergência da malha foram realizadas três fases:

- a) A malha foi gerada usando o menor número de elementos possível;
- b) O modelo foi remodelado considerando o refinamento dos elementos. Eles foram reanalisados e comparados com os resultados das malhas anteriores.
- c) A densidade da malha foi aumentada e o modelo reanalisado até que os resultados convergissem de forma satisfatória.

A convergência analisada foi determinada pela comparação com a Tensão de Von Mises dos modelos de ramos refinados com malhas tetraédricas de 10 nós com elementos menores que 4 mm e obtendo a tensão constante de 2,84 MPa. Os modelos dos elementos finitos no ramo exibiram a forma tetraédrica de 10 nós e malha com 10440 nós e 6195 elementos e o modelo da haste, definido pelo método de varredura automática, apresentou a forma hexaédrica de 20 nós e a malha com 15052 nós e 3024 elementos.

Na simulação do processo de colhimento foi definido o movimento do modelo da haste para viabilizar a interação física com o ramo, onde foi considerado para a haste a amplitude de 0,002 m, frequência de 30,8 Hz e tempo de 0,3 s. A tensão de Von Mises detectada na simulação foi de 2,51 MPa na região central do ramo de café e o deslocamento neste ponto foi de 0,23 mm próximo a fixação e 2,03 mm na extremidade livre.

No experimento físico foram utilizadas amostras de ramos plagiotrópicos de café, que tiveram as folhas e frutos retirados deixando as amostras semelhantes ao modelo FEA, sendo alojadas em um mandril e fixados acelerômetros nos ramos para medir a vibração.

Foi produzida uma haste colhedora em fibra de vidro com dimensões e forma idêntico ao modelo FEA, para a fonte de vibração foi utilizada uma colhedora acionada por motor a gasolina que foi adaptada para utilizar a haste produzida e utilizados equipamentos de medição e software para aquisição de dados (tempo de 0,0324 s, frequência de 30,8 Hz e deslocamento médio estimado do ramo próximo a fixação de 0,29 mm).

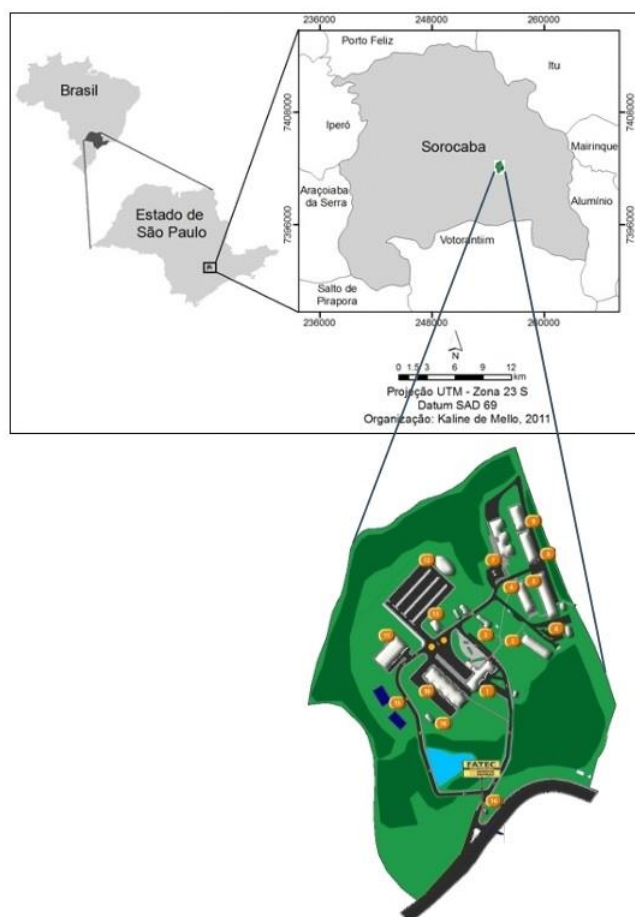
O deslocamento observado na simulação foi 23,2% inferior ao experimento na mesma região avaliada, mas apesar dos problemas de concepção do modelo biológico e sua interação com os equipamentos o resultado da simulação foi satisfatório.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local de desenvolvimento

O presente trabalho foi desenvolvido na Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (FATEC-SO) e Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia - Campus Sorocaba. O município está situado a 562 metros de altitude, nas coordenadas de latitude: 23° 30' 7" S, longitude: 47° 27' 28" W, na classificação de Köppen o clima é dominante tipo “Cwa”, característico de subtropical quente, com chuvas de verão e temperatura no mês mais quente $\geq 22^{\circ}\text{C}$. O mapa da figura 12 mostra a localização da FATEC-SO.

Figura 12 – Mapa de localização da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba.



Fonte: Adaptado de Mello *et al.*, (2014) e Fatec Sorocaba, (2013).

4.2 Identificação por meio de uma matriz morfológica os diferentes componentes da plataforma para a concepção do projeto

Com a finalidade de auxiliar a concepção do projeto da plataforma de coroamento foi utilizada uma matriz morfológica, onde as definições das soluções consistem em uma tabela na qual a primeira coluna vertical contém as características gerais e atributos (parte, funções) que são relevantes para o problema e as linhas horizontais contém as alternativas para cada atributo ou função de acordo com Ostertag, Ostertagová, Hunady, (2012), Kanda, Souza e Held, (2018) e Moura *et al.*, (2019).

4.3 Modelagem da plataforma proposta por meio de desenho assistido por computador

Atualmente a redução do tempo de desenvolvimento do ciclo de um produto é um dos maiores desafios do setor produtivo ultimamente, bem como para determinado campo da pesquisa científica, onde depende dentre outros, da construção de protótipos físicos para validação de resultados preliminares em escala de laboratório.

Nesse contexto, a automação utilizando os sistemas CADs para a fabricação de um protótipo físico desde a sua concepção até a sua finalização, é parte fundamental para o desenvolvimento da pesquisa. Por exemplo, com a integração dos sistemas CAD/CAE/CARP/CAM (Projeto Assistida por Computador/Engenharia de Simulação Assistida por Computador/Prototipagem Rápida Assistida por Computador/Manufatura Assistida por Computador), tem-se rapidez da comunicação interna e externa das informações técnicas dos projetos e processos de fabricação de determinado protótipo virtual (3D), num espaço de tempo cada vez menor, reduzindo também custos de fabricação, conforme Grotto, Meira Junior e Walber (2020) e Souza *et al.*, (2018).

A modelagem do sistema mecanizado foi desenvolvida com o auxílio do sistema computacional Autodesk® Inventor Professional versão educacional, no laboratório de Computação Gráfica da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (FATEC-SO).

4.4 Análise por método dos elementos finitos na rigidez da estrutura da plataforma de aplicação

Conforme Volpato *et al.*, (2016) a utilização do método dos elementos finitos na análise das deformações, tensões e deslocamentos permite a otimização de estruturas, com bons resultados, por meio da simulação de sistemas físicos (geometria e carregamento) através da aproximação matemática de sistemas reais. Neste método são criadas malhas a partir da modelagem (modelo 3D) que é conhecida por discretização, correspondendo na subdivisão do modelo 3D em pequenos tamanhos formados pelos nós e elementos onde os carregamentos são aplicados.

No presente trabalho o estudo foi desenvolvido utilizando para a análise dos elementos finitos o software Autodesk® Inventor. Primeiramente foram definidos os pontos de restrição e de carga na estrutura, em seguida foi gerada uma malha e a partir dela foi realizada a simulação.

Neste sistema estático e sem amortecimento, com as informações dos carregamentos (cargas) e propriedades mecânicas do material (módulo de elasticidade) são determinados os deslocamentos que representam as deformações na estrutura e, portanto, os valores da tensão de Von Mises (tensão de escoamento).

4.5 Construção e desenvolvimento do protótipo do sistema mecanizado

A construção do protótipo foi desenvolvida no laboratório de Fabricação Mecânica (oficina) da FATEC-SO. Na proposta inicial foi analisada a construção do protótipo com a utilização dos materiais; alumínio (chapa de alumínio para o fechamento externo e perfil em aço ABNT 1020 para o reforço estrutural) ou metal (chapa galvanizada para o fechamento externo e perfil em aço ABNT 1020).

4.6 Avaliação do protótipo no coroamento das espécies nativas

Esse ensaio foi realizado de maneira preliminar visando entender limitações do protótipo dentro de uma condição laboratorial.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultado das alternativas de projeto para a concepção da plataforma de coroamento utilizando uma matriz morfológica

As diferentes concepções da matriz morfológica são apresentadas na figura 13 conforme a sua própria definição nessa matriz para cada função as soluções possíveis são apresentadas na forma de esboços, permitindo a visualização de diversas possibilidades no estudo e auxiliando novas concepções inovadoras por meio da combinação de dois ou mais estudos.

Figura 13 – Matriz morfológica com soluções e sub-funções.

Soluções		1	2	3	4	5
Sub-funções						
1	Sistema de Proteção Externa	 Material Aço Galvanizado	 Material Plástico Polipropileno	 Material Alumínio	 Chapéu de Napoleão	 Proteção Dupla Anti-deriva
2	Sistema de Proteção Interna	 Tubo de Aço Galvanizado	 Tubo de Plástico PVC	 Tubo de Alumínio	Não se aplica	Não se aplica
3	Mecanismo de Fechamento Proteção Interna	 Chapa de Aço Calandrada	 Tubo de Plástico PVC	 Mola de Aço Revestida em Lona	Não se aplica	Não se aplica
4	Sistema de Fechamento do Canal de Acesso	 Chapa Calandrada	 Lona Dobrada com Movimento Manual	 Canal Guia Protegido por Lona	Não se aplica	Não se aplica
5	Sistema de Aplicação do Herbicida	 Pulverizador Costal (2 pontas - 110°)	 Pulverizador Costal (4 pontas - 110°)	 Pulverizador Costal (3 pontas - 110°)	 Pulverizador Costal (1 ponta - 110°)	 Bomba de Cardã (3 pontas - indução ar)
6	Sistema de Transporte	 Motocultivador	 Alças para Carregamento	 Carrinho Manual	 Manual Descarga (tubo) Metálica	 Trator

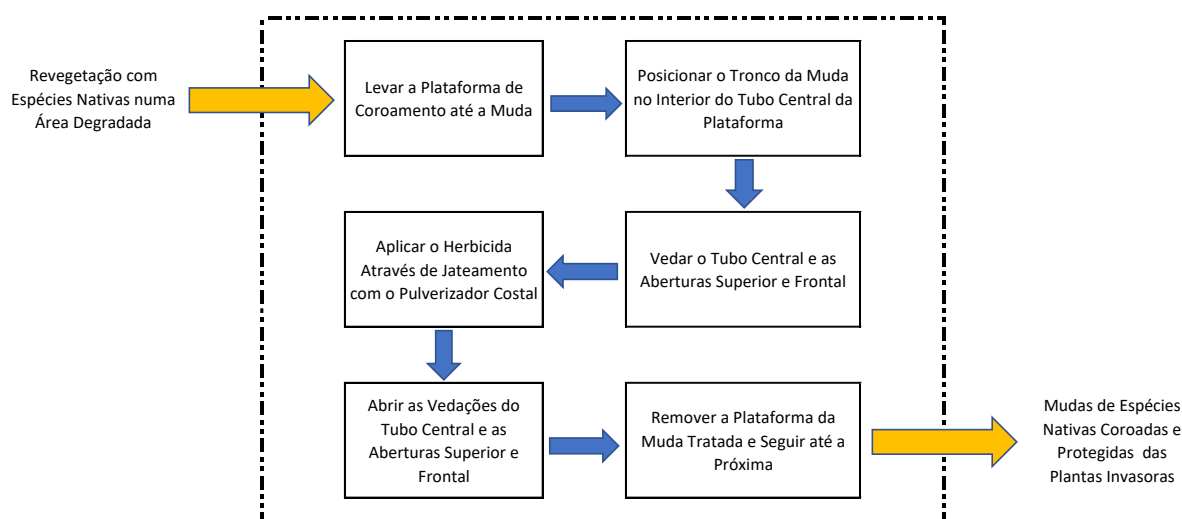
Fonte: Autoria própria.

As soluções apresentadas foram inseridas num diagrama morfológico permitindo facilmente a visualização e análise das possíveis combinações. Esse

arranjo simples do diagrama morfológico permitiu a combinação de uma grande quantidade de soluções para este estudo.

De acordo com o método da matriz morfológica, Pahl *et al.*, (2016) recomenda o desenvolvimento da estrutura de funcionamento da plataforma com o objetivo de indicar um princípio de solução que define o material, dimensionamento e tecnologia utilizada na execução. A figura 14 ilustra a estrutura de funcionamento da plataforma para o coroamento químico.

Figura 14 – Estrutura de funcionamento da plataforma para o coroamento químico.



Fonte: Autoria própria.

Com as informações sobre a estrutura de funcionamento da plataforma, as soluções apresentadas foram inseridas num diagrama morfológico permitindo facilmente a visualização e análise das possíveis combinações. Esse arranjo simples do diagrama morfológico permitiu a combinação de uma grande quantidade de soluções para este estudo. O diagrama morfológico está ilustrado pela tabela 1.

Tabela 1 – Variantes de soluções criadas para a concepção do projeto.

Diagrama Morfológico (Matriz de Projeto)					
Sub-funções	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4	Solução 5
Sist. Proteção Externa	Material Aço	Material Plástico	Material Alumínio	Chapéu de Napoleão	Proteção Dupla Anti-deriva
Sist. Proteção Interna	Tubo de Aço	Tubo de Plástico/PVC	Tubo de Alumínio	Não se aplica	Não se aplica
Mec. Fech. Prot. Int.	Chapa Aço Calandrada	Tubo de Plástico/PVC	Mola Aço Revest. Lona	Não se aplica	Não se aplica
Sist. Fech. Canal Aces.	Chapa Calan. Acion. Man.	Lona Dobr. Acion. Man.	Canal Guia Prot. Lona	Não se aplica	Não se aplica
Sist. Aplic. Herb.	Pulv. 2 pontas (110° abert.)	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 4 pontas (110° abert.)	Pulv. 1 ponta (110° abert.)	Bomba 3 pontas (indução ar)
Sist. Transporte	Motocultivador	Carrinho Manual	Alças de carregamento	Manual Tubo Metal	Trator
Sub-funções	Solução 6	Solução 7	Solução 8	Solução 9	Solução 10
Sist. Proteção Externa	Material Aço	Material Plástico	Material Alumínio	Material Alumínio	Material Aço
Sist. Proteção Interna	Tubo de Aço	Tubo de Alumínio	Tubo de Alumínio	Tubo de Alumínio	Tubo de Aço
Mec. Fech. Prot. Int.	Chapa Aço Calandrada	Tubo de Plástico/PVC	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona	Chapa Aço Calandrada
Sist. Fech. Canal Aces.	Chapa Calan. Acion. Man.	Lona Dobr. Acion. Man.	Canal Guia Prot. Lona	Canal Guia Prot. Lona	Chapa Calan. Acion. Man.
Sist. Aplic. Herb.	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 4 pontas (110° abert.)	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 3 pontas (110° abert.)
Sist. Transporte	Motocultivador	Alças de carregamento	Carrinho Manual	Trator	Trator
Sub-funções	Solução 11	Solução 12	Solução 13	Solução 14	Solução 15
Sist. Proteção Externa	Material Aço	Material Plástico	Material Alumínio	Material Alumínio	Material Aço
Sist. Proteção Interna	Tubo de Aço	Tubo de Alumínio	Tubo de Alumínio	Tubo de Alumínio	Tubo de Aço
Mec. Fech. Prot. Int.	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona
Sist. Fech. Canal Aces.	Canal Guia Prot. Lona	Canal Guia Prot. Lona	Chapa Calan. Acion. Man.	Chapa Calan. Acion. Man.	Canal Guia Prot. Lona
Sist. Aplic. Herb.	Pulv. 4 pontas (110° abert.)	Pulv. 4 pontas (110° abert.)	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 4 pontas (110° abert.)
Sist. Transporte	Motocultivador	Alças de carregamento	Carrinho Manual	Trator	Trator
Sub-funções	Solução 16	Solução 17	Solução 18	Solução 19	Solução 20
Sist. Proteção Externa	Material Aço	Material Plástico	Material Alumínio	Material Alumínio	Material Aço
Sist. Proteção Interna	Tubo de Aço	Tubo de Alumínio	Tubo de Alumínio	Tubo de Alumínio	Tubo de Aço
Mec. Fech. Prot. Int.	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona
Sist. Fech. Canal Aces.	Chapa Calan. Acion. Man.	Canal Guia Prot. Lona	Chapa Calan. Acion. Man.	Chapa Calan. Acion. Man.	Chapa Calan. Acion. Man.
Sist. Aplic. Herb.	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 4 pontas (110° abert.)	Pulv. 4 pontas (110° abert.)	Pulv. 3 pontas (110° abert.)
Sist. Transporte	Motocultivador	Carrinho Manual	Carrinho Manual	Trator	Trator
Sub-funções	Solução 21	Solução 22	Solução 23	Solução 24	Solução 25
Sist. Proteção Externa	Material Aço	Material Plástico	Material Alumínio	Material Alumínio	Material Aço
Sist. Proteção Interna	Tubo de Aço	Tubo de Alumínio	Tubo de Alumínio	Tubo de Alumínio	Tubo de Aço
Mec. Fech. Prot. Int.	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona
Sist. Fech. Canal Aces.	Canal Guia Prot. Lona	Canal Guia Prot. Lona	Canal Guia Prot. Lona	Canal Guia Prot. Lona	Canal Guia Prot. Lona
Sist. Aplic. Herb.	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 4 pontas (110° abert.)	Pulv. 4 pontas (110° abert.)	Pulv. 3 pontas (110° abert.)
Sist. Transporte	Motocultivador	Alças de carregamento	Carrinho Manual	Trator	Trator
Sub-funções	Solução 26	Solução 27	Solução 28	Solução 29	Solução 30
Sist. Proteção Externa	Material Aço	Material Plástico	Material Alumínio	Material Alumínio	Material Aço
Sist. Proteção Interna	Tubo de Aço	Tubo de Plástico/PVC	Tubo de Alumínio	Tubo de Alumínio	Tubo de Aço
Mec. Fech. Prot. Int.	Mola Aço Revest. Lona	Tubo de Plástico/PVC	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona
Sist. Fech. Canal Aces.	Canal Guia Prot. Lona	Lona Dobr. Acion. Man.	Canal Guia Prot. Lona	Chapa Calan. Acion. Man.	Canal Guia Prot. Lona
Sist. Aplic. Herb.	Pulv. 2 pontas (110° abert.)	Pulv. 4 pontas (110° abert.)	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 2 pontas (110° abert.)
Sist. Transporte	Motocultivador	Alças de carregamento	Motocultivador	Motocultivador	Trator
Sub-funções	Solução 31	Solução 32	Solução 33	Solução 34	Solução 35
Sist. Proteção Externa	Material Aço	Material Plástico	Material Alumínio	Material Alumínio	Material Aço
Sist. Proteção Interna	Tubo de Aço	Tubo de Plástico/PVC	Tubo de Alumínio	Tubo de Alumínio	Tubo de Aço
Mec. Fech. Prot. Int.	Mola Aço Revest. Lona	Tubo de Plástico/PVC	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona
Sist. Fech. Canal Aces.	Chapa Calan. Acion. Man.	Lona Dobr. Acion. Man.	Chapa Calan. Acion. Man.	Canal Guia Prot. Lona	Chapa Calan. Acion. Man.
Sist. Aplic. Herb.	Pulv. 2 pontas (110° abert.)	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 4 pontas (110° abert.)	Pulv. 4 pontas (110° abert.)	Pulv. 2 pontas (110° abert.)
Sist. Transporte	Motocultivador	Alças de carregamento	Motocultivador	Motocultivador	Trator
Sub-funções	Solução 36	Solução 37	Solução 38	Solução 39	Solução 40
Sist. Proteção Externa	Material Plástico	Material Plástico	Material Plástico	Material Alumínio	Material Alumínio
Sist. Proteção Interna	Tubo de Plástico/PVC	Tubo de Plástico/PVC	Tubo de Alumínio	Tubo de Alumínio	Tubo de Alumínio
Mec. Fech. Prot. Int.	Tubo de Plástico/PVC	Tubo de Plástico/PVC	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona	Mola Aço Revest. Lona
Sist. Fech. Canal Aces.	Lona Dobr. Acion. Man.	Lona Dobr. Acion. Man.	Canal Guia Prot. Lona	Canal Guia Prot. Lona	Lona Dobr. Acion. Man.
Sist. Aplic. Herb.	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 4 pontas (110° abert.)	Pulv. 3 pontas (110° abert.)	Pulv. 4 pontas (110° abert.)	Pulv. 4 pontas (110° abert.)
Sist. Transporte	Motocultivador	Motocultivador	Motocultivador	Motocultivador	Motocultivador
Massa: Aço = 48,202 kg (Erro relativo = 0,240174%)					
Massa: Alumínio = 18,868 kg (Erro relativo = 0,240174%)					
Massa: Politpropileno = 12,077 kg (Erro relativo = 0,240174%)					

Fonte: Autoria própria.

Com a criação das prováveis soluções, elas foram avaliadas utilizando uma lista de critérios técnicos e econômicos. Para cada critério foi atribuído uma nota e um peso, onde ao final da avaliação a solução que apresentou a maior nota foi a escolhida. Esses critérios estão representados na tabela 2.

Tabela 2 – Critérios de avaliação para a escolha da melhor solução.

Critérios de Avaliação	Peso do Critério	Variação Perfeita	Nota
Baixo Custo de Construção	0,2	100	20
Baixo Custo de Manutenção e Operação	0,15	100	15
Facilidade no Transporte	0,15	100	15
Facilidade na Operação e Manutenção	0,15	100	15
Segurança na Operação	0,2	100	20
Utilização de Componentes Padronizados	0,15	100	15
TOTAL	1.00	###	100

Fonte: Autoria própria.

Na tabela 3 são exibidas as notas obtidas por cada solução criada.

Tabela 3 – Notas obtidas por cada solução.

Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4	Solução 5	Solução 6	Solução 7	Solução 8	Solução 9	Solução 10
5	10	5	0	0	5	5	5	5	5
3,75	7,5	3,75	10	0,94	3,75	15	7,5	3,75	3,75
3,75	7,5	10	10	0,47	3,75	15	7,5	1,88	1,88
3,75	3,75	10	10	0,94	7,5	10	10	3,75	3,75
20	15	20	7,5	10	20	20	20	10	10
7,5	10	7,5	10	0,47	7,5	10	10	7,5	7,5
43,75	53,75	56,25	47,5	12,82	47,5	75	60	31,88	31,88
Solução 11	Solução 12	Solução 13	Solução 14	Solução 15	Solução 16	Solução 17	Solução 18	Solução 19	Solução 20
5	15	5	5	5	5	10	5	5	5
3,75	15	3,75	3,75	3,75	3,75	10	3,75	3,75	3,75
3,75	15	7,5	1,88	1,88	3,75	10	10	1,88	1,88
7,5	15	10	3,75	3,75	7,5	7,5	7,5	3,75	3,75
20	20	20	10	10	20	15	15	10	10
7,5	10	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
47,5	90	53,75	31,88	31,88	47,5	60	48,75	31,88	31,88
Solução 21	Solução 22	Solução 23	Solução 24	Solução 25	Solução 26	Solução 27	Solução 28	Solução 29	Solução 30
5	10	5	5	5	5	15	5	5	5
3,75	15	7,5	3,75	3,75	3,75	7,5	7,5	3,75	3,75
3,75	15	7,5	1,88	1,88	3,75	15	3,75	3,75	1,88
7,5	10	10	3,75	3,75	3,75	3,75	10	10	3,75
20	20	20	10	10	20	15	20	20	10
7,5	10	10	7,5	7,5	7,5	10	10	7,5	7,5
47,5	80	60	31,88	31,88	43,75	66,25	56,25	50	31,88
Solução 31	Solução 32	Solução 33	Solução 34	Solução 35	Solução 36	Solução 37	Solução 38	Solução 39	Solução 40
5	10	5	5	5	10	15	10	5	5
3,75	7,5	3,75	7,5	3,75	7,5	7,5	15	7,5	3,75
3,75	15	3,75	3,75	1,88	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
3,75	3,75	7,5	10	3,75	3,75	3,75	10	10	3,75
20	15	15	20	10	15	15	20	20	10
7,5	10	7,5	10	7,5	10	10	10	10	7,5
43,75	61,25	42,5	56,25	31,88	50	55	68,75	56,25	33,75

Fonte: Autoria própria.

O melhor resultado foi obtido pela solução 12, que recebeu a nota 90 ao final da avaliação. Portanto foi a solução escolhida e está descrita na tabela 4.

Tabela 4 – Solução utilizada no projeto.

Sub-funções	Solução 12 (Solução Conceitual)
Sist. Proteção Externa	Material Plástico
Sist. Proteção Interna	Tubo de Alumínio
Mec. Fech. Prot. Int.	Mola Aço Revest. Lona
Sist. Fech. Canal Aces.	Canal Guia Prot. Lona
Sist. Aplic. Herb.	Pulv. 4 pontas (110° abert.)
Sist. Transporte	Alças de carregamento

Fonte: Autoria própria.

A utilização da matriz morfológica permitiu trazer para o desenvolvimento do produto, novos conceitos, ideias alternativas e uma boa solução ao problema exposto de acordo com Yang, (2009) e Kanda, Souza e Held, (2018). A aplicação dela na fase conceitual permite direcionar os rumos das fases seguintes no desenvolvimento do projeto conforme Pahl *et al.*, (2016) e Moura *et al.*, (2019).

5.2 Resultado da modelagem da plataforma proposta por meio de desenho assistido por computador

A plataforma consiste em um sistema hermético para aplicação de herbicida sem que ocorra a deriva do produto aplicado, bem como proteção da essência florestal a ser cultivada. Assim, busca-se diminuir consumo de produto aplicado e riscos ambientais (MACIEL *et al.*, 2011; MAGALHÃES *et al.*, 2012 e ALMEIDA, 2016). A figura 15 apresenta concepção inicial da plataforma.

Figura 15 - Concepção inicial da plataforma.



Fonte: Autoria própria.

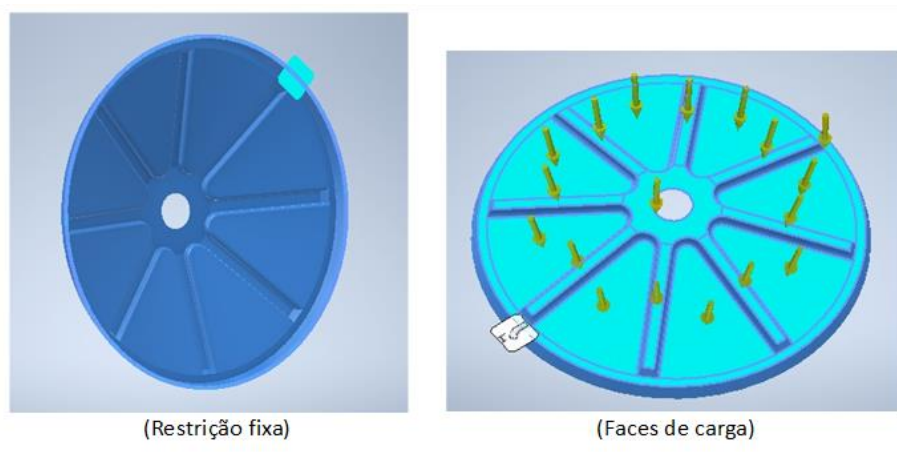
5.3 Resultado da análise por método dos elementos finitos na estrutura da plataforma de coroamento

De acordo com Lotti, (2006) o método dos elementos finitos consiste na discretização (subdivisão) de um sistema contínuo em elementos, conservando as propriedades que os originou, que são descritos por equações diferenciais e solucionados por modelos matemáticos até atingir os resultados esperados.

O estudo foi feito na estrutura da plataforma para verificar a rigidez dela após o corte axial na tampa de polietileno. Foram realizados ensaios sem o corte e cortado, onde as propriedades físicas utilizadas foram; material, polietileno (alta densidade), densidade $0,9652 \text{ g/cm}^3$.

No ensaio sem corte a massa da tampa era de $1,4958 \text{ kg}$ (15 N), onde foi especificado como restrição fixa (superfície de apoio) a parte inferior da tampa, para as cargas (força) foram selecionadas as faces; topo central, corrugações, superfícies entre as corrugações, aro superior externo, pois a carga é distribuída, e aplicada a carga de 15 N que é o próprio peso da tampa. A figura 16 ilustra a especificação da restrição e das cargas.

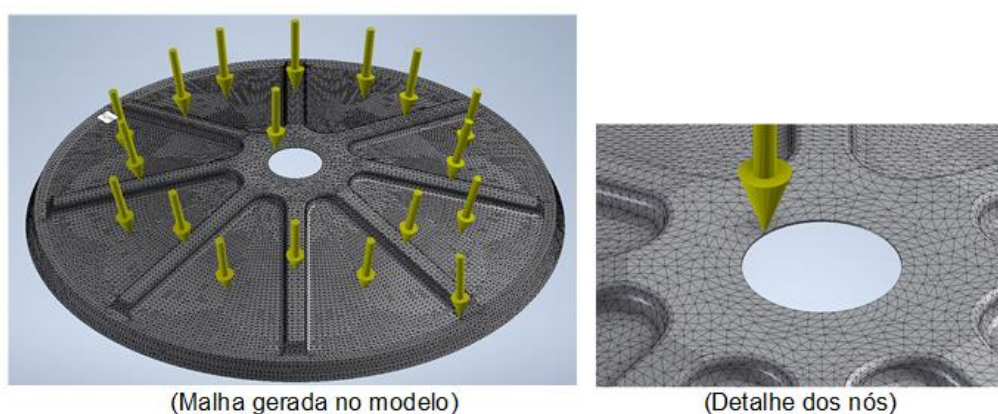
Figura 16 – Especificação dos pontos de restrição e das cargas na estrutura sem corte.



Fonte: Autoria própria.

Em seguida foi gerada a malha, onde as geometrias que compõe o modelo são discretizadas pela divisão do domínio contínuo em elementos finitos de formato simples e que são conectados pelos nós. A malha gerada não precisou ser refinada (SOLA e DELGADO, 2015) e após a criação da malha foi realizada a simulação para analisar as tensões. A figura 17 mostra a malha gerada no modelo.

Figura 17 – Malha gerada no modelo da estrutura sem corte e detalhe dos nós.



Fonte: Autoria própria.

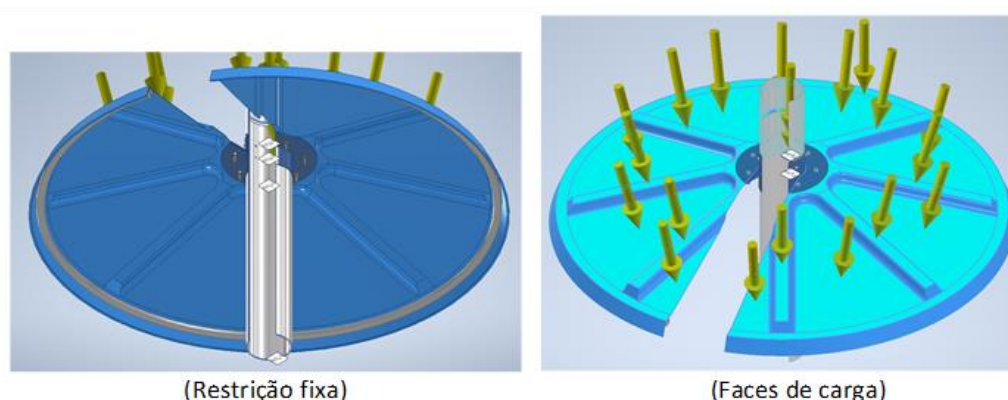
A modelagem da estrutura recebeu o corte e foi realizado um novo ensaio mantendo as especificações de restrições e cargas do ensaio anterior, sendo criada a malha e feita a simulação.

Devido a remoção do material da estrutura pelo corte, foi montado no lado interno dela um aro tubular em aço com o objetivo de manter a rigidez da estrutura evitando empenamentos. Neste ensaio o aro tubular foi a restrição fixa (superfície de apoio), pois ele suportará o peso da estrutura; para as cargas (força) foram selecionadas as mesmas faces do primeiro ensaio. Em seguida a malha foi gerada e depois executou-se a simulação na modelagem da montagem do aro e estrutura.

O próximo ensaio incluiu o tubo para a proteção da muda (PVC) no conjunto estrutura – aro, onde a restrição fixa (superfície de apoio) foi especificada na face inferior, que fica apoiada no solo, porque vai suportar o peso do conjunto e para as cargas (força) foram selecionadas as mesmas faces do primeiro ensaio. Foi gerada a malha no modelo do conjunto e finalizado com a execução do processo de simulação.

O tubo de PVC foi substituído por um tubo de alumínio, que é mais resistente e com parede mais espessa, com o objetivo de evitar a deformação pelo fechamento da região cortada. O tubo de alumínio formou um subconjunto com dois reforços para permitir a fixação no furo central da estrutura e isso motivou um novo ensaio no modelo atual. A figura 18 mostra a definição da restrição fixa e aplicação das cargas (força).

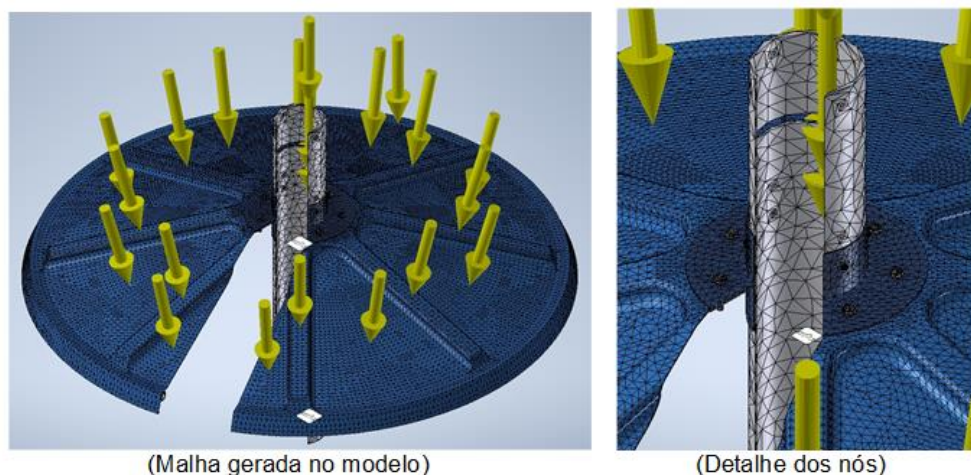
Figura 18 – Especificação do ponto de restrição e das cargas.



Fonte: Autoria própria.

A malha gerada na modelagem do conjunto (estrutura, aro e tubo de alumínio) é ilustrada pela figura 19. Em seguida foi executado do processo de simulação.

Figura 19 – Malha gerada no modelo do conjunto; estrutura, aro e tubo de alumínio.



Fonte: Autoria própria.

O resultado de todas as tensões normais e de cisalhamento influentes em um ponto do corpo, nos quais as tensões máximas correspondem ao pico de tensão ao longo do período de excitação é denominada tensão de Von Mises (σ_{VM}), expressa pela seguinte equação:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + (\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{zz} - \sigma_{xx})^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)}{2}}$$

A análise obtida pelo processo de modelagem dos componentes, permitiu avaliar as deformações dos materiais utilizados em função das alterações efetuadas na geometria deles. As referências utilizadas nos estudos foram a restrição fixa (superfícies de apoio) e as faces de carga (forças).

O estudo inicial foi realizado na estrutura antes do corte axial, para avaliar as propriedades originais de deformação e tensão. A tabela 5 mostra as propriedades físicas da estrutura:

Tabela 5 – Propriedades físicas do material da estrutura.

Material	Polietileno, Alta Densidade
Densidade	0,952 g/cm ³
Massa	1,4958 kg
Área	2100390 mm ²
Volume	1571220 mm ³
Resistência à escoamento	20,67 Mpa
Resistencia máxima à tração	13,78 Mpa

Fonte: Autoria própria.

As cargas de força aplicadas na direção do vetor “Y” foi de 15 N e após a simulação os resultados obtidos estão ilustrados na tabela 6.

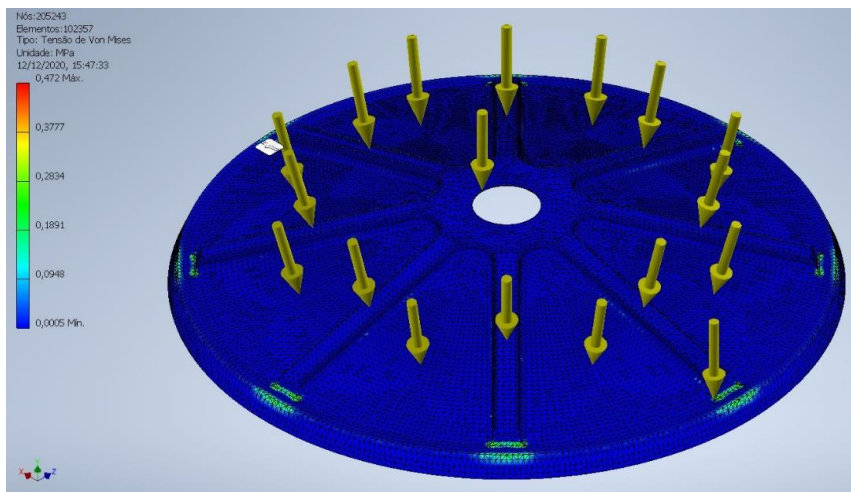
Tabela 6 – Resultado da simulação da modelagem da estrutura sem corte.

Nome	Mínima	Máxima
Tensão de Von Mises	4,678E-04 MPa	0,472 MPa
Deslocamento	0 mm	0,63 mm
Deslocamento X	-0,13 mm	0,13 mm
Deslocamento Y	-0,61 mm	0,01 mm
Deslocamento Z	-0,13 mm	0,13 mm

Fonte: Autoria própria.

A figura 20 ilustra o resultado da Tensão de Von Mises na simulação da modelagem da estrutura sem corte.

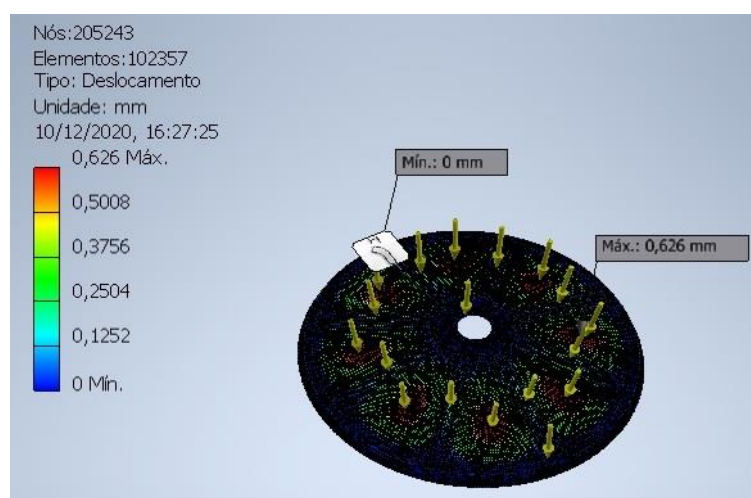
Figura 20 – Resultado da Tensão de Von Mises no processo de simulação na estrutura sem corte.



Fonte: Autoria própria.

Os valores obtidos e o gradiente de cores demonstram que as corrugações são os pontos com maiores solicitações, porém apresentam um valor muito baixo na tensão equivalente (0,472 MPa) e não apresentam risco de deformação, pois a resistência de escoamento do material é de 20,67 MPa. O deslocamento equivalente apresentou um valor máximo muito pequeno (0,63 mm) nas faces planas e de maior área que é mostrada pela figura 21.

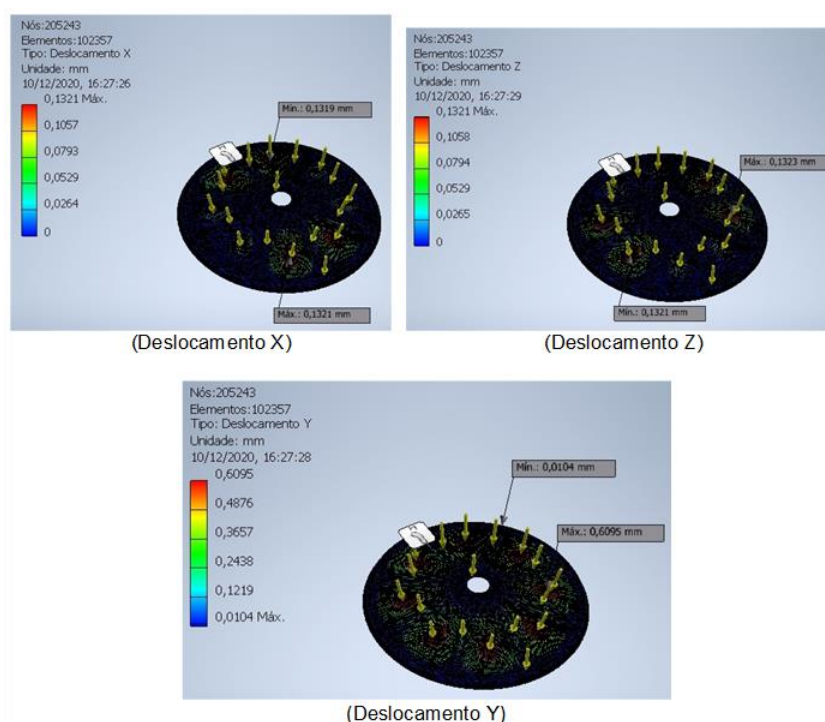
Figura 21 – Deslocamento equivalente na estrutura sem corte.



Fonte: Autoria própria.

Os deslocamentos nos eixos “X” e “Z” apresentaram pequenos valores e praticamente simétricos, porém no eixo “Y”, que está na mesma direção das cargas aplicadas, apresentou uma variação maior na intensidade da força, mas ainda pequeno (-0,61 mm). A figura 22 exibe os deslocamentos nos referidos eixos.

Figura 22 – Deslocamento nos eixos X, Y e Z na estrutura sem corte.



Fonte: Autoria própria.

No estudo da estrutura cortada, a área removida alterou as propriedades físicas do modelo conforme mostra a tabela 7.

Tabela 7 – Propriedades físicas do material da estrutura cortada.

Material	Polietileno, Alta Densidade
Densidade	0,952 g/cm ³
Massa	1,39781 kg
Área	1964470 mm ²
Volume	1468290 mm ³
Resistência à escoamento	20,67 MPa
Resistencia máxima à tração	13,78 MPa

Fonte: Autoria própria.

As referências utilizadas nos estudos foram mantidas bem como a intensidade e o vetor da carga aplicada. O resultado da simulação é exibido pela tabela 8.

Tabela 8 – Resultado da simulação da modelagem da estrutura cortada.

Nome	Mínima	Máxima
Tensão de Von Mises	1,499E-04 MPa	0,555 MPa
Deslocamento	0 mm	0,76 mm
Deslocamento X	-0,15 mm	0,17 mm
Deslocamento Y	-0,74 mm	0,02 mm
Deslocamento Z	-0,13 mm	0,16 mm

Fonte: Autoria própria.

O corte na estrutura removeu parte das corrugações e isso provocou uma alteração resistência dela de acordo com a tensão de Von Mises (0,555 MPa), porém ainda não apresenta possibilidade de deformação já que a resistência de escoamento é 20,67 MPa. Ocorreu um pequeno aumento no deslocamento equivalente (0,76 mm), no centro das faces planas próximas a região removida. Os deslocamentos nos eixos sofreram um pequeno aumento, porém no eixo “Y” ele foi maior novamente (-0,74 mm), pois as cargas aplicadas estão neste eixo.

Para manter a rigidez da estrutura cortada com valores próximos ao original (sem corte), foi montado na parte inferior e do lado interno da estrutura um aro tubular. Nele foi definida a restrição fixa (superfícies de apoio) e na estrutura permaneceram as faces de carga (forças). As propriedades físicas dos dois componentes são mostradas na tabela 9.

Tabela 9 – Propriedades físicas dos materiais da estrutura e aro.

Material	Polietileno, Alta Densidade	Aço, carbono
Densidade	0,952 g/cm ³	7,85 g/cm ³
Massa	1,39781 kg	1,94362 kg
Área	1964470 mm ²	330306 mm ²
Volume	1468290 mm ³	247600 mm ³
Resistência à escoamento	20,67 MPa	350 MPa
Resistencia máxima à tração	13,78 MPa	420 MPa

Fonte: Autoria própria.

Os resultados do processo de simulação da modelagem da montagem são exibidos pela tabela 10.

Tabela 10 – Resultado do processo de simulação da modelagem do conjunto estrutura cortada e aro.

Nome	Mínima	Máxima
Tensão de Von Mises	0 MPa	0,539 MPa
Deslocamento	0 mm	0,41 mm
Deslocamento X	-0,09 mm	0,10 mm
Deslocamento Y	-0,39 mm	2,25E-03 mm
Deslocamento Z	-0,09 mm	0,10 mm

Fonte: Autoria própria.

A colocação do aro causou uma modificação na resistência da estrutura como indica a tensão de Von Mises (0,539 MPa) que diminuiu em relação ao ensaio anterior (sem o aro), mas um pouco superior quando comparado a estrutura sem corte. O aumento na rigidez provocou uma redução no deslocamento equivalente (0,41 mm) que ficou inferior à estrutura sem corte. Os deslocamentos nos eixos também foram reduzidos e ficaram com valores inferiores ao ensaio da estrutura sem corte, no eixo “Y” onde as cargas foram aplicadas ocorreu o maior deslocamento (-0,39 mm).

Para um novo ensaio foi incluída a montagem do tubo para a proteção da muda (PVC) no conjunto anterior (estrutura cortada e aro). As propriedades físicas dos componentes estão mostradas na tabela 11 e 12.

Tabela 11 – Propriedades físicas dos materiais da montagem estrutura, aro, tubo (PVC).

Material	Polietileno, Alta Densidade	Aço, carbono	PVC-Tubulação
Densidade	0,952 g/cm ³	7,85 g/cm ³	1,4 g/cm ³
Massa	1,39781 kg	1,94362 kg	0,299 kg
Área	1964470 mm ²	330306 mm ²	171061 mm ²
Volume	1468290 mm ³	247600 mm ³	213866 mm ³
Resistência à escoamento	20,67 MPa	350 MPa	46,53 MPa
Resistencia máxima à tração	13,78 MPa	420 MPa	52,36 MPa

Fonte: Autoria própria.

Tabela 12 – Resultado do processo de simulação da modelagem na montagem.

Nome	Mínima	Máxima
Tensão de Von Mises	1,813E-04 MPa	9,887 MPa
Deslocamento	0 mm	6,64 mm
Deslocamento X	-2,78 mm	3,21 mm
Deslocamento Y	-6,11 mm	1,15E-04 mm
Deslocamento Z	-1,77 mm	1,89 mm

Fonte: Autoria própria.

A montagem do tubo (PVC) no conjunto estrutura-aro mudou a localização da restrição fixa (ponto de apoio) que passou para a parte inferior do tubo e a massa do aro passou a ser considerada. Essa alteração elevou o valor da tensão de Von Mises (9,887 MPa), que ficou próxima da tensão de escoamento do material da estrutura. Os deslocamentos equivalentes e nos eixos sofreram uma elevação considerável quando comparado ao ensaio anterior, sendo o eixo “Y” (-6,11 mm) com o maior valor do grupo.

Neste estudo foi feita a substituição do tubo de PVC pelo tubo de alumínio de maior resistência e realizados os mesmos ensaios. As tabelas 13 e 14 exibem as propriedades dos materiais.

Tabela 13 – Propriedades físicas dos materiais do conjunto estrutura, aro, tubo (Alumínio).

Material	Polietileno, Alta Densidade	Aço, carbono	Aço, suave	Alumínio 6061
Densidade	0,952 g/cm ³	7,85 g/cm ³	7,85 g/cm ³	2,7 g/cm ³
Massa	1,39781 kg	1,94362 kg	0,449 kg	1,459 kg
Área	1964470 mm ²	330306 mm ²	69313 mm ²	349686 mm ²
Volume	1468290 mm ³	247600 mm ³	57244 mm ³	540380 mm ³
Resistência à escoamento	20,67 MPa	350 MPa	207 MPa	275 MPa
Resistencia máxima à tração	13,78 MPa	420 MPa	345 MPa	310 MPa

Fonte: Autoria própria.

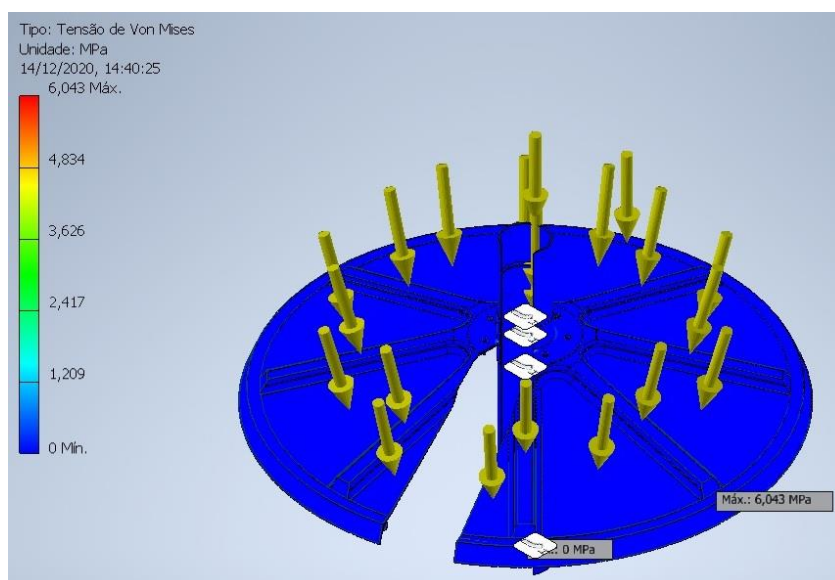
Tabela 14 – Resultados do processo de simulação da modelagem do conjunto.

Nome	Mínima	Máxima
Tensão de Von Mises	1,349E-17 MPa	6,043 MPa
Deslocamento	0 mm	3,40 mm
Deslocamento X	-1,82 mm	1,26 mm
Deslocamento Y	-2,87 mm	0,06 mm
Deslocamento Z	-1,35 mm	0,61 mm

Fonte: Autoria própria.

A substituição pelo tubo de alumínio em conjunto com os reforços no furo central da estrutura, com a função de fixar o tubo nela, levou a redução da tensão de Von Mises (6,043 MPa) que ficou com aproximadamente a 50% do valor da tensão de escoamento, comprovando o resultado da sua troca.

Os deslocamentos (equivalente e nos eixos X, Y, Z) foram reduzidos em aproximadamente 50% quando comparados ao ensaio anterior com o tubo de PVC, onde no eixo “Y” que é a direção onde as cargas foram aplicadas teve o maior deslocamento (-2,87 mm) que é um valor baixo considerando aplicação do equipamento. A figura 23 mostra o resultado da simulação e a tensão de Von Mises.

Figura 23 – Resultado da Tensão de Von Mises no processo de simulação do conjunto: estrutura, aro, reforço central e tubo (alumínio).

Fonte: Autoria própria.

Os resultados dos ensaios realizados demonstraram que a estrutura de polietileno antes de ser cortada era estável e após o corte, sofreu uma alteração em sua resistência, pois a área removida retirou parcialmente duas corrugações da sua região central. Essa operação comprovou a importância da corrugação na estrutura que é resistir aos esforços de tração e compressão. A instalação do aro na estrutura reduziu a tensão de Von Mises, embora ela tenha ficado 12% (0,539 MPa) acima do valor inicial está muito abaixo da tensão de escoamento (4,5%), porém foram nos deslocamentos que ocorreram as maiores alterações cujos resultados tiveram valores inferiores ao inicial.

O ensaio com o tubo de PVC apresentou uma grande elevação no valor da tensão de Von Mises, pois além mudança da referência fixa para a parte inferior do tubo, aumentou o momento na aplicação da força. O material dele que foi cortado no sentido axial não possuía a mesma resistência original o que causou o fechamento da região cortada. O valor da tensão de Von Mises (9,887 MPa) atingiu 83% da tensão de escoamento do material da estrutura e isso inviabilizou a utilização de tubo de PVC. Essa variação refletiu também nos deslocamentos.

No último ensaio, onde ocorreu a troca do tubo de PVC pelo tubo de alumínio que foi fixado à estrutura por reforços de chapa metálica no furo central, obteve melhores resultados quando comparado com o ensaio anterior (tubo PVC). A tensão de Von Mises (6,043 MPa) ficou 51% próxima do valor da tensão de escoamento o que permite a utilização deste material no projeto. Nos deslocamentos ocorreram uma redução próxima a 50% quando comparado ao ensaio anterior, mas aceitável para o projeto.

A análise por método dos elementos finitos permitiu avaliar alternativas e soluções no desenvolvimento do projeto. É recomendável o desenvolvimento de maiores pesquisas sobre este tema.

5.4 Resultado da construção e desenvolvimento do protótipo do sistema mecanizado

Esta fase gerou informações (documentação) sobre as dimensões, formas e materiais para a construção do protótipo, com seus cálculos necessários e princípio

físico de funcionamento. Sendo assim, construiu-se o protótipo com base e soluções levantadas no projeto detalhado (NORTON, 2013).

No processo de construção do protótipo, de acordo com os estudos realizados utilizando o método da matriz morfológica, foram considerados os critérios técnicos e estruturas funcionais (PAHL *et al.*, 2016; MOURA *et al.*, 2019). Assim foi utilizado um perfil circular plástico com diâmetro externo de 1050 mm (que representa o diâmetro do coroamento) e altura de 150 mm que foi definida como a estrutura inicial. O tubo para a proteção da muda foi construído inicialmente com quatro “luvas de correr” de PVC DN100 (tubo de esgoto) com diâmetro externo de 107,1 mm, espessura de 2,5 mm e comprimento de 113 mm e unidas com a utilização de cola epóxi formando um conjunto com a altura de 370 mm que é mostrado pela figura 24a.

A constatação de que os tubos de PVC haviam perdido a resistência deveu-se ao estudo utilizando a análise por método dos elementos finitos. Isso levou a substituição deste material por um tubo de alumínio com diâmetro externo de 101,6 mm, comprimento de 900 mm e espessura de 3,2 mm (encontrado no depósito de materiais reciclados da FATEC-SO) que não apresentou alterações na rigidez durante a análise por elementos finitos. A figura 24b ilustra o tubo de alumínio.

Figura 24 – Tubos para proteção da muda.

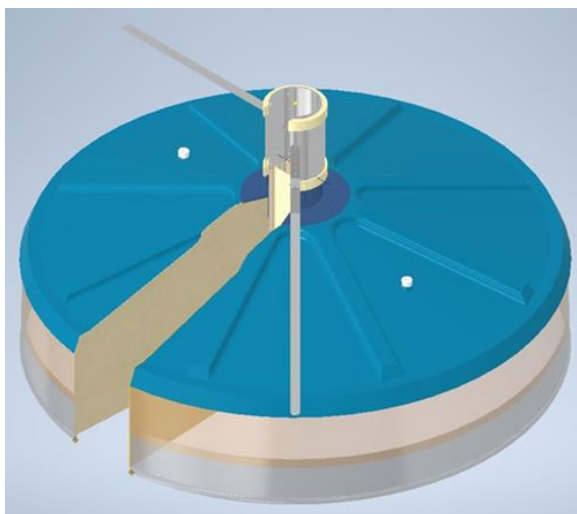


Fonte: Autoria própria.

Legenda: (a) tubo construído com “luvas” de PVC, (b) tubo de alumínio.

Com as informações obtidas foi desenvolvida uma nova modelagem do sistema mecanizado que é exibido pela figura 25.

Figura 25 – Modelagem inicial do sistema mecanizado.



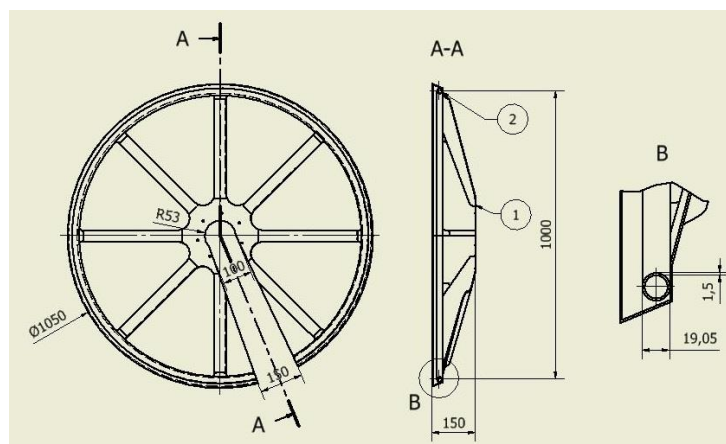
Fonte: Autoria própria.

Após as alterações realizadas foi iniciado o processo de construção do protótipo, onde no centro da estrutura (1) foi executado um corte circular passante com diâmetro de 106mm, em seguida foi traçada uma abertura de 100 mm a partir de corte anterior até a borda externa da estrutura (diâmetro externo) com a dimensão de 150 mm. A função desta abertura é permitir que o tronco da muda fique posicionado no centro da estrutura.

A remoção do material da área traçada implicaria na perda da rigidez da estrutura e para evitar esse problema foi fabricado um aro tubular (2) feito com um tubo de aço ABNT 1020 de diâmetro externo 19,05 mm e parede de 1,5 mm, que foi calandrado no diâmetro médio de 1000 mm. Este componente foi produzido pela empresa Toldos Tropical localizada na cidade de Sorocaba – SP.

O aro foi posicionado pelo lado interno da estrutura para reforçar o diâmetro externo dela sendo fixado por rebites e na sequência foi feito o corte na estrutura como mostra a figura 26.

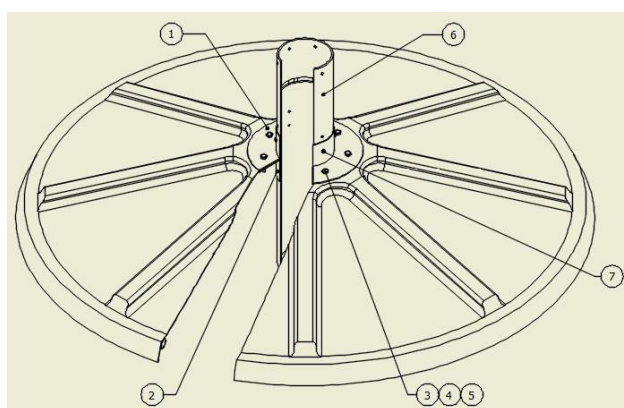
Figura 26 – Aro tubular fixado na estrutura e corte da abertura.



Fonte: Acervo pessoal.

Também foi necessária a colocação de reforço na região do corte central da estrutura, aumentando a rigidez e permitindo a fixação de outros componentes. Para isso foram construídas duas peças que foram montadas nos lados externo (1) e interno (2) da estrutura e fixadas na mesma com parafusos (3), porcas (4) e arruelas (5). O material utilizado foi chapa de aço ABNT 1020 com espessura de 2 mm, que foi cortada, ajustada, curvada e soldada. Para a passagem da muda, até o centro da estrutura, foi feita uma abertura de 65 mm. Nesta abertura foi inserido um tubo (6), para a proteção da muda, em alumínio com comprimento 460 mm e abertura passante de 65 mm no sentido axial. O tubo foi fixado no reforço superior da estrutura por parafusos (7). A figura 27 ilustra o conjunto.

Figura 27 – Tubo de alumínio fixado no reforço central da estrutura.



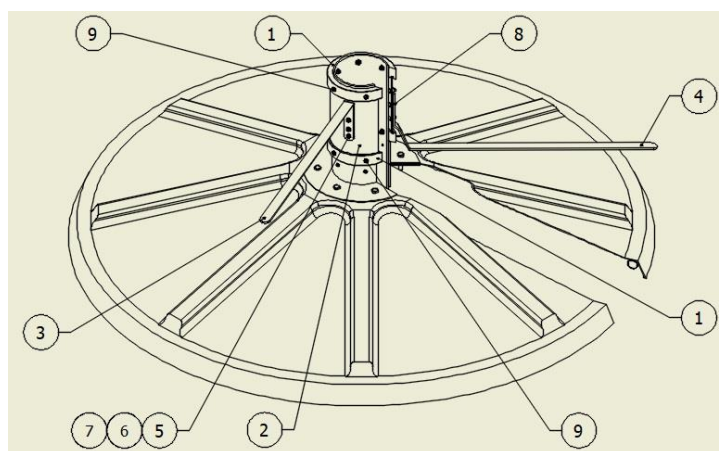
Fonte: Acervo pessoal.

O sistema de fechamento da proteção externa, cuja função consiste em impedir a deriva do produto aplicado, semelhante ao sistema de proteção "chapéu de napoleão" (MACIEL *et al.*, 2008), é formado por:

- 1 dois anéis de material nylon, onde a função deles é permitir o giro concêntrico do sistema em relação ao tubo de proteção da muda.
- 2 aro aberto feito com chapa de alumínio para movimentar a haste de fechamento de proteção da deriva, quando a alavanca de acionamento for acionada.
- 3 alavanca de acionamento construída com barra chata de alumínio e fixada por parafusos (5), porcas (6) e arruelas (7) no aro.
- 4 haste de fechamento para a proteção da muda feita com barra chata de alumínio e fixada com rebites (8) no aro.

O sistema de fechamento da proteção externa foi posicionado na parte superior do tubo de proteção da muda, onde foi fixado por parafusos (9) através dos anéis de nylon conforme ilustra a figura 28.

Figura 28 – Posicionamento e fixação do sistema de proteção externa.



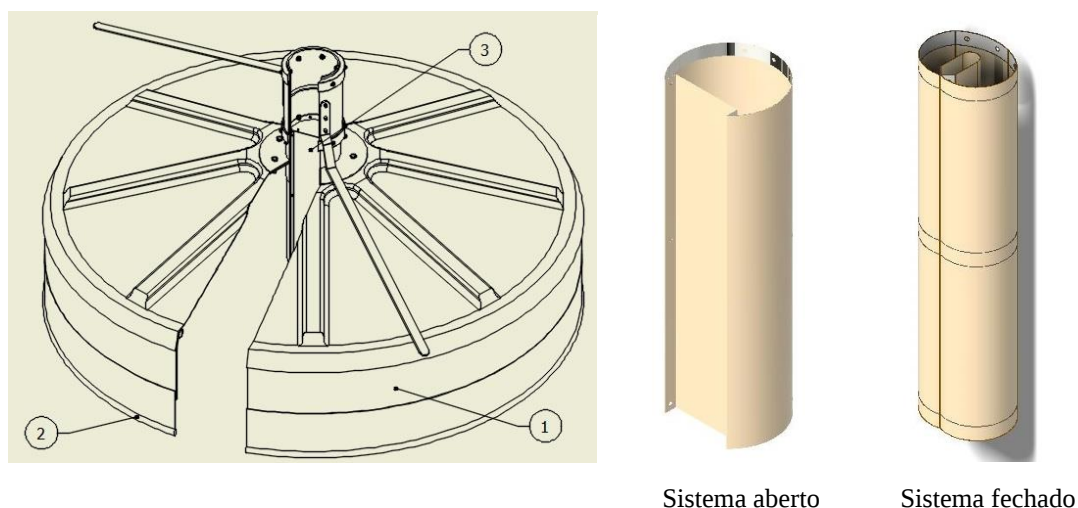
Fonte: Acervo pessoal.

O posicionamento e fixação na parte inferior da estrutura do sistema de proteção lateral em material PVC (1) com a utilização de rebites tem como função impedir a deriva do produto aplicado fora da área controlada. Na parte inferior do sistema de proteção lateral foi fixada, com grampos, uma saia de material vinil (2) para acompanhar a irregularidade do solo durante a operação de pulverização.

O sistema de fechamento para a proteção da muda (3) é acionado automaticamente quando o tronco encosta e provoca uma leve pressão na cobertura de vinil posicionada na abertura do tubo de alumínio. Pela ação de molas, muito

finas, e que estão revestidas pelo vinil, elas se deformam pela pressão sofrida “abraçando” o tronco e fechando a abertura do tubo de alumínio, impedindo que ele seja atingido pela aplicação do herbicida. Após a aplicação, quando o sistema mecanizado for movido no sentido contrário, a pressão sobre a mola diminui e ela retorna à posição inicial abrindo a cobertura de vinil e liberando o tronco da muda, dessa forma este sistema evita a fitotoxicidade nas mudas (MAGALHÃES *et al.*, 2012). As molas foram produzidas pela empresa Walb Molas localizada na cidade de Sorocaba – SP. A figura 29 ilustra esses sistemas.

Figura 29 – Sistemas de proteção lateral e para o tronco da muda.



Fonte: Acervo pessoal.

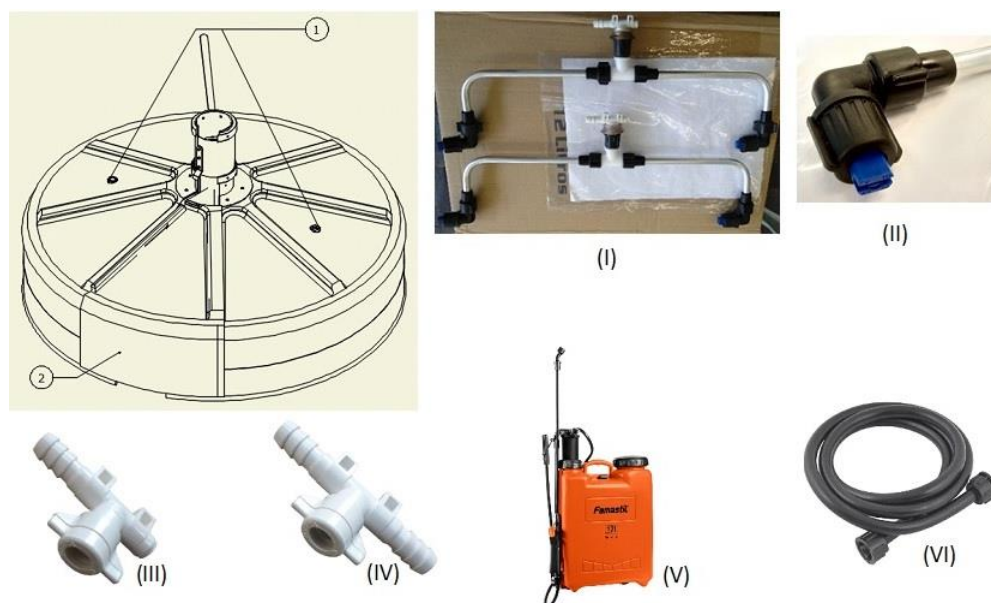
O sistema de pulverização, foi instalado no lado inferior da estrutura fixado em dois furos equidistantes (1) sendo composto por:

- I duas barras universais de 400 mm com saídas duplas;
- II quatro pontas leque plano 0,3 com ângulo 110°;
- III duas conexões tipo “L” 5/16” com fixador para barra de pulverização;
- IV um conector tipo “T” 5/16” com fixador para barra de pulverização;
- V pulverizador manual costal de 12 litros;
- VI mangueira de 5/16” para pulverização.

Na haste de fechamento foi instalada uma cobertura de vinil (2) com a função de fechar as aberturas frontal e superior impedindo o eventual vazamento do herbicida na atmosfera ao entorno. Dessa forma a plataforma para o coroamento apresenta um nível de proteção superior ao sistema "chapéu de napoleão", na proteção da muda coroada e para o operador do equipamento (MAGALHÃES *et al.*,

2012; ALMEIDA, 2016 e LELES, 2017), onde esses sistemas são mostrados pela figura 30.

Figura 30 – Sistema de pulverização e cobertura de proteção em vinil.



Fonte: Acervo pessoal.

5.5 Resultado preliminar do teste de funcionamento do protótipo do sistema mecanizado

O pulverizador costal foi conectado ao sistema de mangueiras do protótipo e no seu reservatório foi adicionado 0,5 L de álcool 46,2° INPM. Observou-se alguns problemas inesperados após a pressurização do sistema, onde ocorreram alguns vazamentos nas conexões das mangueiras devido a uma falha na montagem do pulverizador, porém foram resolvidas depois de uma revisão (reaperto) nessas conexões.

Na execução do procedimento o gatilho de pulverização foi acionado duas vezes e em seguida foram aguardados 10 minutos antes remover o protótipo da muda permitindo que eventuais resíduos de álcool na parede interna do protótipo escorressem. Foi observado nesse período o surgimento de um pequeno vazamento devido a irregularidade no piso (canal do rejuntamento) e a rigidez do material vinil utilizado na porção inferior da saia de proteção. A figura 31 mostra essa operação.

Figura 31 – Protótipo posicionado na área de teste protegendo a muda.

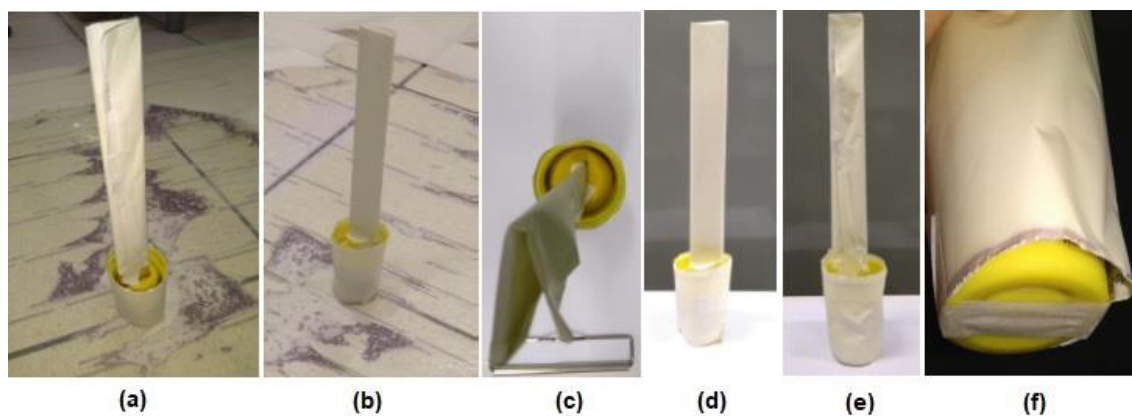


Fonte: Autoria própria.

Legenda: (a) protótipo posicionado, (b) ponto de vazamento em destaque.

Observou-se que a região central, onde está localizada a muda, ocorreu uma pequena umidade no papel, porém foi causada pela propagação da umidade na folha de papel e não pela pulverização do álcool, pois o conjunto que representou a muda não apresentou pontos com alteração na cor em sua extensão, somente na base ao lado da folha de onde propagou a umidade conforme ilustra a figura 32.

Figura 32 – Detalhes da umidade observada no local da muda.



Fonte: Autoria própria.

Legenda: (a) ponto de umidade - vista posterior, (b) ponto de umidade – vista frontal, (c) muda sem contaminação pela pulverização – vista superior, (d) muda sem contaminação pela pulverização – vista frontal, (e) muda sem contaminação pela pulverização – vista posterior, (f) detalhe do ponto de umidade na muda - base do conjunto formado pelo recipiente de massa e régua.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A concepção é a etapa mais importante no desenvolvimento do projeto e a utilização do conceito da matriz morfológica nesta fase foi determinante, pois através da visualização de diversas possibilidades nos estudos, permitiu combinar e encontrar a solução que melhor se adaptava a proposta inicial direcionando o desenvolvimento do projeto. Entretanto durante as etapas posteriores podem ocorrer alguns ajustes na solução escolhida, já que não é possível prever todas as variáveis envolvidas no desenvolvimento e construção do protótipo. O conceito de matriz morfológica funcionou perfeitamente para a concepção no desenvolvimento deste projeto, sendo muito recomendado a sua utilização para estudos futuros principalmente pelos profissionais da área do meio ambiente.

Na modelagem da plataforma foi possível criar virtualmente todos os componentes utilizados, porém a estrutura (tampa de caixa d'água) empregada era uma peça comprada (fabricada por terceiros), onde algumas características que não eram especificadas foram estimadas para permitir o desenvolvimento do modelo 3D, como pequenos raios de concordância, ângulos de inclinação e que podem causar pequenas variações nos resultados da análise pelo método dos elementos finitos, porém sem comprometer a resistência e utilização do componente avaliado. Considerando a incompatibilidade das peças comerciais existentes, foram necessários o estudo, projeto e desenvolvimento de determinados componentes.

A análise por método dos elementos finitos na modelagem da estrutura, realizada em cada etapa do processo de produção, comprovou que a utilização de alguns componentes (como o aro tubular em aço e o reforço central para fixação do tubo de alumínio) para aumentar a rigidez da estrutura cortada foram positivos, pois o valor a tensão de Von Mises indicado no ensaio ficou abaixo de 50% da tensão de escoamento do material.

Durante o processo de construção e desenvolvimento, observou-se que na parte inferior do sistema de proteção lateral, onde é fixada uma saia de vinil há uma rigidez que não permite grandes deformações, sendo sugerido a alteração para materiais mais flexíveis e impermeáveis como o nylon ou poliéster, facilitando o acompanhamento das irregularidades do solo.

Contudo os resultados obtidos no teste de funcionamento foram positivos, pois não houve a contaminação da muda (que causaria a fitotoxicidade da planta) e a deriva (vazamento) do produto pulverizado na atmosfera ao entorno da plataforma que prejudicaria o meio ambiente e a saúde do operador do equipamento.

Portanto isso demonstrou que a pulverização ocorreu somente na área planejada, comprovando o potencial de utilização da plataforma para coroamento de espécies nativas por controle químico direcionado, no entanto serão necessários mais estudos e testes de campo para o aprimoramento técnico deste equipamento.

7. CONCLUSÃO

No decorrer da construção do protótipo, houve a percepção de que, onde inicialmente ele seria plataforma para coroamento, vislumbrou-se a possibilidade de o mesmo ser uma barra porta ferramentas por possuir multifuncionalidades, ou seja, pode ser utilizado na aplicação de herbicidas (coroamento) e adubo líquido (fertilização). A portabilidade da plataforma permite acoplá-la a um trator, através de um sistema articulado, possibilitando a cobertura de uma grande área ou em um motocultivador para ser utilizado em locais de difícil acesso, como morros que são muito comuns nas áreas de revegetação.

Durante o desenvolvimento da plataforma a diretriz no estudo para a concepção da proposta dos sistemas de proteção (para a muda e externo) e pulverização direcionada, levaram a reivindicação da patente dessas tecnologias de acordo com a comunicação de invenção descrita no “Anexo”.

Em razão da sua simplicidade a plataforma poderá ser produzida comercialmente por pequenas indústrias do setor metal mecânico, tendo como público-alvo pequenos e médios produtores rurais.

O desenvolvimento desta pesquisa sugere o desdobramento de novos estudos nas seguintes linhas:

Ciências Ambientais, para o desenvolvimento de novos métodos para o controle do mato e na aplicação da adubação;

Automação, para o uso em sistemas autômatos no controle, deslocamento, posicionamento e gerenciamento de aplicação utilizados na plataforma;

Engenharia Mecânica, no desenvolvimento e utilização de novos materiais para a estrutura, tecnologias para o controle de vegetação (mato) e dispositivos para o acionamento dos sistemas de proteção e conexão entre os diversos equipamentos para o transporte da plataforma.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, DS. Manutenção de projetos de recuperação ambiental. In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica [online]. 3rd ed. rev. and enl. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 160-168. ISBN 978-85-7455-440-2. Available from SciELO Books <<http://www.books.scielo.org/id/8xvf4/pdf/almeida-9788574554402-11.pdf>> Acesso em 07 de setembro de 2018.

ARTIOLI, C.; CORREA, RS., "Uso de mantas geotêxteis na revegetação de um fragmento de mata de galeria no Jardim Botânico de Brasília - DF: sobrevivência e desenvolvimento de mudas." *Ciência Florestal* [online], 29.2 (2019): 795-810. Web. 28 jan. 2021.

ASSIS, GB.; PILON, NAL.; SIQUEIRA, MF.; DURIGAN, G., (2020), Effectiveness and costs of invasive species control using different techniques to restore cerrado grasslands. *Restor Ecol.* Access on 06 jul. 2020. <https://doi.org/10.1111/rec.13219>

BARBOSA, J.; GOMES, W.; MALAQUIAS, J.; AQUINO, F.; & ALBUQUERQUE, L. (2018). Métodos de controle de braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf.) em área de restauração ecológica de mata ripária, DF. *Ciência Florestal*, 28(4), 1491-1501. doi: <https://doi.org/10.5902/1980509835096>

BARROSO, A.A.M.; MURATA, A.T.; ORG. Matologia – Estudo sobre plantas daninhas – 1ª edição. Sociedade Brasileira da Ciência de Plantas Daninhas – SBPCPD – UFPR. Editora Fabrica da Palavra – Jaboticabal – SP. 2021 – 547p.

BRESSANIN, FN., et al., Período de interferência de plantas daninhas em feijoeiro com fertilizante nitrogenado. *Rev. Ceres*, Viçosa, v.60, n.1, pág.43-52, fevereiro de 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2013000100007&lng=en&nrm=iso>. acesso em 28 de janeiro de 2021. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000100007> .

CÂNDIDO, VA., et al., Sistema agroflorestal para recomposição de reserva legal em propriedades de agricultores familiares. *Revista Agrogeoambiental*, [S.l.], v.8, n.2, jul. 2015. ISSN 2316-1817. Disponível em: <<https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/821>>. Acesso em: 22 out. 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v8n22016821>.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., RS. de; INOUE, MH., *Biologia e manejo de plantas daninhas*, Curitiba, PR: Omnipax, 2011. 348p. ISBN: 978-85-64619-02-9, e-ISBN: 978-85-64619-05-0

COSTA, NV., et al., Métodos de controle de plantas daninhas em sistemas orgânicos: breve revisão. Revista Brasileira de Herbicidas, [S.l.], v.17, n.1, p.25-44, mar. 2018. ISSN 2236-1065. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/522>>. Acesso em: 29 jan. 2021. doi: <https://doi.org/10.7824/rbh.v17i1.522>.

COURANT, R., "Variational methods for the solution of problems of equilibrium and vibrations." Bulletin of the American Mathematical Society, 49(1) 1-23 January 1943.

DIAS, MMM.; SANTANA, JE da S.; LELES, PSS.; RESENDE, AS. De; & RIBEIRO, JG., (2019). Coroamento com papelão para controle de braquiária na formação de povoamento para restauração florestal. Pesquisa Florestal Brasileira, 39(1). <https://doi.org/10.4336/2019.pfb.39e201801713>

EL MESBAHI, J.; BUJ-CORRAL, I. & EL MESBAHI, A., Use of the QFD method to redesign a new extrusion system for a printing machine for ceramics. Int J Adv Manuf Technol 111, 227–242 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05874-x>

EL MESBAHI, J., et al., A Proposed Design Process of a Customized Educational Hybrid Prototyping Machine. IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers. Tangier, Ma, p.342-347. 31 dez. 2018.

EMBRAPA, Plantas Daninhas. Portal Sobre o Tema, Brasília. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-plantas-daninhas/sobre-o-tema>>. Acesso em 13 de julho 2020.

FAVI, C., et al., Design for Manufacturing and Assembly vs. Design to Cost: toward a multi-objective approach for decision-making strategies during conceptual design of complex products. Procedia Cirp. Ancona, It, p.275-280. 09 ago. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.190>. Acesso em: 05 jun. 2021.

FILHO, RFG.; BARBOSA, CC., Recuperação de Área de Pastagem Degradada por Ravina. Disponível em: <http://univ.edu.br/conteudos/fckfiles/files/RECUPERACAO%20DE%20AREA%20DE%20PASTAGEM%20DEGRADADA%20POR%20RAVINA.pdf> . Acesso em 26 de agosto de 2018.

FISH, J.; BELYTSCHKO, T., Um primeiro curso de elementos finitos - Rio de Janeiro: LTC, 2009.

FONTES, JRA.; GONÇALVES, JRP., Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho. Interferência de plantas daninhas. Estratégias de controle. Controle mecânico. Controle cultural. Culturas de cobertura da superfície do solo. Controle com uso de herbicidas. Embrapa Amazônia Ocidental. Circular técnica, 32., 2009., <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/675149>>. Acesso em 08 de setembro 2018.

FORNASARI FILHO, N., et al., Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia. São Paulo, SP: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1992. 165p. ISBN: 85-09-00086-7.

GIBSON, DJ.; YOUNG, BG.; WOOD, AJ., Can weeds enhance profitability? Integrating ecological concepts to address crop-weed competition and yield quality. *Journal of Ecology*, [S.L.], v.105, n.4, p.900-904, 19 jun. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2745.12785>.

GROTTO, AC.; MEIRA JUNIOR, AD.; WALBER, M., Análise de falha por fratura de eixo do sistema de rodado de um distribuidor de fertilizante orgânico líquido. *Revista Liberato*, [S.L.], v.21, n.36, p.169-186, 18 dez. 2020. *Revista Liberato*. <http://dx.doi.org/10.31514/rliberato.2020v21n36.p169>.

HELLER, JE., et al., Rethinking Morphological Analysis Application for Concept Synthesis in Engineering Design. *Athens Journal Of Technology & Engineering*. Aachen, de, p. 163-176. jun. 2016.

KANDA, G.; SOUZA, R.; & HELD, M. (2018). Matriz morfológica e biomimética: geração de alternativas em design. *Projetica*. 9. 53. 10.5433/2236-2207.2018v9n1p53.

LAVINA, LN. et al. Proposta de um plano de recuperação de área degradada por atividade de mineração. *Revista Internacional de Ciências*, [S.L.], v.6, n.1, p.123-135, ago. 2016. ISSN 2316-7041. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/25001>>. Acesso em: 10 dez. 2020. doi: <https://doi.org/10.12957/ric.2016.25001>.

LELES, PSS., et. al., Controle de plantas daninhas em restauração florestal. 1. ed. Brasília-DF. Embrapa, 2017. 110p.

LIMA, FS., Análise estrutural de uma longarina compósita para uma aeronave esportiva leve. 2019. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2019.

LIMA JUNIOR, IS.; DEGRANDE, PE.; SOUZA, CMA.; VIEGAS NETO, AL.; MELO, EP., Controle do pulgão-do-algodoeiro e distribuição de gotas de pulverização em função do espaçamento entrelinhas e ângulo de aplicação. *Revista Engenharia na Agricultura - Reveng*, [S.L.], v.27, n.3, p.212-219, 19 jun. 2019. *Revista Engenharia na Agricultura*. <http://dx.doi.org/10.13083/reveng.v27i3.908>.

LIMA, SF.; TIMOSSI, PC.; BROD, E.; TEIXEIRA, IR.; SILVA, JA., Matocompetição na cultura de Crambe abyssinica cultivado em safra e safrinha. *Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas*, [S.L.], v.27, n.3, p.297-311, 27 set. 2018. *Revista Cultura Agronomica*. <http://dx.doi.org/10.32929/2446-8355.2018v27n3p297-311>.

LOTTI, RS., et al., Aplicabilidade científica do método dos elementos finitos. *Rev. Dent. Press Ortodon. Ortop. Facial*, Maringá, v.11, n.2, p.35-43, Apr. 2006. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-54192006000200006&lng=en&nrm=iso>. access on 14 Dec. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-54192006000200006>.

MACHADO, MS., Crescimento de Eucalipto em Sistema Silvipastoril sob diferentes diâmetros de Coroamento. *Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na era da Biotecnologia*, 28., 2012, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. 2012, 5p.

MACHADO, MS., et al., Métodos de controle de plantas daninhas e desrama precoce no crescimento do eucalipto em sistema silvipastoril. *Planta daninha, Viçosa*, v.32, n.1, p.133-140, mar. 2014. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582014000100015&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 11 dez. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582014000100015>.

MACIEL, CDG., et. al., Coroamento no controle de plantas daninhas e desenvolvimento inicial de espécies florestais nativas. *Ciências Agrárias, Londrina*, v.32, n.1, p.119-128, jan./mar. 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/4192/7122>> Acesso em 02 setembro 2018.

MACIEL, CDG., et al., Possibilidade de aplicação de misturas de herbicidas de ação total com Jato dirigido em mamoneira de porte anão. *Planta daninha, Viçosa*, v.26, n.2, p.457-464, jun. 2008. Disponible en <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582008000200023&lng=es&nrm=iso>. acesso em 17 dez. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000200023>.

MADUREIRA, RP.; RAETANO, CG.; CAVALIERI, JD., Interação pontas-adjuvantes na estimativa do risco potencial de deriva de pulverizações. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Campina Grande, v.19, n.2, p.180-185, Feb. 2015. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662015000200180&lng=en&nrm=iso>. access on 11 Dec. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n2p180-185>.

MAGALHAES, CEO., et al., Seletividade e controle de plantas daninhas com oxyfluorfen e sulfentrazone na implantação de lavoura de café. *Planta daninha*, Viçosa, v.30, n.3, p.607-616, Sept. 2012. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582012000300017&lng=en&nrm=iso>. access on 28 Jan. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000300017>.

MAYEROVÁ, M.; MADARAS, M.; SOUKUP, J., Effect of chemical weed control on crop yields in different crop rotations in a long-term field trial, *Crop Protection*, Volume 114, 2018, Pages 215-222, ISSN 0261-2194, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.001>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219418302059>)

MELLO, K. de, et al., Cenários ambientais para o ordenamento territorial de áreas de preservação permanente no município de Sorocaba, SP. *Rev. Árvore*, Viçosa, v.38, n.2, p.309-317, Apr. 2014. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622014000200011&lng=en&nrm=iso>. access on 15 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000200011>.

MORAES, FFD., et al., Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013, 84p. ISBN 978-85-60035-11-3.

MOURA, C.; CÍRICO, E.; LAFIN, N.; BORGES, T. & da SILVA, S. (2019). Desenvolvimento do conceito de uma plataforma de acesso a piscinas para pessoas com mobilidade reduzida. *Exacta*, 17(1), 1-13. doi:<https://doi.org/10.5585/exactaep.v17n1.8049>

MUÑOZ, MRP.; DÍAZ, JAP., Applicability of the finite element method in analysis and sizing of JCPC slabs for two-lane roads. *ITECKNE*, [S.l.], v.14, n.2, p.148-155, july 2017. ISSN 2339-3483. Available at: <<http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/ITECKNE/article/view/1769>>. Date accessed: 26 jan. 2021. doi: <https://doi.org/10.15332/iteckne.v14i2.1769>.

NORTON, RL., Projetos de máquinas: uma abordagem integrada/ Robert L. Norton – 4ª ed. – Porto Alegre: Bookman, 2013.

OLIVEIRA, MF.; BRIGHENTI, AM., Controle de plantas daninhas: métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia., Brasília, DF: Embrapa, 2018. 198p. ISBN: 978-85-7035-851-6.

OSTERTAG, O.; OSTERTAGOVA, E.; HUŇADY, R., (2012). Morphological Matrix Applied within the Design Project of the Manipulator Frame. *Procedia Engineering*. 48. 495–499. 10.1016/j.proeng.2012.09.544.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN., J.; GROTE, K H., Projeto na Engenharia. 6ª ed. São Paulo: Blucher, 2016.

PELLENS, G.; LESSA, P.; SCHORN, L. & FENILLI, T. (2018). Influência da matocompetição em povoamentos jovens de *Pinus taeda* L.. *Ciência Florestal*, 28(2), 495-504. doi:<https://doi.org/10.5902/1980509832030>

PERCIO, A., et al., Projeto de um triturador de lixo eletrônico. *Anais da Engenharia Mecânica / ISSN 2594-4649*, [S.l.], v.4, n.1, p.132-148, apr. 2019. ISSN 2594-4649. Disponível em: <https://uceff.edu.br/anais/index.php/engmec/article/view/238>. Acesso em: 23 June 2021.

PEREIRA, JP., Seringueira, formação de mudas, manejo e perspectivas no noroeste do Paraná. Londrina, PR: IAPAR, 1992. 60p.

PITELLI, RA., O termo planta-daninha. *Planta daninha*, Viçosa, v.33, n.3, p.622-623, set. 2015, disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582015000300622&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 14 out. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000300025>.

RAPALINO, BPG., & HAYDAR, YD. (2017). Contribución de *pheidole fallax* e *ectatomma ruidum* (Hymenoptera: Formicidae) na dispersão e germinação de sementes em áreas reabilitadas da mina de carbón del cerrejón, Colômbia. *Revista de Biología Tropical* , 65 (2), 575-588. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i2.24639>

RENTON, M.; CHAUHAN, BS., Modelling crop-weed competition: Why, what, how and what lies ahead?, *Crop Protection*, Volume 95, 2017, Pages 101-108, ISSN 0261-2194, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.09.003>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219416302472>).

RESENDE, AS., Alternativas de controle da matocompetição em reflorestamentos de espécies nativas da Mata Atlântica. Embrapa Agrobiologia, Brasília-DF, nov 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/207268/alternativas-de-controle-da-matocompeticao-em-reflorestamentos-de-especies-nativas-da-mata-atlantica>> Acesso em: 07 de setembro 2018.

RESENDE, AS.; LELES PSS., Controle de plantas daninhas em restauração florestal, Brasília, DF: Embrapa, 2017. 107 p. ISBN 978-85-7035-661-1.

SANT'ANNA, CS., et al., Restauração ecológica: sistemas de nucleação, São Paulo, SP: Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA, São Paulo Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação de Matas Ciliares, 2011. 63p. ISBN: 978-85-86624-72-8.

SANTOS, JAG., Recuperação e reabilitação de áreas degradadas pela mineração. Cruz das Almas, BA: UFRB, 2017. 44p. ISBN: 978-85-5971-037-3.

SCHIESSEL, J.; MELLO, G.; SCHMITT, J.; PASTORELLO, L.; BRATTI, F.; NETO, AMO.; GUERRA, N., (2020). Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro comum. 18. 430-437. 10.5965/223811711842019430.

SILVA, JER.; CUNHA, JPAR. da; NOMELINI, QSS., Deposição de calda em folhas de cafeeiro e perdas para o solo com diferentes taxas de aplicação e pontas de pulverização. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v.18, n.12, p.1302-1306, Dec. 2014. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014001200015&lng=en&nrm=iso>. access on 11 Dec. 2020. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1302-1306>.

SOLA, JIR.; DELGADO, JM., 3D Parametric design and static analysis of the first Spanish winch used to drain water from mines. Dyna rev.fac.nac.minas, Medellín, v.82, n.190, p.237-245, abr. 2015. Disponible en <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532015000200030&lng=es&nrm=iso>. accedido en 26 jan. 2021. <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v82n190.47123>.

SOUZA, VHS., et al., Evaluation of the interaction between a harvester rod and a coffee branch based on finite element analysis, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 150, 2018, Pages 476-483, ISSN 0168-1699, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.020>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169918301716>).

STEYER, F., et al., Restauração de áreas degradadas com uso de sistemas agroflorestais no município de Sete Barras, Vale do Ribeira, SP, Brasil. IX Congresso Brasileiro de Ecologia - Cadernos de Agroecologia - ISSN 2236-7934 – Vol 10, Nº 3 de 2015.

TURNER, MJ.; CLOUGH, RW.; MARTIN HC.; TOPP, LJ., Análise de rigidez e deflexão de estruturas complexas. *Jornal das Ciências Aeronáuticas*, vol. 23 No. 9, 1956 pp. 805-823.

VOLPATO, C.; MAGALHÃES, R.; BARBOSA, J.; CARVALHO, W. Finite element analysis of trigger and follower bars of a seeder. *Revista engenharia na agricultura - REVENG*, [S. l.], v.24, n.4, p.368-374, 2016. DOI: 10.13083/reveng.v24i4.649. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/586>. Acesso em: 05 feb. 2021.

YANG MC., Observations on concept generation and sketching in engineering design. *Research in Engineering Design*. 2009; 20 (1): 1-11. doi: 10.1007/s00163-008-0055-0

WILSON, A., “F. ZWICKY, 1898 - 1974 February 8.”, <i>Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society</i>, vol. 16, pp. 106-108, 1975.

ZERGANI, A.; MIRZADEH, H.; MAHMUDI, R., Finite element analysis of plastic deformation in shear punch test, *Materials Letters*, Volume 284, Part 1, 2020, 128953, ISSN 0167-577X, <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.128953>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167577X20316608>)

ZHAO, H.; XIE, C.; LIU, F.; HE, X.; ZHANG, J.; SONG, J., Effects of sprayers and nozzles on spray drift and terminal residues of imidacloprid on wheat, *Crop Protection*, Volume 60, 2014, Pages 78-82, ISSN 0261-2194, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.02.009>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219414000775>)

ZILLER, SR., et al., Métodos de Controle de Espécies exóticas invasoras. Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental. Disponível em <http://www.institutohorus.org.br/pr_metodos_controle.htm> Acesso em 08 setembro 2018.

9. ANEXOS

Solicitação do pedido de patente para AUIN (Agência Unesp de Inovação) sob o código 21CI046.

 **21CI046 - Plataforma mecânica para coroamento de espécies nativas por meio de controle químico direcionado. (Faculdade)**

Este serviço está bloqueado. Em Processamento

Alterar Serviço 3748



  Sem Filtro

Básico

Tipo de Serviço

Comunicação de Invenção

Código

21CI046 - Plataforma mecânica para coroamento de espécies nativas por meio de controle químico direcionado.

Título

Plataforma mecânica para coroamento de espécies nativas por meio de controle químico direcionado.

Campus

Faculdade



Formulário de Comunicação de Invenção

1 Comunique sua invenção: o início do processo de proteção da sua tecnologia começa com o preenchimento completo do presente formulário eletrônico.

- Preencha os campos de informações de forma clara, detalhada, completa e objetiva.
- Formulários incompletos ou com informações insuficientes serão devolvidos ao pesquisador para complementação, o que pode gerar retrabalho e atrasar o processo de proteção da tecnologia.
- Por isso, leia atentamente as instruções de preenchimento abaixo de cada campo e descreva com riqueza de detalhes as informações solicitadas.
- Cabe ressaltar que todas as informações recebidas via Comunicação de Invenção são tratadas com sigilo e confidencialidade.
- Ao final do preenchimento do formulário, insira os anexos necessários na seção "ANEXOS", nas pastas relacionadas ao tópico do anexo.
- Para gravar o formulário como rascunho e terminar o preenchimento mais tarde, clique em "GRAVAR" na barra de ferramentas na parte superior esquerda da sua tela.
- Para finalizar o formulário e submetê-lo à AUIN, clique em "LIBERAR PARA PROCESSAMENTO" na barra de ferramentas na parte superior esquerda da sua tela.

Para maiores informações sobre o preenchimento, acesse o tutorial na página da AUIN: <https://auin.unesp.br/comunicacaoinventao/> 

Solicitação Concluída

Análise Formal

Análise Técnica

Preparação para Registro

Registro INPI

Modalidade da Comunicação de Invenção

☒ Patente

☐ Programa de Computador

☐ Inovação Social

☐ Outros

Área de Aplicação

Meio Ambiente

Agricultura e Saúde Animal

Dados do Requisitante

Nome Completo

Acácio Luís Almagro Baptista

Telefone

i Favor preencher com apenas números.
Este campo não aceita caracteres.

E-mail

Área de Pesquisa

Relação de Inventores

Inventores Participantes

#	Nome Completo	CPF	Profissão	Instituição	ORCID	Contribuição	Participação	...
1	Acácio Luís Almagro Baptista	[REDACTED]	Mestrando em Ciências Ambientais ICT Sorocaba	Unesp Instituto de Ciência e Tecnologia - Sorocaba	https://orcid.org/0000-0002-2731-9447	Projeto, desenvolvimento e construção do protótipo	50%	
2	Admilson Írio Ribeiro	[REDACTED]	Professor Associado ICT Sorocaba Eng. Ambiental	Unesp Instituto de Ciência e Tecnologia - Sorocaba	https://orcid.org/0000-0003-0655-6838	Idealização e desenvolvimento da concepção inicial	50%	

i Adicionar informações cadastrais de todos os inventores participantes da propriedade intelectual gerada.
EM CONTRIBUIÇÃO: Descreva a importância da contribuição dada pelo inventor no desenvolvimento da tecnologia.
EM PARTICIPAÇÃO: Indique em termos percentuais a parcela de participação do inventor na tecnologia.

Patente

Divulgação da Tecnologia

Divulgação Realizada

i A tecnologia já foi divulgada/publicada anteriormente (parcialmente ou totalmente)? Se sim, especificar como, a quem e quando.

Divulgação Programada

i Existe divulgação planejada/programada para a tecnologia (parcialmente ou totalmente)? Se sim, especificar como, a quem e quando.

4 Caracterização da Tecnologia

Resumo

A ação de revegetação com espécies nativas como técnica de recuperação de áreas degradadas tem sido amplamente aplicada no Brasil, no entanto, o plantio de espécies nativas sofre grande interferência de gramíneas invasoras principalmente na etapa inicial do crescimento de mudas. As plantas invasoras podem interferir sobre uma determinada cultura ou espécie nativa e ocorre quando a demanda por um ou mais fatores de crescimento é maior que o seu suprimento, sendo necessário o controle dessas plantas durante os períodos em que elas apresentam o maior nível de competição. O controle de plantas invasoras por sistemas manuais (roçadas, corte com machado, motosserra ou foice) são ineficientes por permitir a rebrota após o corte, sendo necessárias várias operações durante o plantio, o que eleva os custos do reflorestamento, além de ser uma tarefa extremamente desgastante para os trabalhadores. Nos últimos anos houve um grande avanço em pesquisas básicas na recuperação de áreas degradadas no Brasil, entretanto ainda apresenta uma carência no desenvolvimento tecnológico de máquinas para recuperação ambiental. Assim este trabalho teve como objetivo a concepção de uma plataforma hermética direcional de pulverização visando executar o coroamento de espécies nativas por meio de herbicidas ou bio-herbicidas para o controle de espécies invasoras na revegetação de áreas degradadas.

1 Esse texto deverá ser em português.

Palavras-Chave

Áreas degradadas, Máquina agrícola, Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, Coroamento

1 Esse texto deverá ser em português.

Abstract

The action of revegetation with native species as a technique to recover degraded areas has been widely applied in Brazil, however, the planting of native species suffers great interference from invasive grasses, especially in the initial stage of seedling growth. Invasive plants can interfere with a particular culture or native species and occur when the demand for one or more growth factors is greater than their supply, being necessary to control these plants during periods when they present the highest level of competition. The control of invasive plants by manual systems (mowing, cutting with an axe, chainsaw or sickle) is inefficient because it allows regrowth after cutting, requiring several operations during planting, which increases the costs of reforestation, in addition to being a task extremely stressful for workers. In recent years there has been a great advance in basic research in the recovery of degraded areas in Brazil, however there is still a lack of technological development of machines for environmental recovery. Thus, this work aimed to design a hermetic directional spraying platform aiming to carry out the crowning of native species through herbicides or bio-herbicides for the control of invasive species in the revegetation of degraded areas.

1 Esse texto deverá ser em inglês.

Key Words

Degraded areas, Agricultural machine, Application technology for phytosanitary products, Mechanical

1 Esse texto deverá ser em inglês.

Histórico de Desenvolvimento

Pesquisa inicial para verificar a existência de uma tecnologia semelhante, desenvolvimento da concepção inicial, identificação por meio de uma matriz morfológica dos diferentes componentes da plataforma para a concepção do projeto, modelagem da plataforma por meio de desenho assistido por computador, análise por métodos de elementos finitos da estrutura da plataforma modelada, construção do protótipo da plataforma e avaliação preliminar (teste de funcionamento) do protótipo.

1 Relate o histórico do desenvolvimento da tecnologia, incluindo testes realizados e/ou programados.

Descrição Detalhada

Externamente a proteção é composta por:

1. um sistema hermético formado por uma estrutura principal circular superior de material polietileno com um furo central e uma abertura a partir do diâmetro externo até o furo central, cujo objetivo é permitir a entrada da muda até o centro da estrutura;
2. para a proteção lateral externa da estrutura foi utilizado uma tira de material PVC com espessura de 3 mm formado uma "saia lateral" em toda circunferência mantendo a abertura da estrutura;
3. na parte inferior da "saia lateral" (tira) de PVC foi fixada em toda a circunferência uma tira de material vinil para permitir o acompanhamento da irregularidade do solo;
4. o sistema de proteção das aberturas na parte superior da estrutura, nas "saias laterais" de PVC e vinil, foi utilizada uma cobertura de material vinil;
5. o fechamento do sistema de proteção, anteriormente citado, é feito por um sistema de alavanca acionado manualmente, após o posicionamento do tronco da muda no centro do furo da estrutura.

Internamente a proteção da muda é composta por:

6. um tubo de alumínio com diâmetro externo de 101 mm com uma abertura no sentido axial fixado no furo central da estrutura;

7. o sistema de fechamento da proteção da muda é composto por duas molas muito finas (na parte superior e inferior) recobertas por material vinil, que se deformam por causa da pressão exercida durante a inserção do tronco da muda “abraçando-o” e fechando a abertura do tubo de alumínio impedindo que a muda seja atingida pela aplicação do herbicida. Após a aplicação, e depois de abrir o sistema de proteção externo, quando a plataforma for movida no sentido contrário, a pressão da moça diminui e ela retorna à posição inicial abrindo a proteção e liberando o tronco da muda.

8. O sistema de pulverização foi instalado no lado inferior da estrutura fixado em dois furos equidistantes sendo composto por:

- I. Duas barras universais de 400 mm com saídas duplas;
- II. Quatro pontas leque plano 0,3 com ângulo 110°;
- III. duas conexões tipo “L” 5/16” com fixador para barra de pulverização;
- IV. um conector tipo “T” 5/16” com fixador para barra de pulverização;
- V. pulverizador manual costal de 12 litros;
- VI. mangueira de 5/16” para pulverização.

1 Descreva a tecnologia detalhadamente. Apresente-a com suficiência descritiva e indique, quando for o caso, a melhor forma de execução. Dependendo da área de invenção, descreva composição, processo de preparação, posologia, forma de administração, efeitos adversos, direção do fluxo, descrição detalhada das peças, passo a passo do processo etc.

Figuras

Figura 1 (Componentes externos e detalhes dos componentes sistema de pulverização); Figura 2 (Detalhe de um dos conjuntos de pulverização montado no lado inferior da plataforma); Figura 3 (Componentes para a proteção do tronco da muda).

1 Disponibilize figuras, fotos e desenhos da tecnologia com descrição detalhada de cada uma.

Problema

A matocompetição provocada pela presença de plantas invasoras (daninhas) prejudica o desenvolvimento das plantas nativas nos processos de recuperação de áreas degradadas, devido a competição por elementos vitais (água, luz e nutrientes). As plantas invasoras possuem uma maior taxa de crescimento por unidade de tempo em relação as plantas nativas, produzem com maior aproveitamento a unidade de matéria seca com menor quantidade de água e melhor aproveitamento da luz. Assim torna-se necessário controlar o crescimento dessas plantas invasoras para permitir o desenvolvimento das plantas nativas.

1 Qual é o problema técnico resolvido pela tecnologia?

Diferencial

A pulverização ocorre somente na área planejada com jato dirigido, evitando a contaminação da muda (que causaria a fitotoxicidade da planta) e à deriva (vazamento) do produto pulverizado na atmosfera do entorno da plataforma que prejudicaria a saúde do operador do equipamento e outras plantas próximas.

1 Qual a novidade/diferencial da tecnologia?

Aplicações

Aplicação de herbicidas ou bio-herbicidas, na ação de revegetação com espécies nativas como técnica de recuperação de áreas degradadas no controle de plantas invasoras.

1 Qual a principal aplicação da tecnologia? Quais outras aplicações possíveis?

Desvantagens

Evitar a aplicação em áreas próximas a rios e lagos para impedir uma possível contaminação pelas chuvas quando ocorre o transporte do produto aplicado.
Para auxiliar no transporte da plataforma é recomendado a utilização de um motocultivador, devido ao tamanho do equipamento (1 m de diâmetro), permitindo percorrer uma maior área de utilização.

1 Quais as restrições (técnicas, legais ou comerciais), limitações ou pontos fracos relacionados ao uso da tecnologia? Cite também eventuais problemas para aplicação ou escalonamento da produção.

Estado da Técnica

Anterioridades

BR202012028115U2, RU2368139C1.

1 Faça uma busca preliminar em bases de dados científicas e patentárias e enumere abaixo os documentos encontrados que representem o estado da técnica da tecnologia. Se possível, anexe os documentos na seção “Anexos”. A busca visa identificar a existência de publicações similares que antecedam a tecnologia desenvolvida, ou seja, algo semelhante ao levantamento bibliográfico da solução proposta. Utilizando palavras-chave relacionadas, realize a busca em bases de dados como Questel Orbit (disponível apenas para usuários Unesp), INPI, Web of Science, Scopus, Scielo, Google Scholar, Derwent - DWPI e Google Patents. Os links de acesso às bases de dados mencionadas, bem como informações adicionais sobre propriedade intelectual e busca de anterioridades podem ser encontrados no site da AUIN:

<https://auin.unesp.br/invencoes>

Análise Comparativa

Patente BR202012028115U2, o sistema de pulverização apresentado é para a planta que já cresceu e está produzindo, além de ser aplicado em toda ela, ou seja, na altura total dela e sem área de proteção para aplicação. O sistema proposto é para pulverização direcionada em mudas de plantas que possuem altura de 50 cm com proteção para evitar a deriva do produto.

Patente RU2368139C1, este sistema de pulverização também é voltado para a pulverização sobre ervas daninhas e possui um sistema de proteção para evitar a deriva do produto na área externa ao local de aplicação. No sistema proposto além de possuir a proteção para evitar a deriva do produto aplicado na área externa do local, o tronco da planta a ser coroadada também possui uma proteção (tubo) que impede a contaminação pelo herbicida ou bio-herbicida evitando a fitotoxicidade da planta.

- i** Com base nos documentos encontrados, pontue as similaridades e diferenças técnicas entre as tecnologias indicadas, destacando a "novidade e atividade inventiva" de sua tecnologia, ou seja, em quais pontos ela traz efeito técnico que a diferencia das já existentes e por que esse efeito técnico não pode ser considerado óbvio ou trivial. Como sugestão, cite as análises comparativas por ordem decrescente de relevância. Compare as tecnologias em termos de qualidade, funcionalidade e sustentabilidade. Insira anexos se necessário, na seção "Anexos".

4 Documentos

- i** Anexar os documentos em cada campo específico

Divulgação Tecnologia

Nenhum Arquivo

Caracterização da Tecnologia

Nenhum Arquivo

Estado da Técnica

Nenhum Arquivo

Parcerias

Nenhum Arquivo

Autorizações

Nenhum Arquivo

Viabilidade de Comercialização

Nenhum Arquivo

4 Parcerias

Parceiros

Sim, Faculdade de Tecnologia de Sorocaba.

Contato: Acácio Luís Almagro Baptista; [REDACTED]

- i** Houve o envolvimento/parceria de outra instituição para desenvolvimento da tecnologia? Se sim, informar nome e dados para contato.

Formalização da Parceria

Não.

- i** Existe algum instrumento legal (contrato ou similar) acordado com alguma instituição parceira que defina direitos e deveres em matéria de propriedade intelectual, relativos à tecnologia? O Contrato foi feito via Fundação de Apoio da Universidade?

Fomento

Não.

Existem órgãos de fomento (CAPES, FAPESP, entre outros) ou fundos de apoio envolvidos? Caso afirmativo, indique quais, o número do processo e documentos correspondentes.

Autorizações

Autorizações Prévias

Não necessitou.

Há autorização obtida junto a órgãos da Universidade ou instâncias governamentais, como comitês de ética e órgãos reguladores, para a realização das atividades relacionadas ao desenvolvimento da tecnologia?

Autorizações Comerciais

Não necessitou.

Quais as autorizações legais exigidas para que a tecnologia seja comercializada? Exemplos: autorizações junto à ANVISA, INMETRO, agências reguladoras, entre outros.

Patrimônio Genético

Não.

A tecnologia envolve o uso de organismo ou parte de organismo proveniente da fauna e/ou da flora brasileira ou advém do uso de conhecimento tradicional de povos da cultura brasileira? Houve acesso ao patrimônio genético nacional? Caso afirmativo, anexar e numerar o documento comprobatório de cadastro positivo junto ao SISGEN. Acessar maiores informações no site da PROPE-bio:

<https://www2.unesp.br/portal#!/prope/apoio-ao-pesquisador/prope-bio/>

Viabilidade de Comercialização

Intenção do Pesquisador

Aumentar a capacidade de processos de revegetação de áreas por meio da utilização de sistemas mecanizados.

Qual a intenção dos pesquisadores no desenvolvimento dessa tecnologia?

Estágio de Desenvolvimento

Foi construído um protótipo que realizou um teste de funcionamento em ambiente de laboratório.

Qual o estágio de desenvolvimento de sua tecnologia, tendo em vista a aplicação comercial visada? Justifique descrevendo os eventos e atividades realizados até o momento.

Continuidade do Desenvolvimento

Análise experimental em nível de campo.

Quais as etapas faltantes para o desenvolvimento desta tecnologia, tendo em vista a aplicação comercial visada? É necessário/desejável a participação de alguma outra instituição?

Comparação com Concorrentes

O principal concorrente deste projeto é o sistema de proteção “chapéu de napoleão”, que embora possua uma cobertura próxima ao bico de pulverização, ela não impede a deriva do produto aplicado (contaminação do meio ambiente) e pode contaminar a planta pulverizada, além de depender da habilidade do operador na utilização deste equipamento. O projeto proposto tem uma proteção para o tronco da planta e outra para evitar a deriva do produto na atmosfera de entorno da aplicação, protegendo o meio ambiente e a saúde do operador do equipamento.

Compare a presente tecnologia com as soluções comerciais atualmente encontradas no mercado. Especifique qual o diferencial da tecnologia em termos de eficiência, produtividade, custo, qualidade, impacto ambiental, entre outros.

Mercado Alvo

Territórios que necessitam de revegetação de áreas.

Quais os potenciais mercados consumidores (usuários diretos) da tecnologia? Em quais países ou regiões estão localizados?

Análises de Mercado

Não.

Foi realizada análise de mercado da tecnologia (custos, possível retorno, valor da tecnologia etc.)?

Parceiros Interessados

Não foi verificado.

Existem instituições (empresas privadas, governo ou terceiro setor) já interessadas na tecnologia?

Parceiros em Potencial

Indústria de máquinas de mecanização agrícola.

Quais parceiros (empresas privadas, governo ou terceiro setor) teriam interesse em colaborar no desenvolvimento da tecnologia (da escala laboratorial para industrial)?

Investimento Realizado

Aproximadamente R\$ 72.136,00.

Especifique o investimento total realizado no desenvolvimento da tecnologia até o momento.

Disponibilidade do Pesquisador

Os pesquisadores se mostram totalmente aberto a este tipo de tratativa.

Qual a disponibilidade do grupo de pesquisa para participar do processo de transferência de conhecimento junto a possíveis instituições interessadas na exploração da tecnologia?

Empreendedorismo

Os mentores da proposta são acadêmicos e precisamos de parceria para isso.

Existe interesse de algum dos criadores em montar uma empresa para explorar comercialmente essa tecnologia?

Inovação Social

Possibilidade de recuperar ambientes degradados pela supressão da vegetação por meio da celeridade de sistemas mecanizados.

A tecnologia apresenta algum tipo de impacto social? Acessar maiores informações sobre Inovação Social no site da AUIN:

<https://auin.unesp.br/inovacaosocial/>

Anexos

Sem Filtro							
☐	ID	Nome	Marcadores	Tamanho	Gravado em	Gravado por	Ações
☐	20940	Figura-1_PATENTE_Componentes externos e detalhe dos componetes de pulverização.jpg		110,09 KB	18/06/2021 18:07	Acácio Luís Almagro Baptista	
☐	20941	Figura-2_PATENTE_Detalhe do conjunto de pulverização instalado no lado interno.jpg		39,50 KB	18/06/2021 18:07	Acácio Luís Almagro Baptista	
☐	20942	Figura-3_PATENTE_Componentes para a proteção do tronco da muda.jpg		34,63 KB	18/06/2021 18:07	Acácio Luís Almagro Baptista	
☐	20943	Figura-3_PATENTE_Componentes para a proteção do tronco da muda_Corrigido.jpg		52,31 KB	18/06/2021 20:45	Acácio Luís Almagro Baptista	

Linhas: 1 - 4 / 4

ANTERIOR

1

PRÓXIMA