

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel  
Programa de Pós-graduação em sistemas de produção agrícola familiar



Tese

**Máquina para o controle de plantas espontâneas pela aplicação de calor**

**Roger Toscan Spagnolo**

PELOTAS, 2014

Roger Toscan Spagnolo

**Máquina para o controle de plantas espontâneas pela aplicação de calor**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia (linha de pesquisa: Avaliação, otimização e desenvolvimento de tecnologias em mecanização agrícola).

Orientador: Prof. Dr. Antônio Lilles Tavares Machado

Co-Orientador: Prof. Dr. Ângelo Vieira dos Reis

Pelotas, 2014

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

S732m Spagnolo, Roger Toscan

Máquina para o controle de plantas espontâneas pela aplicação de calor / Roger Toscan Spagnolo ; Antônio Lilles Tavares Machado, orientador. — Pelotas, 2014.

165 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2014.

1. Desenvolvimento de produto. 2. Máquinas agrícolas. 3. Produção orgânica. I. Machado, Antônio Lilles Tavares, orient. II. Título.

CDD : 634.95

Roger Toscan Spagnolo

**Máquina para o controle de plantas espontâneas pela aplicação de calor**

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Agronomia, Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 28/03/2014.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Antônio Lilles Tavares Machado (orientador), Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

Dr. Carlos Alberto Barbosa Medeiros, Doutor em Agronomia pela University of Nebraska.

---

Prof. Dr. Fabrício Ardais Medeiros, Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

---

Prof. Dr. Leonardo Nabaes Romano, Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina.

*A minha esposa  
por estar ao meu lado em todos os momentos.  
Aos meus pais  
pelo incentivo, educação e ensinamentos recebidos.  
DEDICO*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (PPG-SPAF), pela oportunidade de realização este projeto.

À Pro-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFPel pela concessão de cota de bolsa CNPq.

A Embrapa pelo apoio, com a disponibilização de infraestrutura e recursos humanos indispensáveis para realização dos experimentos de campo.

Ao orientador, amigo e “*compañero de clase*” prof. Antônio Lilles Tavares Machado, por ter me dado a oportunidade de estágio durante os primeiros semestres da graduação e desde então, agradeço o estímulo, os ensinamentos, a liberdade, confiança e amizade.

Ao co-orientador prof. Ângelo Vieira dos Reis, por ter me mostrado os caminhos e jamais a linha de chegada.

Aos amigos André Oldoni, Sandro Silva Teixeira, Tiago Lopes Bertoldi e Tiago Vega Custódio, pela valiosa contribuição na realização deste trabalho, pela amizade e companheirismo.

Aos bolsistas acadêmicos de Engenharia Agrícola Nander Ferraz Hornke e César Silva de Moraes, pelo apoio na confecção dos protótipos, ensaios de campo e desenhos, além da amizade compartilhada ao longo desse trabalho.

Aos colegas agrônomo Alcione Bernardi e ao bolsista acadêmico de agronomia Felipe de Bertoli Gomes, pelo auxílio na identificação das plantas.

Ao prof. Rodrigo Rizzi pela disponibilidade e ajuda na análise de imagens.

A todos os bolsistas e colaboradores do Departamento de Engenharia Rural que de alguma forma colaboraram para a realização desse trabalho.

Muito obrigado a todos que de certa forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

## RESUMO

SPAGNOLO, R.T. **Máquina para o controle de plantas espontâneas pela aplicação de calor.** 2014. 165f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

No mercado atual de máquinas agrícolas, são comercializados equipamentos com tecnologia avançada, no entanto existe uma lacuna no desenvolvimento de máquinas voltadas às necessidades dos agricultores familiares. Uma das dificuldades dos agricultores familiares que produzem alimentos de forma orgânica é o manejo de plantas espontâneas sem a aplicação de produtos químicos. Diferentes métodos orgânicos podem ser empregados para o manejo destas plantas, sendo eles culturais, biológicos, mecânicos ou físicos. Como método físico destaca-se a aplicação de calor, que atua sobre a planta por coagulação do protoplasma em células das folhas e do caule. O objetivo do presente trabalho foi projetar um sistema mecanizado para o manejo das plantas espontâneas por meio do controle térmico, voltada às necessidades dos agricultores familiares que utilizam o sistema de produção orgânica. Para a realização do trabalho foi empregada metodologia de desenvolvimento de produtos, que se baseia em um modelo que divide o processo de projeto em quatro fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Na fase de projeto informacional foi estabelecida uma lista de especificações de projeto com 26 requisitos. Na fase de projeto conceitual foram desenvolvidas sete concepções de máquinas aplicadoras de calor. Na fase de projeto preliminar foram confeccionados dois protótipos do tipo físico e focado, para análise do desempenho e eficiência dos sistemas. Por meio da análise de dados coletados em experimentos realizados com protótipos, pode-se observar que, a taxa de controle das plantas espontâneas aumenta de forma proporcional ao consumo de gás e que foram necessários entre 70 e 84,8kg.ha<sup>-1</sup> de GLP para um controle de cerca de 80% das plantas espontâneas. Na fase de projeto detalhado, foram desenhados e especificados todos os componentes da máquina para que a mesma possa ser fabricada.

Palavras-chave: Desenvolvimento de produto. Máquinas agrícolas. Produção orgânica.

## ABSTRACT

SPAGNOLO, R.T. **Machine to control weed plants by applying heat.** 2014. 165f. Tesis (Doctorate in Agronomy) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

In the current market of agricultural machinery, equipment with advanced technology are marketed, however there is a gap in the development of machines geared to the needs of family farmers. One of the difficulties of family farmers who produce food organically is the management of weed plants without the use of chemicals. Different organic methods can be employed to manage these plants, they are cultural, biological, mechanical or physical. As physical method highlights the application of heat, which acts on the plant by coagulation of protoplasm in cells of the leaves and stem. The objective of this study was to design a mechanized system for the management of weed plants by means of thermal control, oriented to the needs of small farmers that using the system of organic production. To conduct the study was methodology used to develop products, which is based on a model that divides the design process into four phases: informational design, conceptual design, preliminary design and detailed design. In informational design phase a list of design specifications with 26 requirements was established. In the conceptual design phase seven conceptions of heat applicator machines were developed. In the preliminary design phase were fabricated two prototypes and focused physical type, to analyze the performance and efficiency of the systems. Through the analysis of data collected from experiments with prototypes, it can be observed that the rate control of competing plants increases proportionally to the consumption of gas and that it took between 70 and 84.8 kg ha<sup>-1</sup> GLP for control of weed plants around 80%. At the stage of detailed design, have been designed and specified all the components of the machine so that it can be manufactured.

**Key words:** Product development. Agricultural machinery. Organic food.

## Lista de Figuras

Figura 1 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 1921. ....	16
Figura 2 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 1945. ....	16
Figura 3 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 1946. ....	17
Figura 4 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 1947. ....	17
Figura 5 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 1950. ....	18
Figura 6 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 1965. ....	18
Figura 7 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 1971. ....	19
Figura 8 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 1998. ....	20
Figura 9 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 2000. ....	20
Figura 10 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 2001. ....	21
Figura 11 - Equipamento manual para aplicação de calor. ....	21
Figura 12 - Mecanismo de tração humana utilizado para aplicação de calor. ....	22
Figura 13 - Vista frontal do aplicador de calor construído por Kang (2001). ....	22
Figura 14 - Vista lateral do aplicador de calor construído por Kang (2001). ....	23
Figura 15 - Lança-chamas com presença de estrutura protetora. ....	23
Figura 16 - Etapas do projeto informacional. ....	38
Figura 17 - Etapas do projeto conceitual. ....	42
Figura 18 - Bancada de testes. ....	44
Figura 19 - Etapas do projeto preliminar. ....	46
Figura 20 - Comportamento espectral da vegetação e do solo. ....	50
Figura 21 - Análise das imagens. ....	50
Figura 22 - Identificação dos clientes ao longo do ciclo de vida do produto. ....	53
Figura 23 - Localização das propriedades. ....	54
Figura 24 - Área total das propriedades orgânicas. ....	55
Figura 25 - Área destinada à agricultura orgânica. ....	56
Figura 26 - Tipo de preparo do solo. ....	57
Figura 27 - Tipo de solo. ....	57
Figura 28 - Culturas produzidas nas propriedades. ....	58
Figura 29 - Área produzida por cultura. ....	59
Figura 30 - Plantas espontâneas presentes nas lavouras. ....	60

Figura 31 - Altura média das plantas espontâneas presentes nas lavouras no momento do combate.....	60
Figura 32 - Formas utilizadas para o controle das plantas espontâneas. ....	61
Figura 33 - Tipo de tração utilizada na propriedade.....	63
Figura 34 - Valor que o agricultor estaria disposto a pagar por uma máquina agrícola capaz de controlar as plantas espontâneas. ....	64
Figura 35 - Renda mensal bruta da propriedade.....	65
Figura 36 - Localização das propriedades em relação aos pontos de recarga de gás. ....	65
Figura 37 - Requisitos dos clientes separados por fases do ciclo de vida do produto. ....	66
Figura 38 - Requisitos do projeto obtido segundo classificação proposta Fonseca (2000).....	70
Figura 39 - Diagrama de mudge empregado na valoração dos requisitos dos clientes. ....	72
Figura 40 - Matriz da casa da qualidade. ....	73
Figura 41 - Hierarquização dos requisitos do projeto – terço superior. ....	74
Figura 42 - Hierarquização dos requisitos do projeto – terço médio. ....	75
Figura 43 - Hierarquização dos requisitos do projeto – terço inferior. ....	75
Figura 44 - Especificação do projeto em ordem de importância obtida através do QFD.....	77
Figura 45 - Resultado do terceiro passo da abstração orientada.....	79
Figura 46 - Entradas e saídas do sistema técnico em termos de energia, material e sinal.....	80
Figura 47 - Função global do sistema técnico.....	80
Figura 48 - Descrição das estruturas funcionais. ....	81
Figura 49 - Estrutura funcional A – primeiro nível de desdobramento.....	82
Figura 50 - Estrutura funcional A – segundo nível de desdobramento.....	82
Figura 51 - Estrutura funcional B – primeiro nível de desdobramento.....	83
Figura 52 - Estrutura funcional B – segundo nível de desdobramento.....	83
Figura 53 - Estrutura funcional C – primeiro nível de desdobramento. ....	84
Figura 54 - Estrutura funcional C – segundo nível de desdobramento.....	84
Figura 55 - Estrutura funcional D – primeiro nível de desdobramento. ....	85

Figura 56 - Estrutura funcional D – segundo nível de desdobramento.....	85
Figura 57 - Descrição das funções parciais e elementares e definição das entradas e das saídas do diagrama de blocos.....	86
Figura 58 - Temperatura gerada pelo bico aplicador N°3 em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo. ....	87
Figura 59 - Temperatura gerada pelo bico aplicador N°4 em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo. ....	88
Figura 60 - Temperatura gerada pelo bico aplicador N°5 em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo. ....	88
Figura 61 - Matriz morfológica.....	92
Figura 62 - Concepção 1.....	93
Figura 63 - Concepção 2.....	93
Figura 64 - Concepção 3.....	94
Figura 65 - Concepção 4.....	95
Figura 66 - Concepção 5.....	95
Figura 67 - Concepção 6.....	96
Figura 68 - Resultado da aplicação da técnica julgamento da viabilidade. ....	97
Figura 69 - Resultado da aplicação da técnica passa/não-passa. ....	98
Figura 70 - Concepção otimizada.....	99
Figura 71 - Estrutura funcional parcial hierarquizada. ....	100
Figura 72 - Sistemas, subsistemas, componentes e seus principais parâmetros. ..	101
Figura 73 - Primeiro protótipo. A - concepção. B - construído.....	102
Figura 74 - Informações geradas após a utilização do primeiro protótipo. ....	103
Figura 75 - Segundo protótipo.....	104
Figura 76 - Conjunto trator-protótipo. ....	104
Figura 77 - Taxa de controle das plantas espontâneas.....	108
Figura 78 - Consumo de gás e nível de controle de plantas 3 DACT.....	110
Figura 79 - Consumo de gás e nível de controle de plantas 7 DACT.....	110
Figura 80 - Plantas que ocorrem na área total do experimento. ....	111
Figura 81 - Representação dos sistemas da máquina para controle de plantas espontâneas.....	113
Figura 82 - Componentes do subsistema geração de faísca. ....	114
Figura 83 - Sistema de dosagem de gás.....	117

Figura 84 - Leiaute definitivo da máquina para controle de plantas espontâneas...	117
Figura 85 - Custo da máquina.....	118

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Área de abrangência das chamadas.....	89
Tabela 2 - Síntese da análise de variância para as variáveis de velocidade, pressão e rodado três e sete dias após o controle térmico.....	105
Tabela 3 - Teste de médias de controle de plantas para o fator bloco, estratificado por dia de controle térmico.....	106
Tabela 4 - Teste de médias de controle de plantas para o fator velocidade, estratificado por dia de controle térmico.....	106
Tabela 5 - Teste de médias de controle de plantas para o fator pressão, estratificado por dia de controle térmico.....	107
Tabela 6 - Consumo de gás conforme pressão utilizada.....	108
Tabela 7 - Consumo e custo de gás por hectare.....	109

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

CAD: Computer Aided Design.

DACT: Dias Após o Controle Térmico.

EPO: European Patent Office.

GLP: Gás Liquefeito de Petróleo.

INPI: Instituto Nacional de Propriedade Intelectual.

NEDIP-UFSC: Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos da Universidade Federal de Santa Catarina.

NIMEq: Núcleo de Inovação em Máquinas e Mecanização Agrícola.

PRONAF: Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar.

QFD: Quality Function Deployment.

Rc: Requisito do cliente.

Rp: Requisito do projeto.

USPTO: United States Patent and Trademark Office.

## Sumário

1 Introdução .....	10
1.2 Definição do problema .....	11
1.3 Objetivos .....	12
1.3.1 Geral.....	12
1.3.2 Específicos .....	12
1.4 Hipóteses .....	12
2 Revisão de Literatura .....	13
2.1 Formas de controle das plantas espontâneas em sistemas de produção orgânico .....	13
2.2 Equipamentos para o controle térmico de plantas espontâneas.....	15
2.3 Fatores de influência no projeto de um mecanismo aplicador de calor.....	24
2.4 Metodologias de projeto de máquinas agrícolas .....	25
2.4.1 Projeto informacional.....	26
2.4.2 Projeto conceitual.....	29
2.4.3 Projeto preliminar .....	33
2.4.4 Projeto detalhado .....	35
2.4.5 Protótipo .....	36
3. Metodologia.....	38
3.1 Projeto informacional.....	38
3.1.1 Pesquisar informações sobre o tema do projeto .....	39
3.1.2 Identificar as necessidades dos clientes do projeto .....	39
3.1.3 Estabelecer os requisitos dos clientes .....	40
3.1.4 Estabelecer os requisitos do projeto .....	40
3.1.5 Hierarquizar os requisitos do projeto.....	40
3.1.6 Estabelecer as especificações do projeto .....	41
3.2 Projeto conceitual.....	41
3.2.1 Verificar o escopo do problema.....	41
3.2.2 Estabelecer a estrutura funcional.....	41
3.2.3 Pesquisar por princípios de solução.....	43
3.2.4 Combinar princípios de solução .....	44
3.2.5 Selecionar concepções .....	45
3.2.6 Evoluir concepção selecionada .....	45

3.3 Projeto preliminar .....	45
3.3.1 Definição da sequência de detalhamento.....	46
3.3.2 Desmembramento dos SSCs .....	46
3.3.3 Utilização de protótipos .....	47
3.3.4 Ciclo DFF .....	51
3.3.5 Determinar especificações .....	52
3.4 Projeto detalhado .....	52
4 Resultados e Discussão .....	53
4.1 Projeto Informacional.....	53
4.1.1 Pesquisa de informações sobre o tema do projeto .....	53
4.1.2 Identificação das necessidades dos clientes.....	54
4.1.3 Estabelecimento dos requisitos dos clientes .....	66
4.1.4 Estabelecimento dos requisitos do projeto.....	66
4.1.5 Hierarquização dos requisitos do projeto .....	71
4.1.6 Estabelecimento das especificações do projeto.....	75
4.2 Projeto conceitual.....	78
4.2.1 Verificação do escopo do problema .....	78
4.2.2 Estrutura funcional .....	80
4.2.3 Princípios de solução .....	87
7.2.4 Combinação dos princípios de solução.....	92
4.2.5 Seleção da concepção .....	96
4.2.6 Evolução da concepção selecionada .....	99
4.3 Projeto preliminar .....	100
4.3.1 Definição da sequência de detalhamento.....	100
4.3.2 Desmembramento dos SSCs .....	100
4.3.3 Construção de protótipos .....	101
4.3.4 Aplicação do ciclo DFF .....	112
4.3.5 Especificações .....	114
4.4 Projeto detalhado .....	118
5 Conclusões.....	119
6 Recomendações para trabalhos futuros.....	120
Referências .....	121
Apêndices.....	127

## 1 Introdução

No Censo Agropecuário de 2006 foram identificados 4.367.902 estabelecimentos de agricultura familiar, o que corresponde a 84,4% do total. Embora a área ocupada pelos estabelecimentos de agricultura familiar seja de 80,25 milhões de hectares, correspondendo a 24,3% da área dos estabelecimentos agropecuários brasileiros, portanto significativamente menor que em estabelecimentos caracterizados como não familiares, a agricultura familiar é responsável por garantir boa parte da segurança alimentar do país. Caracterizando-se como importante fornecedora de alimentos para o mercado interno, sendo responsável por 87% da produção nacional de mandioca, 70% da produção de feijão, 46% do milho, 38% do café, 34% do arroz, 58% do leite, 59% do plantel de suínos, 50% das aves, 30% dos bovinos e, ainda, 21% do trigo (IBGE, 2006).

Segundo Santos e Monteiro (2002) a crescente preocupação quanto aos resíduos químicos e a possibilidade de contaminação dos alimentos têm levado ao aumento da demanda e da produção de alimentos orgânicos, por parte destes agricultores. Em virtude dessa demanda, o mercado de produtos orgânicos e as projeções futuras apontam para um crescimento ainda maior desse segmento.

No entanto, os agricultores responsáveis pela produção de alimentos orgânicos encontram dificuldades no que diz respeito à mão-de-obra e manejo de plantas espontâneas, pois na maioria das vezes utilizam técnicas manuais, como por exemplo, a capina, caracterizada como atividade árdua e penosa.

A utilização do controle térmico como forma de manejo às plantas espontâneas não é um conceito novo, várias tentativas de desenvolvimento de equipamentos capazes de aplicar calor às plantas espontâneas foram realizados, o primeiro mecanismo foi patenteado em 1921, entretanto vários modelos foram desenvolvidos testados e produzidos comercialmente entre 1940 e 1975. Com o surgimento e expansão da utilização dos agrotóxicos, esta técnica tornou-se economicamente inviável e praticamente inutilizada pelos agricultores. Contudo nas últimas décadas houve uma crescente demanda por produtos orgânicos, os

quais não podem ser produzidos com a utilização de agrotóxicos, fato que estimula pesquisas que visem desenvolver alternativas no sentido de contribuir para a eliminação dos efeitos nocivos do controle químico. Uma alternativa examinada por pesquisadores é a utilização de roçadoras que promovem o corte das plantas espontâneas evitando menor competitividade à cultura implantada, contudo a intervenção com este tipo de equipamento possibilita que as plantas espontâneas tenham uma nova brotação.

Com o intuito de evitar esta rebrota, a utilização de descarga elétrica surge como técnica alternativa no controle às plantas espontâneas de forma orgânica, porém, estes equipamentos são dotados de geradores de alta tensão os quais tornam onerosa a aquisição deste tipo de equipamento por parte dos agricultores familiares que produzem alimentos orgânicos.

Desta forma o controle térmico ressurge como alternativa de manejo às plantas espontâneas, pois é uma tecnologia considerada “limpa”, que inaltera a estrutura do solo e inativa as plantas atingidas pelo calor, fazendo com que não consigam ter uma nova brotação.

Fica claro, portanto, a necessidade do desenvolvimento de um mecanismo aplicador de calor, para que se torne possível e economicamente viável a aquisição e utilização deste tipo de tecnologia por parte dos agricultores familiares que utilizam o sistema de produção orgânica. Pois de nada adianta o governo oferecer financiamentos com juros baixos ao agricultor familiar, se este ao comprar máquinas e implementos, se depara com um mercado voltado aos grandes e médios produtores, onde os equipamentos possuem tecnologia avançada, mas não suprem suas necessidades, principalmente no que se refere ao custo de aquisição.

## **1.2 Definição do problema**

Os maiores desafios dos agricultores orgânicos é o controle das plantas espontâneas sem a utilização de produtos químicos, dificuldade que torna praticamente indispensável adoção de práticas do sistema de plantio convencional, no qual se necessita mobilizar o solo, não para criar um ambiente favorável ao desenvolvimento da cultura através da reestruturação do solo, mas sim, com a finalidade principal de realizar o controle de plantas espontâneas.

Esse fato estimula a realização do presente trabalho que visa desenvolver um mecanismo que sirva como alternativa para o controle de plantas espontâneas no sistema de produção orgânico, sem que haja o revolvimento do solo durante o controle das plantas espontâneas.

### **1.3 Objetivos**

Tendo em vista as dificuldades com relação ao controle das plantas espontâneas no sistema de produção orgânico, o presente trabalho tem os seguintes objetivos:

#### **1.3.1 Geral**

Gerar uma alternativa física para o manejo das plantas espontâneas por meio do controle térmico, voltada às necessidades dos agricultores familiares que utilizam o sistema de produção orgânica.

#### **1.3.2 Específicos**

a) Adquirir informações quanto ao controle das plantas espontâneas realizado pelos agricultores familiares que utilizam o sistema de produção orgânica.

b) Desenvolver uma concepção de um sistema mecanizado para o manejo de plantas espontâneas, adequada às necessidades dos agricultores familiares.

c) Aplicar a metodologia de projeto para o desenvolvimento de um protótipo.

d) Testar o protótipo no que se refere ao desempenho mecânico e também quanto à eficiência no controle de plantas espontâneas.

### **1.4 Hipóteses**

a) É possível gerar a concepção de um sistema mecanizado para o manejo de plantas espontâneas por meio da aplicação de calor.

b) É possível a construção de um protótipo para o manejo de plantas espontâneas que seja de baixo custo de fabricação.

## **2 Revisão de Literatura**

### **2.1 Formas de controle das plantas espontâneas em sistemas de produção orgânico**

A fim de encontrar alternativas para a eliminação de espécies indesejadas no cultivo orgânico, no qual não se podem utilizar produtos químicos, diferentes métodos podem ser empregados com o intuito de eliminar as plantas espontâneas sejam eles culturais, biológicos, mecânicos ou físicos.

Como práticas culturais que visam tornar as culturas mais competitivas em relação às plantas espontâneas, pode-se citar a rotação de culturas, conservação da cobertura verde, variação de espaçamento entre linha da cultura e manejo varietal através da seleção de cultivares. Como prática biológica destaca-se a alelopatia, que é definida como qualquer efeito direto ou indireto, benéfico ou prejudicial, de uma planta ou de microorganismos sobre outra planta, mediante produção de compostos químicos que são liberados no ambiente (LORENZI, 2000).

No controle mecânico de plantas espontâneas destaca-se a utilização de roçadoras. Brighenti et al. (2007) avaliaram o desempenho de uma roçadora articulada que possuía cinco linhas, sendo cada linha composta por uma pequena roçadora que eliminava as espécies daninhas somente nas entrelinhas das culturas. Segundo os autores as espécies daninhas que possuíam folhas largas foram eliminadas de forma eficaz pela roçadora, entretanto, as espécies de folhas estreitas embora tenham sido eliminadas, rebrotaram favorecendo o estabelecimento da população. Desta forma, em situações de predominância de espécies daninhas monocotiledôneas (folhas estreitas) a roçadora articulada não é eficaz.

Outro método utilizado para eliminar as plantas espontâneas nos sistemas de cultivo orgânico é a utilização de descarga elétrica. Brighenti e Brighenti (2009) avaliaram o controle de plantas espontâneas na cultura da soja por meio de descarga elétrica. Foi acoplado à tomada de potência do trator um equipamento que gerou tensões na faixa de 4.400 e 6.800 voltz, variando apenas a rotação do motor do trator.

A descarga elétrica, ao atingir as plantas, provoca alteração na fisiologia destas, as quais murcham e morrem em pouco tempo.

No controle físico por radiação infravermelha, com auxílio de propano uma chama é aquecida, e direcionada para um elemento cerâmico ou chapa de aço que se irradia gerando temperaturas próximas a 1000°C. O mecanismo de controle de plantas espontâneas é o mesmo que nos chamados lança-chamas, os quais são dotados de bicos aplicadores de calor que geram altas temperaturas. Ao atingir as plantas o calor ocasiona o rompimento da membrana das células provocando a murcha e posterior morte das plantas (DIVER, 2002).

Uma das vantagens do controle térmico de plantas espontâneas com relação ao controle mecânico realizado pelas roçadoras é a inalteração da estrutura do solo e inativação das plantas atingidas pelo calor, fazendo com que não consigam ter uma nova brotação (VIRBICKAITE et al., 2006). Outro ponto positivo observado por Sniauka e Pocius (2008) é que o método de controle térmico pode ser utilizado quando o terreno encontra-se molhado, uma vez que, não depende diretamente da quantidade de umidade presente nas plantas. Entretanto a maior eficiência na aplicação do controle térmico é alcançada quando utilizada no período do dia em que as folhas apresentam menor umidade, o que ocorre ao entardecer, após longo período de exposição ao sol (ULLOA et al., 2012).

Outro ponto relevante a ser destacado é a questão do impacto causado pelo controle térmico à cultura implantada e ao solo. De acordo com Knezevic et al. (2013) a soja, por exemplo, tem sua produtividade comprometida de acordo com o número de intervenções e estágio vegetativo da cultura em que se realiza o controle térmico. Os autores recomendam somente duas intervenções: a primeira quando os cotilédones encontram-se completamente abertos e expandidos e a segunda quando a quarta folha trifoliolada está completamente desenvolvida.

Conforme Sniauka e Pocius (2008) o impacto das chamas aplicadas de forma instantânea sobre o solo é mínimo. Segundo os autores, chamas com intensidade de 4.600MJ.ha<sup>-1</sup> reduziram a microflora do solo em 19% quando analisado seu perfil até 5mm de profundidade. A temperatura do solo a esta profundidade aumentou 3°C. A 10mm de profundidade aumentou 1°C e a 20mm não houve alteração na temperatura do solo.

O controle térmico é uma opção aceitável para o controle de plantas daninhas em sistemas de produção orgânicos e convencional. O uso de gás propano para o controle de plantas espontâneas pode ser adotado como uma das alternativas para o controle químico, uma vez que elimina as preocupações com os efeitos residuais diretos sobre o solo, a água e a qualidade dos alimentos e pode diminuir a dependência de herbicidas, capina manual e/ou cultivo mecânico (DACTA e KNEZEVIC, 2013).

De acordo com Marchi et al. (2008) as técnicas térmicas são consideradas tecnologias limpas, que não deixam resíduos no solo ou nos alimentos e são permitidas pelas normas de produção orgânica de alimentos pela legislação de diversos países. No Brasil o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2008) institui que o controle térmico é uma prática permitida para manejo e controle de pragas e doenças nos vegetais em sistemas orgânicos de produção.

## **2.2 Equipamentos para o controle térmico de plantas espontâneas**

No controle térmico de plantas espontâneas são utilizados mecanismos aplicadores de calor, sendo que, o primeiro equipamento composto por este tipo de mecanismo utilizado no controle das plantas espontâneas foi patenteado por John A. Graid em Columbia, Arkansas, Estados Unidos em 1853 (EDWARDS, 1964 apud ROOY, 1992).

No APÊNDICE A são apresentados registros de patentes de mecanismos aplicadores de calor utilizados no combate a plantas espontâneas, encontrados em pesquisa realizada no INPI, USPTO e EPO órgãos responsáveis pela regulamentação e documentação de pedidos de patentes.

A patente mais antiga encontrada trata-se de um mecanismo desenvolvido por Servoss (1921) (Figura 1), este equipamento é tracionado pelo trator e possui uma estrutura que serve de suporte para o bico aplicador de calor e ao mesmo tempo auxilia na conservação do calor aplicado, na parte dianteira do equipamento são localizadas as rodas que servem para o transporte do reservatório de combustível, tubulação para a condução do mesmo e manômetro para controle da pressão. Enquanto na parte posterior desta estrutura encontram-se rodas reguladoras de altura, possibilitando a variação da altura de aplicação do calor.

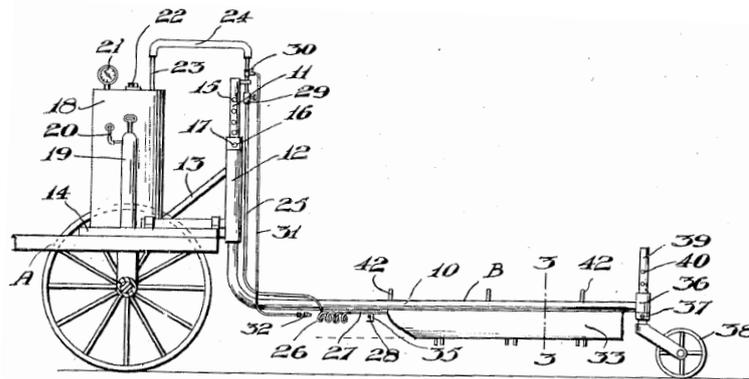


Figura 1 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patentado em 1921.  
Fonte: SERVOSS, 1921.

Price Chrenleigh McLemore desenvolveu seis diferentes concepções de mecanismos aplicadores de calor destinados a controlar plantas espontâneas, sendo que todos eles necessitavam do auxílio de um trator para que o manejo fosse realizado. As concepções se diferem principalmente quanto ao modelo e disposição dos bicos aplicadores de calor com relação ao solo e ao trator.

A figura 2 representa o primeiro mecanismo aplicador de calor patentado por McLemore (1945), o qual é acoplado na parte dianteira do trator e possui saídas de combustível e comburente pressurizado. Ao lado de cada um dos bicos aplicadores de calor encontra-se uma roda que descreve o terreno a fim de manter a altura de aplicação de calor uniforme. O sistema de levante do equipamento para manobra é acionado manualmente por meio de uma alavanca, possibilitando que o mesmo seja erguido em diferentes alturas.

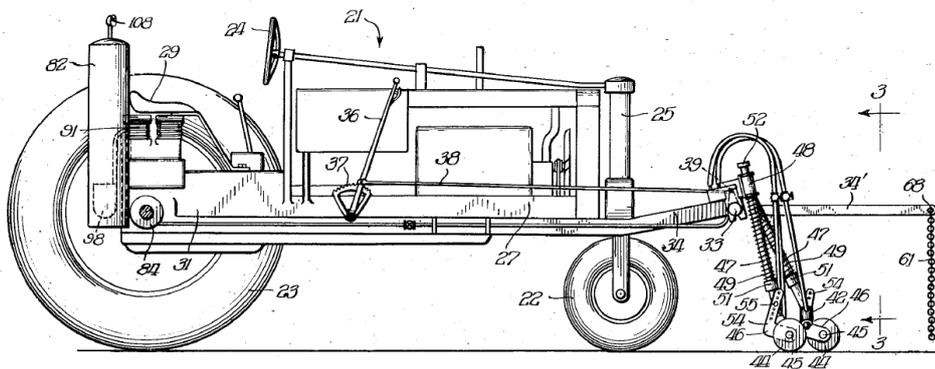


Figura 2 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patentado em 1945.  
Fonte: MCLEMORE, 1945.

Em McLemore (1946) registrou uma nova patente (Figura 3), trata-se de um mecanismo que torna o alvo visível no momento da aplicação de calor, pois se localiza na lateral do trator, logo abaixo e a frente do operador, possibilitando ao

mesmo realizar manobras para adequação do ponto de aplicação, bem como regulagem da altura de aplicação de calor, acionada por meio de alavanca manual.

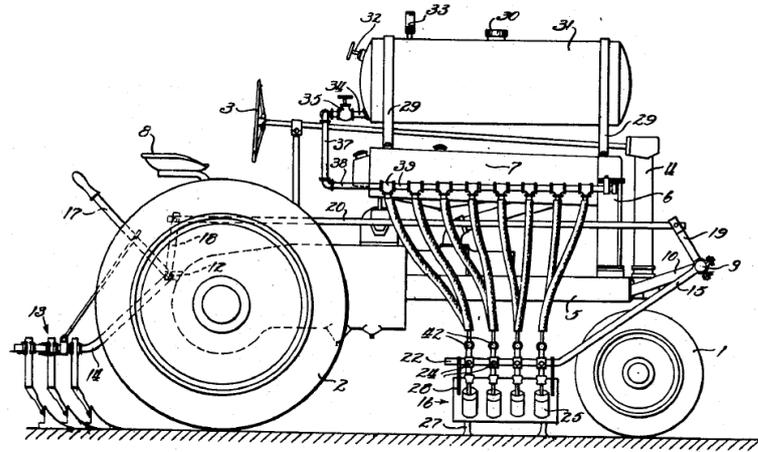


Figura 3 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 1946.  
Fonte: MCLEMORE, 1946.

O mecanismo apresentado na figura 4 é um aprimoramento do equipamento ilustrado na figura 3, o qual foi desenvolvido por Mclemore e Knudsen (1947). Como principais modificações têm-se, a localização e forma de acoplamento, a qual passa a ser no engate traseiro de três pontos, proporcionando a propagação dos gases da queima do combustível fora do alcance do sistema respiratório do operador.

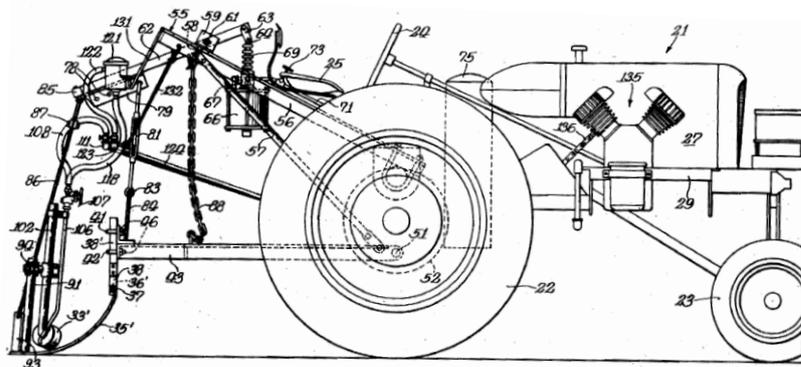


Figura 4 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 1947.  
Fonte: MCLEMORE e KNUDSEN, 1947.

McLemore registrou outras três patentes nas quais acrescentou alguns mecanismos, como exemplo, adição de sistema de ignição da combustão por meio de geração de centelha elétrica, facilitando a operação tornando-a mais segura e confiável. A figura 5 ilustra a configuração projetada por Mclemore (1950), na qual o calor é aplicado em duas etapas diferentes, a primeira aplicação ocorre na parte

lateral dianteira do trator e a segunda na parte traseira, aumentando a visibilidade do operador com relação aos pontos de aplicação de calor.

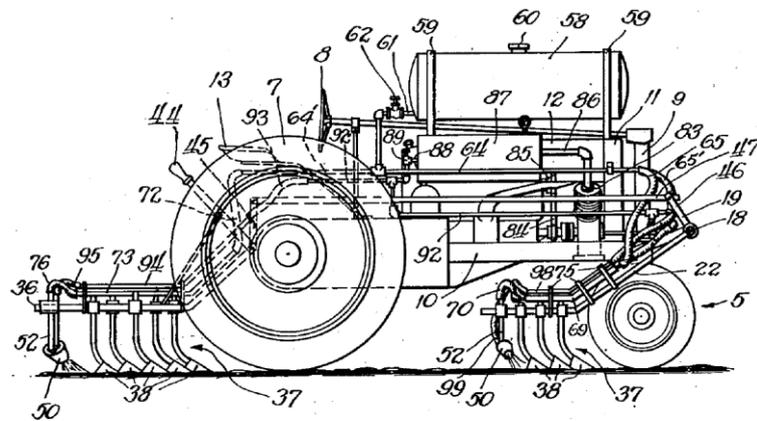


Figura 5 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 1950.  
Fonte: MCLEMORE, 1950.

Na Espanha, Monsonis (1958) patenteou um lança chamas agrícola, equipamento destinado a desinfetar galinheiros, matar plantas espontâneas em lavouras agrícolas, e auxiliar a secagem de cereais quando utilizado sistema de ar forçado. O equipamento era capaz de produzir chamas com temperaturas de até 1800°C, possuindo depósito de combustível, câmara de combustão, dispositivo ejetor de calor, além de válvula, registro regulador de fluxo e manômetro para visualização da pressão.

Holloway (1965) patenteou um equipamento constituído por três linhas, conforme ilustrado na figura 6. Cada uma das linhas composta por um conjunto de bicos aplicadores de calor aumentando, desta forma, a faixa de aplicação, além disso, possuía também ajuste da distância entre linhas e altura de aplicação.

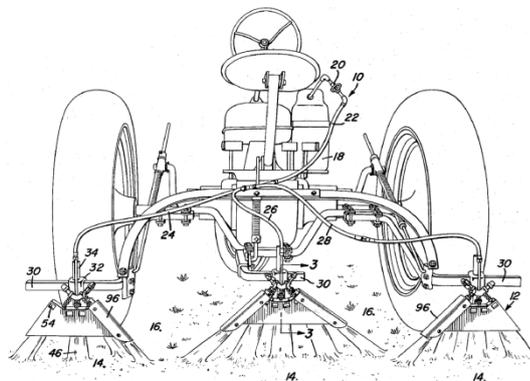


Figura 6 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 1965.  
Fonte: HOLLOWAY, 1965.

Em 1971 Joe R. Weeler demonstrou preocupação não somente com a geração de calor aplicado às plantas espontâneas, mas também com seu isolamento, a fim de manter a temperatura de aplicação mais uniforme. A figura 7 ilustra a câmara de aplicação de calor projetada por Weeler (1971), a qual constituía-se, na parte frontal, por dentes para separação das plantas cultivadas das espontâneas, e na parte inferior, por pequenas rodas para acompanhamento do nível do terreno, proporcionando uma aplicação de calor uniforme devido à manutenção da altura dos bicos aplicadores.

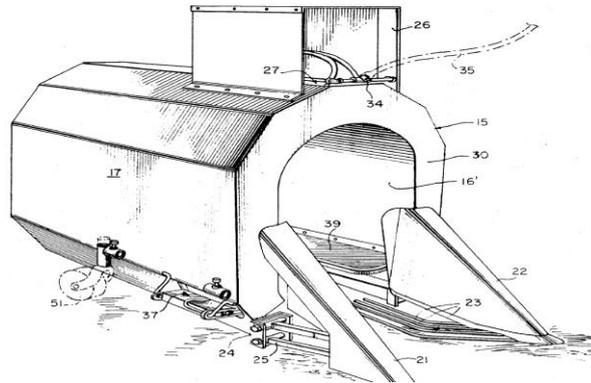


Figura 7 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 1971.  
Fonte: WEELER, 1971.

O controle térmico ou conforme chamado por Diver (2002), técnica da capina térmica teve uma queda na utilização a partir da década de 60, em consequência ao surgimento dos herbicidas. Na década de 80 e 90 o uso do controle térmico ou flamejamento como técnica de controle de plantas espontâneas foi retomado principalmente entre os agricultores orgânicos.

No Brasil o controle térmico é uma técnica pouco conhecida entre os agricultores, os produtos disponíveis para comercialização, destinam-se ao controle de plantas indesejáveis em ruas pavimentadas ou, dedetização e extermínio de micróbios em aviários. Poleto (1991) patenteou um flamejador, que pode ser utilizado no combate a plantas espontâneas, mas que segundo o autor é projetado para ser utilizado especialmente em aviários.

Benjamin (1998) patenteou um equipamento que aplica calor sobre as plantas espontâneas, as quais ainda são quebradas devido à passagem de um rolo compressor. Neste equipamento um queimador de óleo foi montado na extremidade superior de uma câmara de combustão, fazendo com que as chamas geradas pelo queimador pudessem ser distribuídas ao longo da largura do canal (Figura 8).

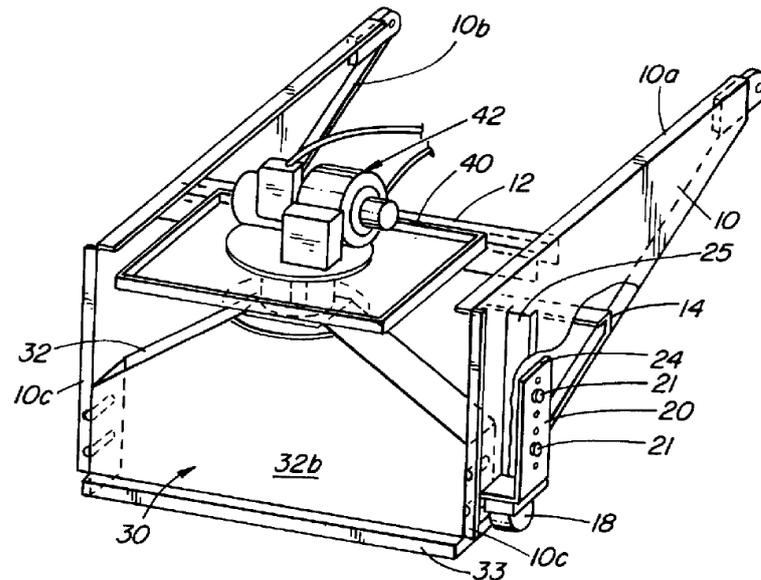


Figura 8 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 1998.

Fonte: BENJAMIN, 1998.

Pivonka (2000) patenteou um equipamento semelhante ao pulverizador de agrotóxicos, porém com a função de aplicar calor às plantas. O equipamento tracionado pelo trator por meio da barra de tração era composto por um tanque armazenador de combustível e tubulações responsáveis por conduzi-lo até os bicos aplicadores, suportados por barras laterais, as quais contavam com sistema de ajuste da largura de aplicação, distância entre bicos e altura dos mesmos em relação ao solo (Figura 9).

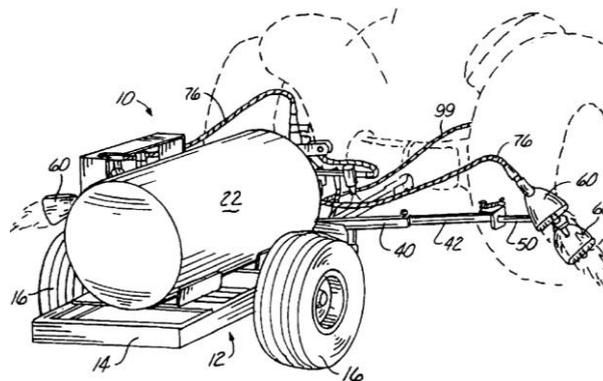


Figura 9 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 2000.

Fonte: PIVONKA, 2000.

Um equipamento utilizado para combater plantas espontâneas através do controle térmico não precisa ser caro ou complexo, um exemplo disso, é o equipamento patenteado por Johnstone e Smith (2001) (Figura 10), que consiste em uma barra conectada a um botijão de GLP (gás liquefeito de petróleo), no qual é

acoplada uma tubulação, que permite à aplicação de calor as plantas por meio de um único bico fixado na extremidade oposta da barra, sendo acionado por um gatilho. Este equipamento é transportado manualmente pelo operador, podendo ser utilizado em pequenas áreas.

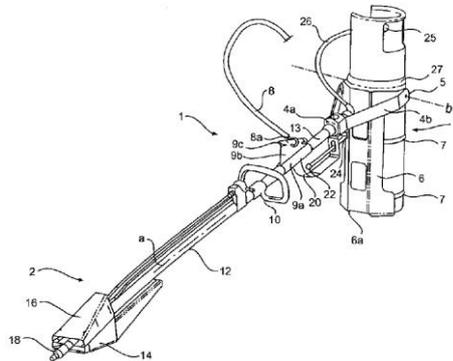


Figura 10 - Desenho do mecanismo aplicador de calor patenteado em 2001.  
Fonte: JOHNSTONE e SMITH, 2001.

Conforme Pomper e Crabtree (2006) a utilização de queimador manual é uma alternativa viável a produção orgânica de frutas (Figura 11). O equipamento utilizado pelos pesquisadores tratava-se de um dispositivo utilizado na construção civil, sendo aplicado, por exemplo, para derreter manta asfáltica.



Figura 11 - Equipamento manual para aplicação de calor.  
Fonte: POMPER e CRABTREE, 2006.

Máquinas movidas por agricultores (Figura 12) são alternativas para o combate térmico às plantas espontâneas, estas realizam o trabalho de maneira mais eficaz e ergonômica que a utilização de equipamentos manuais, devido à altura controlada dos bicos aplicadores de calor e a possibilidade de carregamento do dispositivo armazenador de GLP.



Figura 12 - Mecanismo de tração humana utilizado para aplicação de calor.  
Fonte: GALLANDT, 2010.

Para operações em maior escala são utilizados tratores, possibilitando o incremento de maior número de bicos aplicadores de calor e aumento da largura de aplicação. Estes equipamentos possuem maior capacidade de transporte de GLP, possibilidade de regulagens de pressão, altura de aplicação, ângulo e espaçamento entre os bicos aplicadores além de permitir controle na velocidade de deslocamento.

A figura 13 apresenta um protótipo de equipamento aplicador de calor, desenvolvido por Kang (2001), tracionado por um trator através do engate de três pontos. O protótipo desenvolvido apresenta seis botijões de gás GLP, cinco bicos aplicadores de calor espaçados cerca de 24 centímetros entre si, com ângulo de 45° com relação à horizontal, sendo que o suporte dos bicos conta com uma dobradiça para a variação deste ângulo. Além disso, conforme figura 14 o protótipo possuía manômetro, válvula e registro para controle de pressão e mecanismo para controle de altura dos bicos conforme variações do relevo. Uma estrutura com 1,4m de comprimento foi instalada para cobrir a área ao final dos bicos aplicadores de calor para melhor conter o calor e aumentar o tempo de exposição das plantas ao mesmo.



Figura 13 - Vista frontal do aplicador de calor construído por Kang (2001).

Fonte: KANG, 2001.

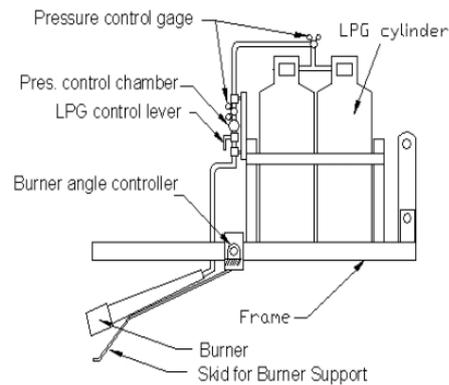


Figura 14 - Vista lateral do aplicador de calor construído por Kang (2001).  
Fonte: KANG, 2001.

A figura 15 apresenta um aplicador de calor com a presença de uma estrutura protetora logo após cinco bicos aplicadores de calor. A eficiência deste tipo de equipamento aumenta, pois a estrutura protetora permite sua utilização na presença de vento. Estas estruturas protetoras devem ser longas e baixas o suficiente para não baterem no solo e manterem o ar quente próximo às plantas espontâneas (MERFIELD, 2010).

A temperatura na parte posterior da câmara de aplicação de calor, também chamada de temperatura de escape, em um projeto eficiente, deve ser inferior a  $150^{\circ}\text{C}$ , quando utilizada velocidade de deslocamento ideal para matar as plantas espontâneas. Velocidades muito lentas ocasionam a morte de até 100% das plantas espontâneas, porém ocorre um aumento excessivo da temperatura de escape havendo, desta forma, perda desnecessária de calor. Entretanto, altas velocidades de deslocamento do equipamento ocasionam baixas temperaturas de escape, diminuindo a eficácia, no controle das plantas espontâneas (MERFIELD, 2010).



Figura 15 - Lança-chamas com presença de estrutura protetora.  
Fonte: MERFIELD, 2010.

### 2.3 Fatores de influência no projeto de um mecanismo aplicador de calor

O estágio de desenvolvimento, teor de água presente nas plantas espontâneas, pressão do gás utilizada, velocidade de deslocamento do aplicador de calor, altura e ângulo do bico aplicador são fatores que influenciam na quantidade de gás consumida na aplicação, eficiência no combate e na produtividade da cultura (ULLOA et al., 2010; ULLOA et al., 2011; ULLOA et al., 2012).

Quanto à altura do mecanismo aplicador de calor com relação ao alvo, Kang (2001) observou que pequenas distâncias ocasionam aumento da temperatura no alvo. Com relação ao ângulo de aplicação, melhores resultados são encontrados quando utilizados ângulos entre 30° e 45° (KANG, 2001; MOJZIS, 2002)

Mojzis (2002) utilizou bicos aplicadores de calor a altura de 10 centímetros e ângulo de 45° com relação ao solo, variando a velocidade de deslocamento (2, 4 e 5 km.h<sup>-1</sup>) e pressão de gás (150, 200 e 250 kPa) com o intuito de avaliar a produtividade da cultura de cebola, o autor observou produtividade satisfatória ao utilizar 27,2 kg.ha<sup>-1</sup> de gás no controle às plantas espontâneas, com velocidade de deslocamento de 4 km.h<sup>-1</sup> e pressão de gás de 250 kPa.

Segundo Sniauka e Pocius (2008) a velocidade de aquecimento das plantas não depende diretamente da sua quantidade de umidade e sim do diâmetro e espessura da folha, por isso encontra-se maior dificuldade no controle térmico as dicotiledôneas, fato este confirmado por (VIRBICKAITE et al., 2006).

De acordo com Ulloa et al. (2010), plantas com folhas largas são mais suscetíveis ao controle térmico quando comparada a plantas com folhas estreitas. Doses de GLP entre 30 e 60 kg.ha<sup>-1</sup> foram capazes de combater 90% das plantas espontâneas de folhas largas, em estádios de desenvolvimento entre 3 e 14 folhas. Enquanto que para espécies de folhas estreitas, em estágio de desenvolvimento entre 4 e 7 folhas a mesma dose de GLP foi capaz de combater apenas 80% delas.

A sensibilidade térmica das plantas espontâneas depende da sua fase de crescimento, caule com 1 mm de espessura aquece até 70°C, 2,7 vezes mais rápido do que caules com 2,8 mm de espessura. Portanto, é aconselhável o controle térmico na fase inicial de crescimento da planta, pois o consumo de gás será relativamente menor (SNIAUKA e POCIUS, 2008). Conforme Mojzis (2002) quanto

mais nova as plantas espontâneas menor é o consumo de gás para controlá-las, sendo que, plantas com altura inferior a 12 centímetros necessitam menos de  $40\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de gás para serem controladas com eficiência de até 75%.

Porém conforme Figueiredo et al. (2011) independente do estágio vegetativo as plantas espontâneas são totalmente controladas devido à ação do calor e pressão de contato entre superfície aquecida e as plantas. Os autores avaliaram a eficácia do uso de calor e pressão, no controle de nabo forrageiro, utilizando uma placa de metal de  $22\times 30\text{cm}$  com espessura 3mm, a qual foi aquecida a aproximadamente  $360^{\circ}\text{C}$  e submetida a uma pressão de 10kPa, ficando em contato com as plantas por dois segundos.

Portanto a utilização do controle térmico às plantas espontâneas é uma alternativa segura e viável aos produtores que realizam o manejo de plantas espontâneas sem a aplicação de produtos químicos, conforme Heiniger (1998) as plantas espontâneas estão cada vez mais resistentes aos agrotóxicos o que demanda a utilização de dosagens cada vez maiores.

## **2.4 Metodologias de projeto de máquinas agrícolas**

A utilização de metodologia com abordagem sistemática no projeto de produtos é uma prática cada vez mais comum em empresas renomadas, que buscam maior qualidade dos seus produtos a fim de aumentar a competitividade e conseqüentemente a venda (ROMANO et al., 2005).

Várias metodologias de projeto têm sido empregadas no sentido de aumentar a qualidade dos produtos, reduzir o seu custo e o tempo de desenvolvimento. No entanto, as diferenças entre elas são, em geral, de origem terminológica (REIS e FORCELLINI, 2006a).

Segundo Reis e Forcellini (2006a) essas metodologias favorecem que o produto incorpore todos os atributos indispensáveis ao cumprimento da tarefa a que se destina, incluindo-se, não somente aqueles de ordem funcional, mas também os de qualidade, os comerciais e os de fabricabilidade. Esses autores dividem o projeto de máquinas agrícolas em quatro fases (projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado), pois permite organizar as informações, os resultados e os momentos de tomada de decisão de modo que o conhecimento

sobre o problema e suas respectivas soluções aumente a cada etapa. Os modelos de produtos gerados em cada uma das fases são por ordem: especificações do projeto, concepção do produto, leiaute definitivo e documentação.

#### **2.4.1 Projeto informacional**

No projeto informacional, parte-se de um problema que originou a necessidade do desenvolvimento de um novo produto e, por meio da execução sequencial de etapas, com apoio de diferentes ferramentas, define-se as especificações do produto (FONSECA, 2000).

A primeira etapa do projeto informacional é o levantamento das informações sobre o tema do projeto. Estas informações são obtidas via pesquisa bibliográfica e análise de sistemas e produtos similares. Outra forma de coleta de informações é a utilização de entrevistas junto aos clientes do produto, sobre os problemas e necessidades, os quais irão interferir no desenvolvimento do projeto, fundamentando-o e direcionando-o para possíveis produtos inovadores (REIS, 2003; OLDONI, 2012).

A segunda etapa do projeto informacional é a identificação das necessidades dos clientes. Esta identificação das necessidades dos clientes pode ser realizada com auxílio da bibliografia, análise de sistemas similares e entrevista aos clientes (REIS, 2003).

A utilização de entrevistas para a coleta de informações junto aos clientes proporciona ao entrevistador um maior conhecimento das necessidades destes, pois, o entrevistador tem a liberdade para ampliar cada situação em qualquer direção que considere adequada facilitando a obtenção da informação requerida, uma vez que, a entrevista é um encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto. Enquanto o questionário é um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador (MARCONI e LAKATOS, 2010).

Desta forma, pode-se elaborar um formulário para auxiliar o entrevistador durante o encontro com os clientes sendo as perguntas elaboradas conforme

proposto por Marconi e Lakatos (2010), o qual indica que as mesmas devem seguir uma progressão lógica para que o informante:

a) seja conduzido a responder pelo interesse despertado, sendo as perguntas atraentes e não controvertidas;

b) seja levado a responder, indo dos itens mais fáceis para os mais complexos;

c) não se defronte prematuramente e subitamente com informações pessoais – questões delicadas devem vir mais no fim;

d) seja levado gradativamente de um quadro de referência a outro – facilitando o entendimento e as respostas.

A terceira etapa do projeto informacional é o estabelecimento dos requisitos dos clientes, conforme Fonseca (2000), nesta etapa deve ser feita a conversão das necessidades dos clientes em requisito dos clientes, por meio da descrição de cada uma das necessidades com uma frase curta composta pelos verbos ser, ter e estar, seguidas de um ou mais substantivos. Caso esta frase seja composta por um verbo que não seja ser, ter ou estar mais um substantivo, este requisito possivelmente se transformará em uma função do produto.

A quarta etapa do projeto informacional é o estabelecimento dos requisitos do projeto. Nesta etapa os requisitos dos clientes são associados às características mensuráveis do produto e desta associação surgem os requisitos do projeto. Segundo Ogliari (1999) em primeiro momento, deve-se estabelecer uma lista de atributos para cada um dos requisitos dos clientes, a fim de facilitar a compreensão e caracterização de cada requisito. Em segundo momento, Fonseca (2000) propõe que os requisitos dos clientes sejam confrontados com uma classificação abrangente dos atributos do produto.

Após esta etapa é possível a obtenção de uma lista ampla de requisitos do projeto, os quais devem ser verificados se apresentam propriedades consideradas desejáveis de projeto: validade, completeza, operacionalidade, não redundância concisão e praticabilidade (ROOZEMBURG e EEKELS, 1995).

De acordo com Reis e Forcellini (2006b), esta lista deve conter requisitos relacionados a todos os clientes envolvidos ao longo do ciclo de vida do produto, não apresentando requisitos com diferentes identificações, no entanto com mesma

finalidade, podendo ser mensurados através de grandezas físicas, gerando assim a possibilidade de avaliação.

A quinta etapa do projeto informacional é hierarquização dos requisitos do projeto. De posse dos requisitos do projeto parte-se para a hierarquização dos mesmos segundo o grau de importância. Para concretização da hierarquização, pode-se utilizar o Método do QFD (Quality Function Deployment – Desdobramento da Função Qualidade). O QFD é uma ferramenta que relaciona os requisitos dos clientes ponderados com a aplicação do diagrama de Mudge e os requisitos de projeto. Ao serem introduzidos no projeto estes se transformam em requisitos de qualidade, ou seja, requisitos que visam qualificar o projeto (REIS, 2003).

A primeira etapa para a hierarquização dos requisitos de projeto por meio da utilização do Método do QFD é a valoração dos requisitos dos clientes, isto é a classificação dos requisitos dos clientes em ordem de importância. Para tanto se pode utilizar o diagrama de Mudge.

Este diagrama nada mais é que uma matriz onde as colunas e as linhas são compostas pelos requisitos de clientes, formando uma matriz quadrada, onde se compara cada um dos requisitos das linhas com todos os requisitos das colunas, um a um, exceto os iguais (que formam a diagonal da matriz).

Para a utilização no QFD os valores dos requisitos dos clientes devem ser classificados em dez classes conforme importância no projeto, pois conforme Reis (2003) a utilização de escala com valores de um a dez, consegue-se obter um agrupamento mais uniforme dos requisitos dentro das classes ao se comparar com a utilização de escala de um a cinco, a qual é muito utilizada em trabalhos com emprego do Método do QFD.

Com o preenchimento da matriz da casa de qualidade, geram-se duas listas de hierarquização dos requisitos de projeto, uma sem considerar o relacionamento entre os requisitos do projeto (sem telhado) e outra considerando este relacionamento (com telhado). Para definir qual das duas listas deve ser utilizada Fonseca (2000) propõe uma sistemática:

a) dividir ambas as listas em três partes, o terço superior, o terço médio e o terço inferior (os mais importantes, os importantes e os menos importantes);

b) comparando-se os conjuntos de requisitos com seus similares nas duas listas de hierarquização, verifica-se se o trabalho tem consistência, ou seja, se os

requisitos do projeto mantêm-se praticamente os mesmos nos dois primeiros conjuntos (mais importantes e menos importantes);

c) neste caso pode-se adotar uma hierarquização final uma média das duas listas, ou decidir a mesma por consenso da equipe de projeto.

Após a hierarquização dos requisitos do projeto chegasse a sexta e última etapa do projeto informacional, nesta etapa é gerado o quadro de especificações de projeto. Fonseca (2000) recomenda que no quadro de especificações do projeto os requisitos do projeto classificados em ordem de importância, sejam associados a três informações:

- a) a meta a ser atingida pelo requisito expressa quantitativamente;
- b) forma de avaliação da meta estabelecida a fim de verificar o seu cumprimento;
- c) aspectos que devem ser evitados durante a implementação do requisito.

#### **2.4.2 Projeto conceitual**

A segunda fase do projeto de desenvolvimento do produto é o projeto conceitual, como resultado desta fase tem-se a concepção do produto.

O projeto conceitual é considerado uma das fases mais importantes no desenvolvimento de um projeto, pois as decisões tomadas nesta fase afetam diretamente as fases posteriores (FORCELLINI, 2003).

No modelo de projeto proposto por Pahl et al. (2005), o projeto conceitual é dividido em um conjunto de etapas que visam garantir a obtenção de uma concepção adequada do produto.

A primeira etapa é a verificação do escopo do problema, na qual se busca identificar os problemas essenciais do projeto de uma forma abstrata, com o intuito de dissolver ideias fixas e liberar ideias convencionais, incentivando o surgimento de inovações e soluções originais.

Segundo Pahl et al. (2005), na abstração, prescinde-se do individual e do casual e busca-se conhecer o geral e o principal. Essa generalização, que permite salientar o principal, leva ao ponto principal do problema. Se este tiver sido precisamente formulado, então a função global e as condicionantes principais, caracterizadoras da problemática, são identificáveis, sem, no entanto, fixar um tipo

particular de solução. Para a reformulação do problema, visando generalizar o mesmo, Pahl et al. (2005) recomendam as seguintes tarefas:

1° Tarefa: Omitir preferências pessoais.

2° Tarefa: Omitir requisito sem relação direta com a função e com as restrições essenciais.

3° Tarefa: Transformar informações (requisitos) quantitativas em qualitativas e reduzi-las ao essencial.

4° Tarefa: Generalizar os requisitos do passo anterior.

5° Tarefa: Formular o problema sem inclusão de solução.

A segunda etapa do projeto conceitual é o estabelecimento da estrutura funcional. Nesta etapa a formulação do problema é feita ainda de forma abstrata, estabelecendo a função global, parcial e elementar na busca por princípios de solução adequados para a resolução do problema principal (REIS, 2003; OLDONI, 2012).

Segundo Pahl et al. (2005), uma vez que tenha sido formulado o cerne do problema, é possível identificar uma função global que, baseada no fluxo de material, sinal e energia, possa com um diagrama de bloco, expressar as relações entre as entradas e as saídas do sistema independente de uma solução.

Após a determinação da função global, divide-se a mesma em subfunções chamadas de funções parciais, as quais apresentam menor grau de complexidade com relação à função global. Em segundo momento, atribui-se funções elementares a cada subfunção, sendo este o último nível de desdobramento da função global, para o qual existe pelo menos um princípio de solução capaz de atender a essa função (BACK et al., 2008).

A fim de aperfeiçoar uma estrutura funcional, Pahl et al. (2005) indicam diretrizes que possibilitam a variação e aprimoramento da mesma, por meio do estabelecimento de estruturas funcionais alternativas. As seguintes recomendações podem ser seguidas para estabelecimento de estruturas funcionais alternativas:

- Dividir ou combinar as subfunções.
- Mudar a disposição de subfunções individuais.
- Variar o tipo de ligação (série ou paralelo).
- Alterar as fronteiras do sistema.

Por fim, as estruturas funcionais devem ser as mais simples possíveis, pois assim conduzem normalmente a sistemas simples e economicamente viáveis (PAHL et al., 2005). Existindo a possibilidade de serem obtidas diversas estruturas funcionais alternativas, cada uma destas deve ser comparada com as especificações do projeto e, a partir desta comparação deve-se selecionar e otimizar a melhor estrutura.

Na terceira etapa do projeto conceitual que é a busca por princípios de solução é o momento em que passa-se do abstrato ao concreto, da função à forma. À cada uma das subfunções das estruturas funcionais escolhida na etapa anterior é atribuído um princípio de solução (OLDONI, 2012).

De acordo com Reis (2003) para busca por princípios de solução pode-se fazer uso de diversos métodos, divididos, por questões didáticas, em convencionais, intuitivos e discursivos.

Dos métodos convencionais destacam-se a os métodos da pesquisa bibliográfica e análise de sistemas existentes. Dos métodos intuitivos destaca-se o brainstorming. Segundo Back, et al. (2008) este método consiste em uma reunião com duração máxima de 50 minutos entre pessoas com conhecimentos diversificados, onde cada participante deve apontar soluções, para cada uma das funções elementares. As soluções devem ser anotadas e posteriormente desenhadas e adicionadas a matriz morfológica.

Esta por sua vez, é um método discursivo, que consiste em um quadro, no qual as linhas representam as funções elementares e as colunas os diferentes princípios de solução encontrados para cada uma das funções (BACK et al., 2008).

De posse da matriz morfológica passa-se para a quarta etapa do projeto conceitual que é a combinação princípios de solução. A combinação dos princípios de solução gera diferentes soluções promissoras, as quais necessitam ser avaliadas para que seja selecionada a opção mais adequada e minimizar o risco de eliminar uma solução promissora (REIS, 2003). Trata-se da quinta da etapa do projeto conceitual que é a seleção da concepção, para tanto pode-se utilizar técnicas de seleção.

De acordo com Forcellini (2003) e Reis (2003) pode-se utilizar quatro técnicas em sequência para reduzir a quantidade de concepções geradas, porém sem descartar as mais promissoras. A sequência é a seguinte: primeiro aplica-se o

juízo da viabilidade, segundo verifica-se a disponibilidade de tecnologia, terceiro aplica-se o exame passa/não passa e, a quarta técnica e a da matriz de avaliação.

No juízo da viabilidade, verifica-se com base na experiência dos membros da equipe, se cada uma das concepções de forma individual é: viável, condicionalmente viável ou não viável. As concepções enquadradas como condicionalmente viável e viável seguem adiante para a próxima técnica. Enquanto para as concepções não viáveis, são descritas as razões que levaram a esse juízo e são descartadas para a sequência do trabalho (FORCELLINI, 2003).

A segunda técnica da disponibilidade de tecnologia busca-se respostas para perguntas como: pode a tecnologia ser produzida por meio de processos conhecidos? Os parâmetros funcionais críticos podem ser identificados? A segurança e sensibilidade dos parâmetros operacionais são conhecidos? Os modelos de falha são conhecidos? A tecnologia é controlável por meio do ciclo de vida do produto? (FORCELLINI, 2003).

A terceira técnica é o exame passa/não-passa, no qual as concepções são confrontadas individualmente com as necessidades dos clientes. As necessidades são transformadas em questões e aplicadas a cada uma das concepções. As questões são respondidas com sim ou possivelmente (passa) ou não (não passa). A concepção que obteve mais respostas negativas que positivas é descartada, já a solução que ficar com poucas respostas negativas é considerada promissora, podendo ser modificada, porém não eliminada (REIS, 2003).

A quarta técnica é da matriz de avaliação, a qual permite comparar cada uma das concepções, relacionando o atendimento aos principais requisitos de clientes. A critério da equipe de projeto, se toma uma das concepções como referência e as demais concepções devem ser comparadas com a de referência quanto ao atendimento dos requisitos de clientes, atribuindo-se valores. O somatório das pontuações em relação aos atendimentos aos requisitos de clientes, ainda devem ser multiplicados pelos valores de referência, obtidos por meio da aplicação do diagrama de Mudge. As concepções que obtiverem maior pontuação ao final da matriz de avaliação serão as selecionadas para posterior evolução (FORCELLINI, 2003).

A última etapa do projeto conceitual é a evolução da concepção selecionada, nesta etapa procura-se aprimorar a representação dos mecanismos, por meio de dimensionamento prévio de mecanismos baseados em suposições simplificadoras, apresentação de desenhos em escala simplificados, buscando-se ainda acrescentar a concepção selecionada os princípios de solução considerados promissores das concepções descartadas na etapa anterior (OLDONI, 2012).

### **2.4.3 Projeto preliminar**

Segundo Pahl et al. (2005), essa é a fase do processo de projeto na qual, partindo da concepção, cria-se um produto de acordo com critérios técnicos e econômicos estabelecidos na fase de projeto informacional. Nesta fase do projeto a estrutura do produto é determinada de forma clara e completa, definindo-se os materiais, as dimensões principais e a configuração do produto.

A fase de anteprojeto (projeto preliminar) é bem complexa, devido a necessidade de execução de muitas atividades simultaneamente, na maioria das vezes repetidas, com um nível de informações elevado que causa influência em sistemas previamente definidos, gerando modificações nos mecanismos já configurados. Sendo assim nesta fase torna-se difícil determinar uma sequência na realização das etapas, todavia um procedimento preliminar pode ser indicado (PAHL et al., 2005).

Reis (2003) com base na metodologia proposta por Pahl et al. (2005) identificou três etapas para o desenvolvimento do projeto preliminar:

- Primeira etapa: elaborar leiautes preliminares e desenhos de forma.
- Segunda etapa: elaborar leiautes detalhados e desenhos de forma.
- Terceira etapa: finalizar as verificações.

Na primeira etapa são elaborados a partir da lista de requisitos, os requisitos determinantes da forma, que estão relacionados com: potência, vazão, dimensões das interfaces, direção de fluxo ou de movimento, resistência à corrosão, vida útil, material normatizado dentre outros (PAHL et al., 2005).

Neste momento, os desenhos serão reproduzidos em escala, verificando restrições de tamanho, forma e disposição. Além disso, se necessário realiza-se o dimensionamento prévio dos principais princípios de solução, devendo ser

mostrados itens como posições de eixos, limitação de montagem e restrições de instalação (REIS, 2003).

A Elaboração de leiautes preliminares e desenhos de forma é iniciada com a identificação dos portadores de efeito físico determinantes, que é realizada tomando-se como referência, os componentes que desempenham as funções principais do sistema técnico e que, determinam o arranjo da configuração global do produto (PAHL et al., 2005).

Após esta identificação, são desenvolvidos os leiautes preliminares e desenhos de forma destes portadores de efeito físico. Nesse momento, ocorre a definição provisória do volume e dimensões (PAHL et al., 2005).

Posteriormente parte-se para a confecção dos leiautes preliminares e desenhos de formas para os demais portadores de efeito físico, que ainda não foram examinados, por serem conhecidos, já estarem definidos, serem secundários ou pelo fato de até o momento, não serem determinantes da configuração (PAHL et al., 2005).

Na segunda etapa do projeto preliminar deve-se, segundo Reis (2003), elaborar leiautes detalhados e desenhos de forma. Em primeiro momento verifica-se a necessidade de incorporação de funções auxiliares aos desenhos gerados na primeira etapa. Caso seja necessário busca-se soluções para as funções auxiliares.

As soluções para as funções auxiliares devem ser incorporadas ao leiaute e aos desenhos de forma, de acordo com regras básicas: clareza, simplicidade e segurança. A fim de que seja atendida a função técnica, apresentando viabilidade econômica e segurança para as pessoas e o meio ambiente (PAHL et al., 2005).

Os leiautes gerais devem ser completados com o acréscimo de componentes padronizados às funções auxiliares e representado, em conjunto com todos os componentes ora detalhados, formando o leiaute do produto (PAHL et al., 2005).

O leiaute do produto deve ser avaliado sob critérios técnicos e econômicos, conforme processo de seleção e avaliação (matriz de avaliação) descrita Forcellini (2003).

Na terceira etapa do projeto preliminar finalizam-se as verificações, inicia-se com a eliminação dos pontos fracos, encontrados no processo de avaliação, necessitando otimizar e completar os desenhos de forma até então feitos. Nessa tarefa poderá ser necessária a repetição de atividades já realizadas ao longo do

projeto preliminar, como a busca por soluções para funções auxiliares, desenvolvimento de novos leiautes ou aproveitamento de soluções adotadas em variantes de leiaute não utilizadas (REIS, 2003).

A última tarefa do projeto preliminar consta da preparação da lista de partes preliminar e documentos iniciais para a produção, que vem a ser o leiaute definitivo do produto com a lista de peças especificadas (REIS, 2003).

#### **2.4.4 Projeto detalhado**

Para Pahl et al (2005), no projeto detalhado a disposição, a forma, as dimensões e as tolerâncias de todos os componentes devem ser finalmente especificadas e expressas pela documentação completa necessária à produção do produto projetado. Nessa fase são empregados uma série de normas e procedimentos padronizados, conforme as necessidades dos meios de fabricação.

Reis (2003) com base na metodologia proposta por Pahl et al. (2005) identificou três etapas para o desenvolvimento do projeto detalhado:

Na primeira etapa deve-se detalhar o leiaute definitivo do projeto. Para tanto efetuam-se os dimensionamentos finais e desenhos detalhados dos componentes individualizados (REIS, 2003).

Na segunda etapa integram-se informações técnicas, por meio da confecção dos desenhos de leiaute, de montagem e de partes, a fim de demonstrar de que forma os componentes são montados para formar os subsistemas e desses os sistemas, servindo de auxílio para a produção (REIS, 2003).

Na última etapa revisa-se o projeto, verificando se, o produto atende as especificações para a fabricação dos componentes, e as normas, principalmente aquelas que dizem respeito as estrutura organizacional da empresa (REIS, 2003).

O modelo de divisão de projeto de máquinas agrícolas mais utilizado é o de quatro fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Entretanto, de acordo com Rozenfeld et al. (2006) o projeto de desenvolvimento do produto pode apresentar as três fases finais agrupadas (conceitual, preliminar e detalhado), formando duas fases (conceitual e detalhado), que se inter-relacionam por meio de eventos cíclicos que por hora eram elaborados em fases separadas.

Esta metodologia, parte da fase informacional, a qual gera as especificações de projeto, posteriormente na fase conceitual define-se o leiaute detalhado da concepção e por fim, a fase de detalhamento, elabora-se a documentação de todos os componentes que fazem parte do produto. Nota-se, portanto que as atividades dessa fase do projeto não são realizadas de forma sequencial e, sim, de forma paralela.

Rozenfeld et al. (2006) define três tipos de ciclos que garantem o paralelismo entre as atividades na fase de projeto detalhado: ciclo de detalhamento, ciclo de aquisição e ciclo de otimização.

O ciclo de detalhamento ocorre quando se criam e detalham os sistemas, subsistemas e componentes (SSCs). Na primeira etapa desta atividade busca-se reutilizar SSCs existentes no mercado, caso de início isso seja possível aciona-se o ciclo de aquisição.

No ciclo de aquisição são analisados os custos para fabricação e comparados com os preços dos fornecedores. Se for vantajosa aquisição através de fornecedores, deve-se proceder a compra, caso a aquisição se torne mais onerosa que a fabricação ou, não for encontrado algo similar que possa ser utilizado no mercado, passa-se para a etapa de cálculo, definição de tolerâncias e desenho detalhado dos SSCs para que se obtenham os documentos necessários à sua fabricação (ROZENFELD et al., 2006).

Quando o detalhamento de um SSC estiver adiantado, aciona-se o ciclo de otimização, no qual primeiro avaliam-se a configuração e documentação do SSC, partindo-se para otimização através de construção e teste de protótipo. Portanto é possível identificar que os ciclos de aquisição e otimização estão integrados com o ciclo de detalhamento (ROZENFELD et al., 2006).

#### **2.4.5 Protótipo**

A construção do protótipo pode ser elaborada primeiramente na fase de projeto conceitual, após a busca por princípios de solução, e na fase de projeto preliminar, a qualquer momento que se desejar adquirir conhecimento a respeito do funcionamento dos princípios de solução, facilitar a transmissão de aspectos da

ideia e verificar a integração dos diversos SSCs (ULRICH e EPPINGER, 1995; PAHL et al., 2005).

Segundo Reis (2003), com a construção de protótipos pode-se acelerar o processo de desenvolvimento de produtos, contudo, existe a possibilidade de desperdício de tempo e serviço, caso sua finalidade e execução não sejam planejadas.

De acordo com Ulrich e Eppinger (1995), um protótipo pode ser classificado como: físico ou analítico e compreensivo ou focado.

O protótipo físico possui componentes tangíveis, criados para se aproximarem das características do produto. Ao contrário do protótipo analítico, que representa o produto de forma não tangível, muitas vezes matematicamente (ULRICH e EPPINGER, 1995).

O protótipo compreensivo é aquele que representa todas as características do produto, enquanto o protótipo focado representa apenas um, ou poucos atributos do produto (ULRICH e EPPINGER, 1995).

Sendo assim, Ulrich e Eppinger (1995) sugerem quatro passos para o desenvolvimento de protótipo:

Passo 1: Definir a finalidade do protótipo.

Passo 2: Decidir se o protótipo será físico ou analítico, compreensivo ou focado, devendo optar, na medida do possível, pelo mais simples.

Passo 3: Delinear o experimento, identificando as variáveis experimentais, as normas de ensaio, as variáveis de resposta e um plano para a análise dos resultados.

Passo 4: Criar um cronograma de execução com a aquisição de partes e instrumentação, construção propriamente dita e teste.

### 3. Metodologia

A metodologia utilizada baseia-se nos modelos propostos por vários autores (FONSECA, 2000; REIS, 2003; PAHL et al., 2005; ROZENFELD et al., 2006; BACK, et al., 2008; TEIXEIRA, 2008; ODoni 2012) porém necessitou-se adapta-la ao projeto de acordo com as necessidades que surgiram durante o desenvolvimento, pois cada projeto tem o seu problema característico.

#### 3.1 Projeto informacional

Com o intuito de projetar um novo produto para solucionar um problema específico, fez-se necessário a elaboração do fluxograma da figura 16.

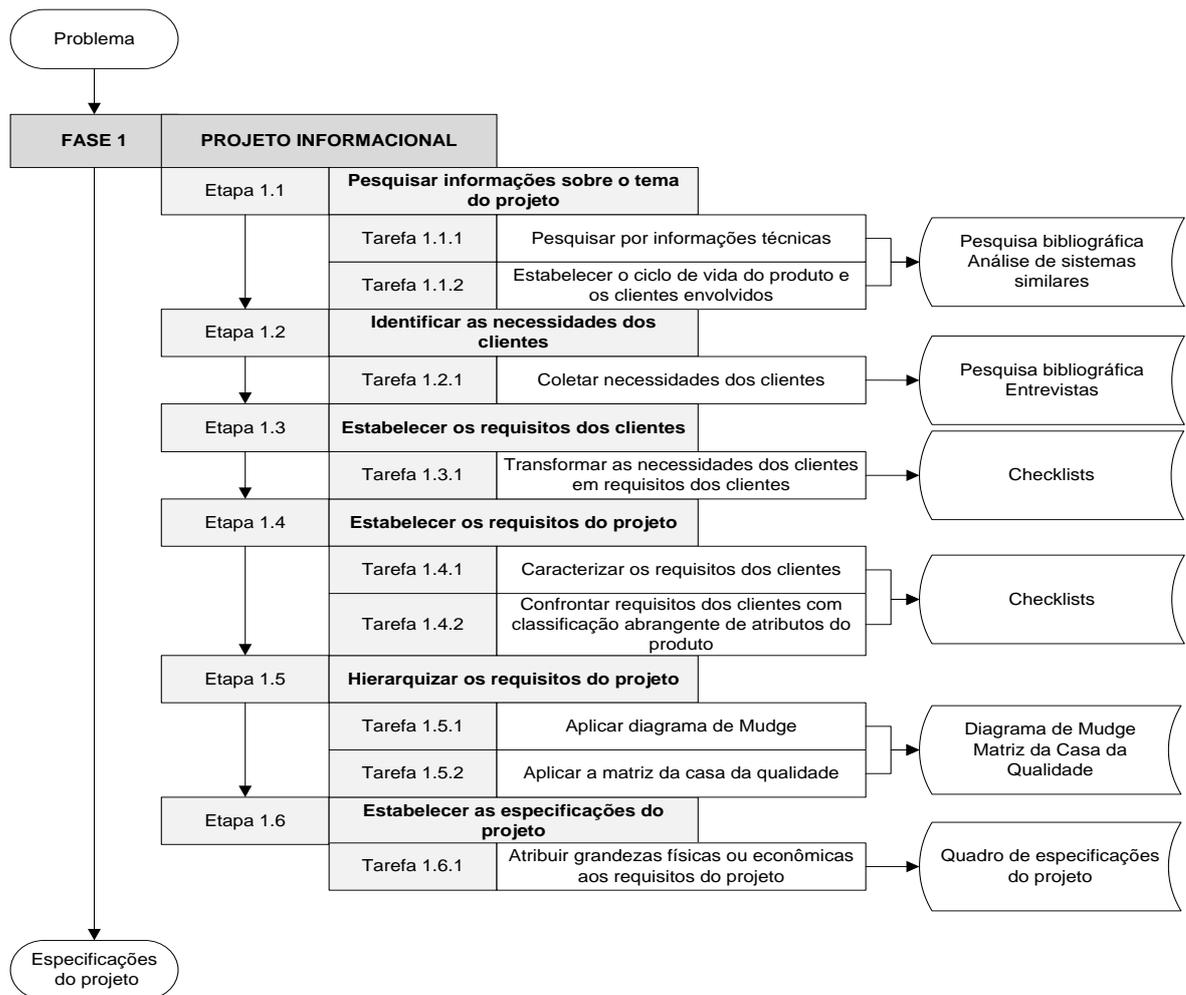


Figura 16 - Etapas do projeto informacional.  
Fonte: Adaptado de Oldoni (2012).

### 3.1.1 Pesquisar informações sobre o tema do projeto

Nesta fase do projeto as informações técnicas foram obtidas por meio de pesquisas e análises de produtos fabricados e/ou patenteados por diferentes pesquisadores.

Para a definição do ciclo de vida do produto, primeiramente foram caracterizadas as etapas do projeto e os clientes envolvidos no projeto ao longo do ciclo de vida do produto conforme proposto por Fonseca (2000). Por se tratar de um equipamento agrícola elaborado com subsistemas e componentes mecânicos, foi possível fazer uma analogia com o ciclo de vida de outros produtos agrícolas.

### 3.1.2 Identificar as necessidades dos clientes do projeto

A identificação das necessidades dos clientes foi realizada com auxílio da bibliografia, análise de sistemas similares e entrevista aos clientes externos.

Para as entrevistas foi elaborado um formulário para auxiliar o entrevistador durante o encontro com os clientes externos. As perguntas foram elaboradas conforme proposto por Marconi e Lakatos (2010).

O número de amostras para coleta de dados foi estimado através da equação 1 Gil (1999).

$$n = \frac{N \cdot p \cdot q \cdot (Z_{\alpha/2})^2}{p \cdot q \cdot (Z_{\alpha/2})^2 + (N-1) \cdot E^2} \quad (1)$$

Onde:

n = tamanho da amostra;

p = porcentagem com a qual o fenômeno se verifica, estimado;

q = porcentagem complementar (100-p);

N = tamanho da população;

E<sup>2</sup> = erro máximo permitido;

Z<sub>α/2</sub> = intervalo de confiança escolhido, expresso em número de desvios.

As entrevistas foram aplicadas a um grupo de produtores colaboradores da Cooperativa Sul-Ecológica, a qual possui 250 cooperados (N= 250). Sendo que, o universo desta população é totalmente formado por produtores orgânicos (p= 100), considera-se 100% dos casos estudados, não existindo porcentagem complementar.

Considerando um intervalo de confiança de 98% ( $Z_{\alpha/2} = 2,32$ ) e erro de 5% ( $E = 5$ ), obteve-se amostragem mínima de 20 produtores.

### **3.1.3 Estabelecer os requisitos dos clientes**

Após identificar as necessidades dos clientes na etapa anterior, iniciou-se o processo de transformação dessas necessidades em requisitos dos clientes, por meio da conversão das necessidades descritas em linguagem “coloquial” do cliente em uma linguagem de engenharia, mais compacta e apropriada ao entendimento geral da equipe de desenvolvimento do produto. Essa conversão foi feita conforme recomendado por Fonseca (2000).

### **3.1.4 Estabelecer os requisitos do projeto**

Para estabelecer os requisitos do projeto, num primeiro momento, foram atribuídas características desejáveis (atributos) a cada requisito dos clientes conforme proposto por Ogliari (1999).

Em segundo momento, os requisitos dos clientes foram confrontados com a classificação abrangente dos atributos do produto proposta por Fonseca (2000) e, posteriormente analisados conforme o proposto por Roozemburg e Eekels (1995), quanto à validade, completude, operacionalidade, não redundância, concisão e praticabilidade.

### **3.1.5 Hierarquizar os requisitos do projeto**

Para a hierarquização dos requisitos do projeto, foi utilizado o Método do QFD. Sendo antes necessária a aplicação do diagrama de Mudge para a valoração dos requisitos dos clientes.

Para a utilização no QFD os valores dos requisitos dos clientes foram classificados em dez classes conforme recomendações de Reis (2003).

Para o preenchimento matriz da casa de qualidade foi utilizado o programa computacional QFD-SACPRO desenvolvido pelo Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos da Universidade Federal de Santa Catarina (NEDIP-UFSC), a

matriz foi preenchida conforme proposto por Reis (2003). As duas listas de hierarquização dos requisitos de projeto, uma sem considerar o relacionamento entre os requisitos do projeto (sem telhado) e outra considerando este relacionamento (com telhado) foram analisadas conforme proposto por Fonseca (2000), optando-se por somente uma delas para dar continuidade ao trabalho.

### **3.1.6 Estabelecer as especificações do projeto**

A tarefa principal nesta etapa foi aplicar o quadro de especificações de projeto conforme proposto por Fonseca (2000).

## **3.2 Projeto conceitual**

Com o intuito de orientar a execução das tarefas da fase de projeto conceitual foi necessário a confecção do fluxograma apresentado na figura 17.

### **3.2.1 Verificar o escopo do problema**

Nesta etapa buscou-se identificar os problemas essenciais do projeto, para tanto, foram realizadas as cinco tarefas recomendadas por Pahl et al. (2005) para a abstração orientada a partir da lista de especificações do produto.

### **3.2.2 Estabelecer a estrutura funcional**

A partir do problema principal estabelecido na etapa anterior, determinou-se a função global do produto e, dividiu-se a mesma em funções parciais e posteriormente em funções elementares conforme proposto por Pahl et al. (2005) e Back et al. (2008).

Após a geração das estruturas funcionais conforme Back et al. (2008) seria necessário selecionar a melhor alternativa, porém a equipe de projeto decidiu seguir a buscar por princípios de solução sem escolher uma única estrutura funcional. Pois se acredita que ao sair do campo abstrato, com a visualização da combinação dos princípios de solução e geração de no mínimo uma concepção para cada estrutura

funcional elaborada, minimiza-se um possível equívoco na escolha da concepção, acrescentando assim, maior credibilidade ao futuro protótipo.

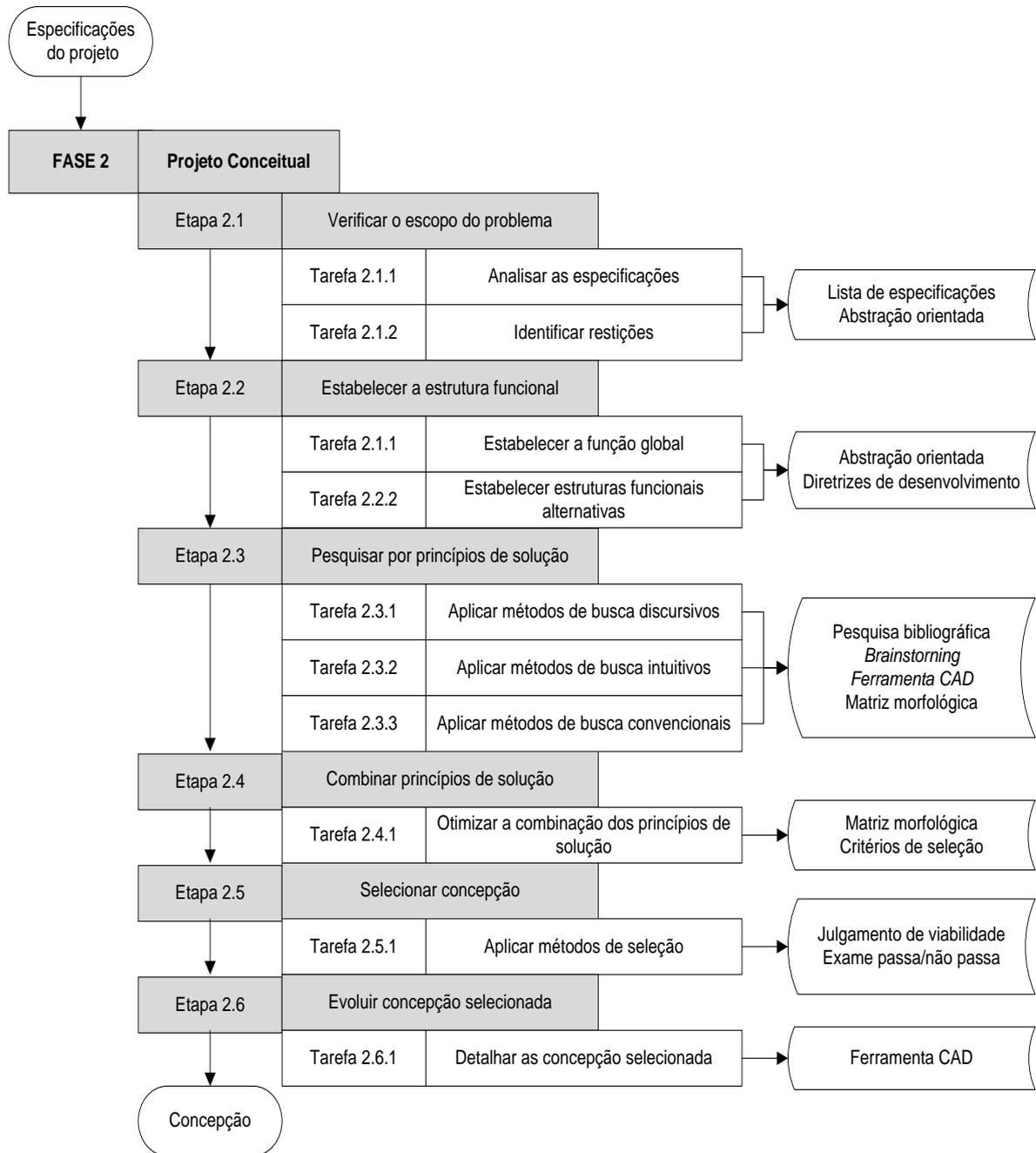


Figura 17 - Etapas do projeto conceitual.  
Fonte: Adaptado de Reis (2003).

### 3.2.3 Pesquisar por princípios de solução

Para realizar a busca por princípios de solução, foram utilizados, no presente trabalho, os métodos de: pesquisa bibliográfica, análise de sistemas técnicos existentes, brainstorming e método da matriz morfológica.

O brainstorming foi realizado em uma reunião a qual teve duração de aproximadamente 20 minutos. Participaram oito integrantes da equipe de projeto, entre eles estudantes de pós-graduação e de graduação. Neste encontro, foram anotadas as soluções consideradas mais promissoras, apresentadas por cada um dos participantes, para cada uma das funções elementares. As soluções foram anotadas e posteriormente desenhadas e adicionadas a matriz morfológica.

A pesquisa bibliográfica foi realizada durante todo o período de desenvolvimento do projeto sendo que, os sistemas técnicos existentes estão atrelados a revisão de literatura. Porém houve a necessidade de testar alguns princípios de solução, para a verificação da viabilidade e aplicabilidade na continuidade do projeto.

Para tanto, foi desenvolvida uma bancada de testes para avaliar o desempenho de mecanismos aplicadores de calor existentes no mercado. Para sua confecção utilizou-se um botijão de GLP, com capacidade de 13kg, válvula modelo 506/33 com pressão máxima 1500kPa, mangueira flexível com malha de aço externa, registro, manômetro com faixa de leitura de pressão máxima de 1585,7kPa e precisão 0,5%, mangueira com capacidade máxima de 2000kPa com diâmetro interno de 4,76mm, régua de 1m com escala em mm, termopar digital, equipado com ponteira de aço inoxidável e sensor tipo K (Cromel-Alumel), com precisão de 0,1°C e 3 bicos aplicadores de gás de aço esmaltado com manta asfáltica de vedação, conforme a figura 18. As especificações dos 3 bicos aplicadores de calor são descritas no APÊNDICE C.

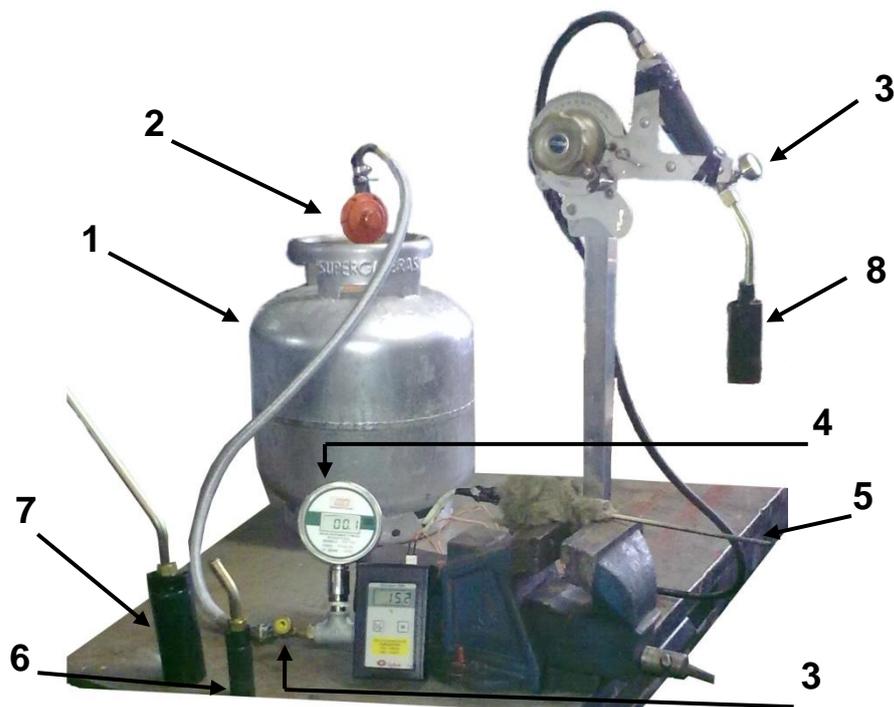


Figura 18 - Bancada de testes.

Onde: 1) botijão GLP 13 kg; 2) válvula; 3) registro; 4) manômetro; 5) termopar; 6) bico aplicador N°3; 7) bico aplicador N°4; 8) bico aplicador N°5.

Os primeiros experimentos foram realizados com o objetivo de quantificar a temperatura das chamas geradas pelos bicos aplicadores de calor em diferentes pressões (49,0; 65,5 e 126,9kPa) e alturas de aplicação (0,1; 0,2; 0,3 e 0,4m). Mensurou-se a temperatura máxima das chamas geradas após sua estabilização, ou seja, deixou-se o termopar aquecer e, posteriormente foram realizadas 14 leituras de temperatura, uma a cada 10 segundos.

Em segundo momento foi analisada a variação da área da chama de cada bico, a qual foi quantificada por meio da análise de imagens, para tanto, foi utilizada uma câmera fotográfica digital marca Sony modelo Cyber-shot (7,2 Mpixel de resolução). As fotografias foram tiradas a uma mesma distância dos bicos aplicadores tendo-se então, parâmetros de medida e cotas de origem para que as imagens fossem analisadas por meio de desenhos realizados em programa de CAD (computer aided design).

### 3.2.4 Combinar princípios de solução

Após a obtenção dos princípios de solução estes foram combinados de acordo com as funções ou subfunções da estrutura funcional, de forma a atender a

função global do sistema. Isto foi possível com o emprego da matriz morfológica, na qual, cada uma das linhas apresenta diferentes princípios de solução para uma função ou subfunção.

Os princípios de solução foram combinados a fim de gerar ao menos uma concepção para cada estrutura funcional.

### **3.2.5 Selecionar concepções**

Para a seleção da concepção mais promissora a equipe de projeto se reuniu e aplicou duas técnicas de seleção sucessivamente: julgamento da viabilidade e exame passa/não-passa.

A concepção que obteve mais respostas negativas que positivas foi descartada, já a solução que ficou com poucas respostas negativas foi considerada promissora, podendo ser modificada, porém não eliminada.

### **3.2.6 Evoluir concepção selecionada**

Nesta etapa foi representada uma concepção a qual, reuniu as características positivas das concepções selecionadas na etapa anterior, sendo ainda, acrescentados os princípios de solução considerados promissores das concepções descartadas na etapa anterior, levando-se em consideração as observações realizadas pelos membros da equipe.

## **3.3 Projeto preliminar**

A metodologia utilizada foi baseada em Pahl et al. (2005) e Rozenfeld et al. (2006) e adaptada ao projeto de acordo com as necessidades que surgiram durante seu desenvolvimento. A figura 19 apresenta as tarefas executadas no projeto preliminar.

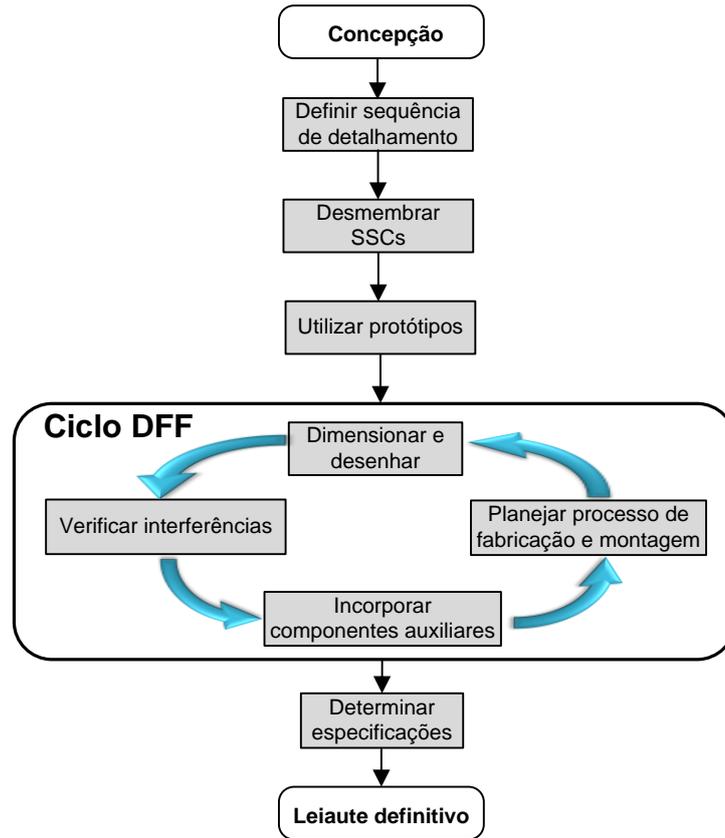


Figura 19 - Etapas do projeto preliminar.  
 Fonte: Adaptado de Pahl et al. (2005) e Rozenfeld et al. (2006).

### 3.3.1 Definição da sequência de detalhamento

Na primeira tarefa do projeto preliminar foi definida a sequência de detalhamento dos componentes. Os componentes considerados determinantes da forma foram, hierarquizados conforme nível de importância em relação à função global do sistema. Para tanto foi utilizada a estrutura funcional parcial da concepção selecionada na fase de projeto conceitual.

### 3.3.2 Desmembramento dos SSCs

Como segunda tarefa do projeto preliminar os sistemas foram desmembrados para que pudessem ser identificados seus subsistemas e componentes. Para tanto, foi criada uma lista com os sistemas, subsistemas e principais componentes, ora hierarquizados.

Foram identificados os principais parâmetros a serem analisados para a determinação de cada um dos sistemas. Estes parâmetros orientaram a equipe de

projeto, quanto à necessidade de utilização de protótipos, para examinar mais profundamente características dimensionais e funcionais de alguns componentes.

### **3.3.3 Utilização de protótipos**

Para a construção dos protótipos buscou-se utilizar equipamentos e materiais que se encontravam disponíveis nas dependências do NIMEq (Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícola), sendo comprados somente equipamentos e materiais que comprometessem a função do sistema a ser analisado em cada protótipo.

Em primeiro momento, foram analisados os componentes que necessitavam ser adquiridos, os quais foram especificados e comprados.

Em segundo momento estes componentes foram desenhados em escala com auxílio de programa CAD, sendo incluídos os demais elementos e peças de máquinas e equipamentos agrícolas, já em desuso no NIMEq, e que, poderiam ser utilizados para a construção do protótipo.

Em terceiro momento, com auxílio do desenho em CAD, os protótipos foram construídos por meio da utilização de processos de fabricação usuais, tais como, conformação mecânica, usinagem e soldagem.

A construção do primeiro protótipo, classificado de acordo com Ulrich e Eppinger (1995) como físico e focado, teve como intuito, analisar o comportamento das chamas geradas pelo bico aplicador de calor, ao ser instalado junto à câmara de aplicação de calor.

Para tanto a equipe de projeto elaborou as seguintes perguntas para às quais se buscou respostas, com a construção e teste do protótipo:

- Qual a influência do vento na manutenção das chamas?
- Qual a influência da altura das plantas na manutenção das chamas?
- É possível apagar as chamas com um artefato de borracha preso após a câmara de aplicação de calor?
- Quanto tempo após a aplicação de calor pode-se observar os primeiros resultados?
- Qual a largura real de abrangência das chamas para o queimador selecionado?

- Qual a melhor altura e ângulo de aplicação para o queimador selecionado?
- A partir de que pressão o gás congela dentro do botijão?
- Qual velocidade de aplicação pode ser utilizada?

As informações geradas após a construção e utilização do primeiro protótipo, geraram outros questionamentos. Como já haviam sido comprados alguns componentes e existiam mais elementos e peças de máquinas e equipamentos agrícolas, disponíveis para utilização, optou-se pela construção de um novo, e mais amplo protótipo, para que pudesse ser analisada a utilização de:

- Dois queimadores por linha;
- Velas gerando faísca constantemente;
- Sistema pantográfico para manutenção da altura de aplicação;
- Mais de uma linha de aplicação;
- Diferentes pressões e velocidades para a aplicação de calor.

Após a construção do segundo protótipo foram realizados experimentos, os quais foram conduzidos em área pertencente a Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, localizada no município de Pelotas, RS. A localização geográfica aproximada é 31°37'S, 52°31'W e altitude de 181m.

Para realização dos experimentos foi utilizada uma área de aproximadamente 1600m<sup>2</sup> a qual foi preparada (arada e gradeada) 20 dias antes da realização do experimento.

A área foi dividida em 4 blocos os quais foram compostos por 18 parcelas. Cada bloco representou uma das quatro repetições do fatorial 3x3x2x4, sendo os três fatores experimentais foram: pressão de gás (98kPa, 196kPa e 245kPa), velocidade de deslocamento (0,56m.s<sup>-1</sup>, 0,78m.s<sup>-1</sup> e 1,17m.s<sup>-1</sup>) e interferência da passagem do pneu sobre as plantas (com passagem e sem passagem) totalizando portanto 64 parcelas subdivididas em quatro blocos, caracterizando um delineamento experimental de blocos casualizados.

Cada parcela possuiu 2m de largura por 15m de comprimento, sendo utilizado para manobra e estabilização da velocidade de deslocamento 5m antes e 5m após cada parcela no sentido longitudinal. Para coleta de dados, utilizaram-se duas faixas

de 0,4 x 0,4m, uma no rastro deixado pela passagem do pneu traseiro do trator e outra na parte central da bitola.

Para a realização do experimento utilizou-se um trator John Deere, modelo 5303 com potência de 42kW, a ele acoplou-se o protótipo com 4 linhas de aplicação de calor. Em cada linha foi fixado dois bicos aplicadores de calor, fixados a uma altura de 0,3m e ângulo de 30° em relação ao solo, os quais foram mantidos constantes durante os ensaios.

Para mensurar a quantidade de plantas espontâneas dessecadas, foram obtidas fotografias, logo após o controle térmico (0 DACT) e a 3 e 7 dias após o controle térmico (3 DACT, 7 DACT), para posterior análise.

As imagens foram geradas com auxílio de uma máquina fotográfica digital marca Sony modelo Cyber-shot (7,2 Mpixel de resolução), a qual foi conectada a um tripé possibilitando a geração de imagens, a uma altura constante em relação às plantas. A área de abrangência destas imagens foi delimitada, por um quadrado confeccionado de madeira com dimensões 0,4 x 0,4m.

Para análise destas imagens utilizou-se o programa Spring 5.2, disponível pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais). Para a delimitação da área em estudo, as imagens foram recortadas. As imagens originais coloridas foram, então, separadas nos canais que as compõem. Assim, cada imagem original gerou três imagens em nível de cinza, chamadas de canais vermelho, verde e azul. No entanto, utilizou-se somente os canais vermelho e verde, em função do comportamento espectral dos alvos presentes nas imagens (vegetação verde, vegetação seca e solo) na porção visível do espectro eletromagnético.

Conforme ilustra a figura 20, a vegetação verde (a), apresenta valores de reflectância mais altos em relação à vegetação seca (b) e o solo (c), na porção espectral correspondente ao verde (G). O contrário ocorre na porção do vermelho (R), na qual a vegetação seca apresenta valores de reflectância geralmente mais altos que a vegetação verde e o solo.

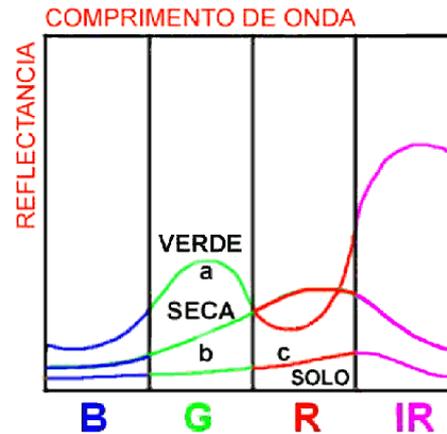


Figura 20 - Comportamento espectral da vegetação e do solo.

Partindo do pressuposto que o comportamento espectral dos alvos nas porções supracitadas do espectro eletromagnético está, em parte, representado pela variação de números digitais nas imagens obtidas, fez-se a uma operação algébrica de subtração entre os canais verde e vermelho, que gerou a quarta imagem (subtraída).

Após a subtração foi realizada uma análise visual entre a fotografia original e a imagem subtraída para definir um limite, acima do qual, os valores resultantes fossem representativos de vegetação verde. Com a definição deste limite foi obtida a quinta imagem (fatiada), que representa a vegetação verde, conforme figura 21.

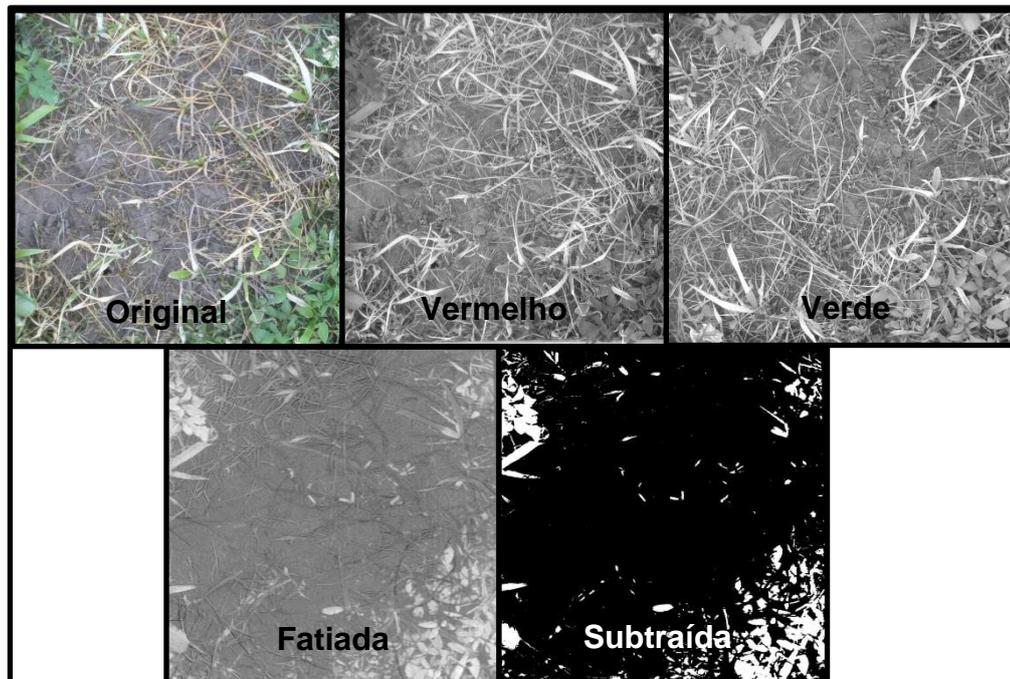


Figura 21 - Análise das imagens.

Para a determinação numérica da quantidade de plantas verdes, calculou-se a proporção de pixels representativos de vegetação verde em relação aos demais alvos. E para a determinação da taxa de controle comparou-se a proporção de pixels representativos da vegetação verde entre as imagens obtidas logo após a aplicação do controle térmico (0 DACT) e as obtidas 3 e 7 dias após o controle térmico (3 DACT e 7 DACT).

O consumo de gás, para cada uma das nove combinações entre pressão e velocidade de deslocamento, foi determinado em laboratório. Para tanto, utilizou-se uma balança com precisão 10 gramas. O consumo foi determinado em função da massa consumida, durante 3 minutos, estando o bico aplicador de calor regulado nas pressões pré-determinadas.

Os dados foram analisados com auxílio do programa estatístico Assistat 7.7 beta.

### **3.3.4 Ciclo DFF**

Após a utilização dos protótipos, se deu continuidade ao projeto preliminar, por meio da aplicação do Ciclo de Determinação da Forma Física (Ciclo DFF), cuja finalidade é de agrupar informações suficientes para possível construção dos SSCs.

O Ciclo DFF, abrange as tarefas de: dimensionar e desenhar, verificar interferências, incorporar funções auxiliares e planejar os processos de fabricação.

Na tarefa de dimensionar e desenhar, foram esboçados os SSCs, a partir da determinação dos principais parâmetros relacionados a cada sistema, ora identificados na etapa de desmembramento dos SSCs. Estes parâmetros foram determinados por meio da observação do funcionamento dos protótipos e/ou, por meio de dimensionamentos, conforme as especificações do projeto, geradas na última etapa do projeto informacional.

Os componentes foram dimensionados e desenhados em sequência, de acordo com o item 3.3.1 (Definição da sequência de detalhamento).

Ao desenhar cada um dos componentes, simultaneamente, foram verificadas possíveis interferências que ocorriam entre os componentes conexos ou auxiliares, uma vez que, a alteração na característica de um componente, poderia afetar os demais que, possuíam relacionamento direto.

Concomitante a etapa de dimensionamento e desenho dos SSCs, de acordo com a necessidade, foram incorporados componentes auxiliares. Os principais componentes auxiliares utilizados foram: parafusos, pinos, arruelas, porcas e buchas. Como características principais, além de, adaptarem-se aos SSCs já projetados, estes componentes, deveriam possuir materiais e processos de fabricação padronizados, ou seja, comumente encontrados no mercado, a fim de, atender aos critérios técnicos e econômicos.

Ao se desenhar os SSCs com auxílio de programa CAD foi possível determinar a forma com que cada componente seria conectado ao sistema, identificando-se desta forma o processo montagem. Ao mesmo tempo, o dimensionamento dos SSCs, definiu como seria a sua fabricação, uma vez que, nesta etapa, definiu-se a forma, dimensão e material a ser utilizado em cada componente.

Procurou-se utilizar processos de fabricação já consagrados no mercado (corte, dobra, usinagem, furação e soldagem). Caso isso não fosse possível, o ciclo DFF era reiniciado, para que os componentes fossem redesenhados e redimensionados, a fim de, modificar possíveis características, como por exemplo, forma, material e tamanho.

### **3.3.5 Determinar especificações**

A determinação das especificações do produto foi realizada por meio da confecção de um quadro, no qual foram descritas, as características dos componentes e materiais, valor unitário e valor total. Tendo-se desta forma, a possibilidade de calcular o custo total da máquina.

## **3.4 Projeto detalhado**

Esta fase do projeto contempla a tarefa de confecção de desenhos detalhados em vistas ortogonais cotadas e desenhos de conjunto.

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Projeto Informacional

#### 4.1.1 Pesquisa de informações sobre o tema do projeto

Esta fase do projeto foi contemplada na revisão de literatura onde se buscou informações técnicas através da análise de sistemas e produtos similares.

Os clientes envolvidos nas diversas fases do ciclo de vida do produto foram identificados conforme figura 22.

Fases do Ciclo de Vida	Clientes		
	Internos	Intermediários	Externos
<b>Projeto</b>	Equipe de projeto		
<b>Produção</b> (compras, fabricação, montagem e testes)	Equipe de projeto, serviços de terceiros, apoiadores (EMBRAPA)		
<b>Comercialização</b> (marketing, armazenagem, distribuição e vendas)		Equipe de <i>marketing</i> , venda e pós-venda	
<b>Uso</b> (operação, regulagem, manutenção e descarte)			Agricultores de produtos orgânicos

Figura 22 - Identificação dos clientes ao longo do ciclo de vida do produto.

Os clientes internos foram formados principalmente pela equipe de projeto, a qual foi composta por professores, doutorandos, mestrados e acadêmicos do NIMEq, totalizando 12 membros.

Todos os integrantes da equipe já haviam participado de trabalhos que utilizaram metodologia semelhante à aplicada neste projeto, além disso, a equipe de projeto reuniu integrantes com experiência nas áreas de máquinas agrícolas, tecnologia mecânica, engenharia e agricultura familiar.

Os clientes intermediários (equipe de marketing venda e pós-venda) não interferiram no desenvolvimento do trabalho, por se tratar de um produto que não está disponível no mercado brasileiro.

Os clientes externos foram representados por agricultores de produtos orgânicos integrantes da Cooperativa Sul-Ecológica.

#### 4.1.2 Identificação das necessidades dos clientes

As necessidades dos clientes internos e intermediários foram baseadas em diversas fontes, dissertações e teses de máquinas similares, artigos científicos e experimentos realizados com mecanismos aplicadores de calor. Enquanto para a identificação das necessidades dos clientes externos foram realizadas coletas de informações, por meio de entrevistas realizadas aos agricultores de produtos orgânicos.

Para tanto, foi elaborado um formulário de acordo com a metodologia proposta por Marconi e Lakatos (2010), este foi composto por dezessete questões, sendo três objetivas de simples escolha, cinco objetivas de múltipla escolha e nove questões abertas conforme APÊNDICE B.

Conforme Gill (1999) o número mínimo de entrevistados deveria ser de 20 agricultores, entretanto conseguiu-se entrevistar 23 produtores em reunião e feira organizadas pela Cooperativa Sul-Ecológica.

Por meio da análise das entrevistas constatou-se que os agricultores familiares orgânicos têm suas propriedades nos municípios de Pelotas, Canguçu, São Lourenço e Morro Redondo (Figura 23).

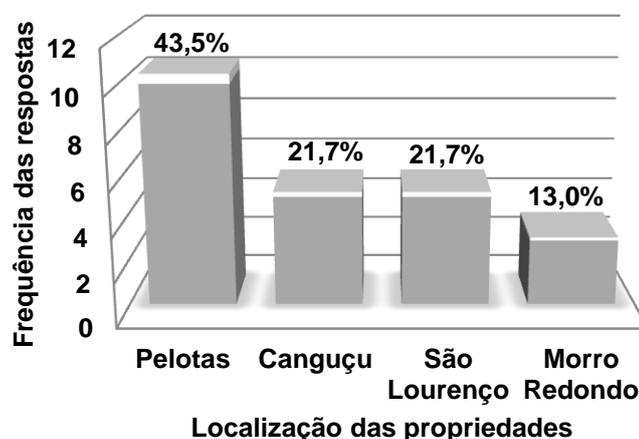


Figura 23 - Localização das propriedades.

As propriedades apresentam grande concentração de sua área total entre 10 e 20ha (47,9% dos entrevistados). Sendo que propriedades com área igual ou superior a 30 ha representam apenas 4,3% do total das propriedades (Figura 24). Já com relação à área da propriedade que é efetivamente utilizada para a agricultura orgânica esta se concentra entre 5 e 10ha (52,2% dos entrevistados), ou seja, os agricultores utilizam em torno de 50% da área total de suas propriedades para a produção de produtos orgânicos (Figuras 24 e 25).

Teixeira (2009) em estudo semelhante verificou que 69,6% dos entrevistados possuíam propriedade com área total de até 20ha e 65,2% dos agricultores ocupavam uma área de até 5ha para a produção de produtos sem utilização de agrotóxicos. Ao caracterizar um grupo de produtores que não utilizam agrotóxicos no sul do Rio Grando do Sul, Storch et al. (2004) descrevem que cerca de 21% das propriedades eram de área inferior a 10ha e 58% oscilaram entre 11 e 20ha. A produção sem utilização de agrotóxicos ocupava em média cerca de 30% da área total da propriedade. Por meio destes dados pode-se identificar a necessidade de se projetar uma máquina que proporcione ao usuário facilidade nas manobras, pois serão realizadas muitas manobras nas cabeceiras das lavouras, sendo este item muito importante para redução do esforço do operador e rendimento operacional.

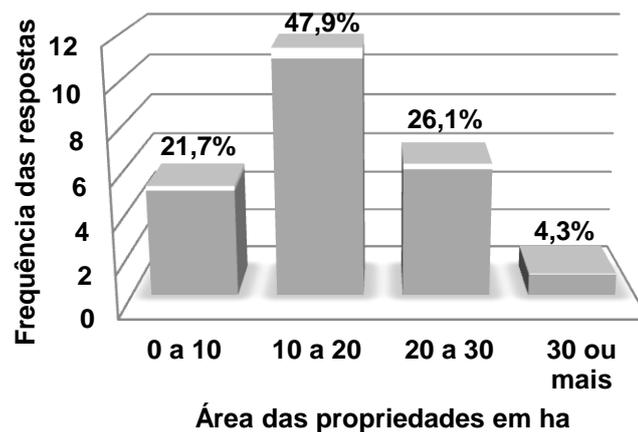


Figura 24 - Área total das propriedades orgânicas.

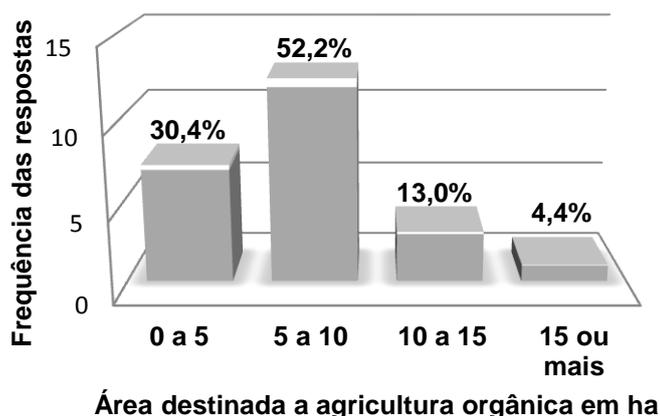


Figura 25 - Área destinada à agricultura orgânica.

O tipo de cultivo realizado na maioria das propriedades é o convencional, representando 88,0% (Figura 26), este resultado corrobora com os dados obtidos por Teixeira et al. (2009), os quais verificaram que o tipo de cultivo realizado nas propriedades agrícolas em que os produtores não utilizam agrotóxicos era o convencional, representando 82,6% do total. Estes autores salientam que a dificuldade de manejo para o controle das infestantes e da palhada, se caracterizam como entraves para a consolidação do sistema de plantio direto, pois neste sistema de plantio, a palha necessita ser dessecada com agroquímicos os quais não podem ser utilizados. Nota-se, desta forma, a necessidade de um equipamento que desseque as plantas espontâneas de forma eficaz, sem que ocorra a mobilização do solo e utilização de produtos químicos.

Uma alternativa ecologicamente correta seria a utilização de controle térmico. Porém este método requer cuidados com solo desprotegido, pois os organismos vivos presentes no mesmo podem ser mortos, embora Sniauka e Pocius (2008) relataram que o impacto das chamas aplicadas de forma instantânea sobre o solo é mínimo.

Outro cuidado a ser tomado é quando utilizado na presença de palha seca sobre a superfície, a qual pode gerar chamas, este fato, deixa evidente a necessidade de um mecanismo não provoque chamas ou que apague as possíveis chamas geradas.

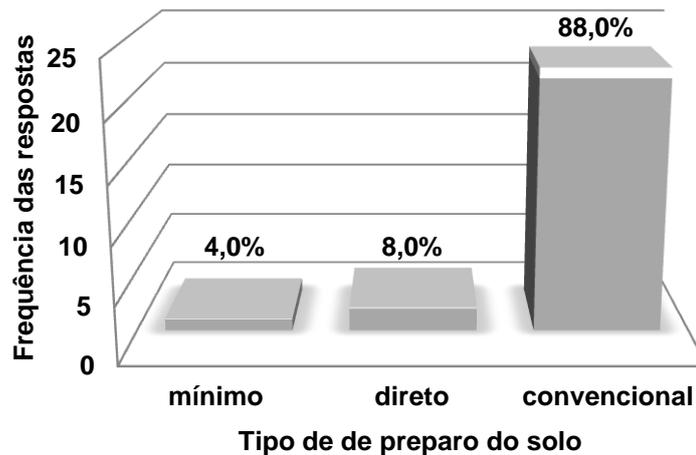


Figura 26 - Tipo de preparo do solo.

O tipo de solo foi caracterizado baseado na metodologia indicada por Teixeira et al. (2009), nela é utilizada a percepção do agricultor em relação ao ambiente onde se desenvolve a atividade agrícola (abordagem qualitativa). Sendo assim, o solo foi caracterizado de maneira simplificada de acordo com a textura (arenoso, argiloso), o relevo (de várzea, de morro e de coxilha) e segundo a presença de pedras na superfície. A maioria dos agricultores definiu o solo como arenoso (57,1%) e de coxilha (60,0%) conforme figura 27.

A maior parte dos agricultores (52,4%) responderam ainda que consideram os terrenos das respectivas propriedade pedregosos. Um terreno ondulado e com pedras dificulta o tráfego de máquinas e equipamentos agrícolas principalmente quando estes são destinados ao combate a plantas espontâneas, pois geralmente as operações realizadas se referem à aplicação de um produto sobre o alvo ou a intervenção direta do equipamento sobre o mesmo e, as irregularidades presentes na lavoura podem acarretar falhas na aplicação ou intervenção.

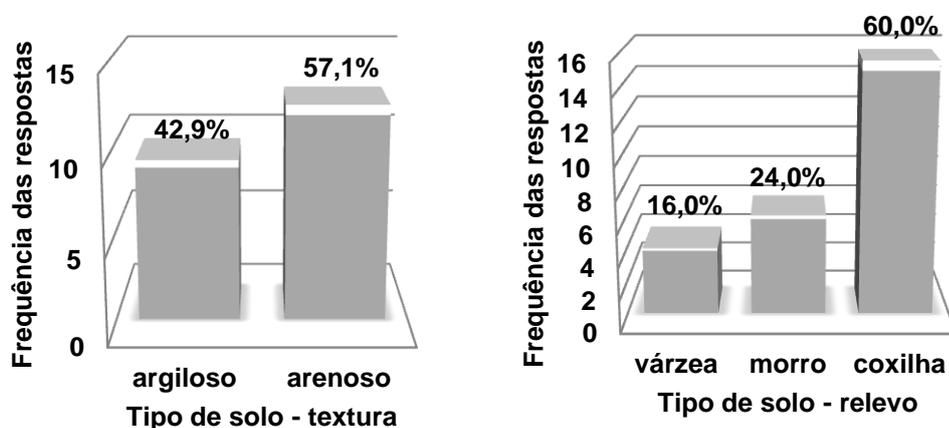


Figura 27 - Tipo de solo.

Na figura 28 verifica-se uma ampla variedade de produtos agrícolas cultivados de forma orgânica pelos produtores. Os entrevistados salientam que a grande variação da produção é essencial, afim de, economizar com a compra destes produtos em supermercados. A cultura que mais se destacou foi a do milho, produzida por 87% dos produtores, com área média utilizada para o cultivo de aproximadamente 2,5ha (Figura 29). Outras culturas que se destacam foram a do feijão, da batata, frutíferas e as hortaliças.

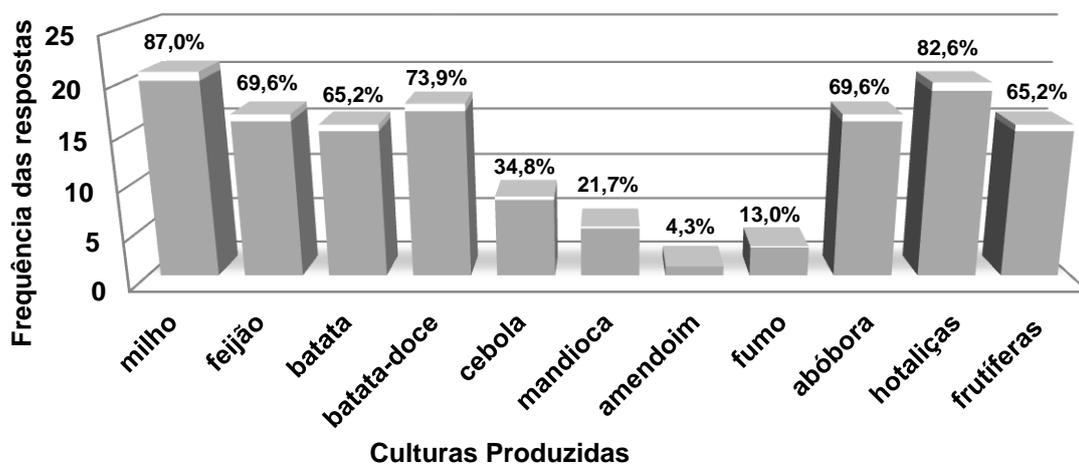


Figura 28 - Culturas produzidas nas propriedades.

Nota-se na figura 29 que a área utilizada para a produção de algumas culturas como a mandioca, o amendoim e a batata-doce é pequena, podendo-se considerar que o cultivo é destinado ao consumo da própria família. Pode-se inferir ainda que devido à grande variedade de produtos cultivados, estes produtores, para executarem o tratamento cultural sem a utilização de produtos químicos, necessitam de um equipamento que conte principalmente com possibilidade de variação do espaçamento entre linhas.

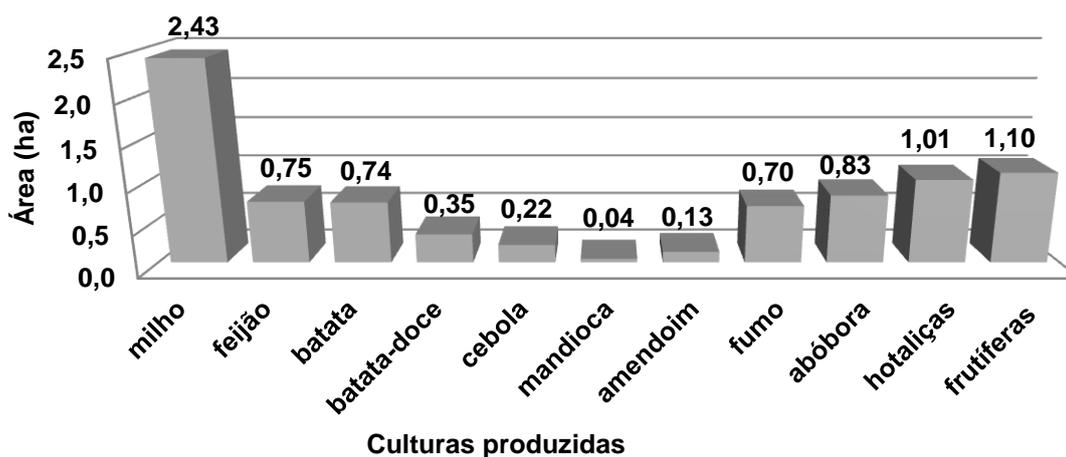


Figura 29 - Área produzida por cultura.

Quanto às plantas espontâneas presentes nas lavouras, os entrevistados responderam que várias espécies interferem na produção tanto de hortaliças quanto de culturas anuais, porém as plantas gramíneas milhã (*Digitaria sanguinalis*) e papuã (*Brachiaria plantaginea*) são as mais encontradas nas lavouras (Figura 30). Por se tratar de espécies monocotiledôneas (folhas estreitas), no manejo deve-se evitar a utilização de roçadoras, pois segundo Brighenti et al. (2007) a utilização de destes equipamentos possibilita a rebrota favorecendo o estabelecimento da população.

O manejo das mesmas é realizado quando se encontram em fase inicial de desenvolvimento. O controle das plantas espontâneas no cultivo de hortaliças é realizado de duas a quatro vezes dependendo do tipo de hortaliça produzida e grau de infestação dos canteiros. Nas culturas do milho e feijão este controle é realizado em média duas vezes por safra, até 60 dias após a emergência, momento em que as plantas cultivadas (milho e feijão) medem entre 30 e 40 centímetros de altura, já as plantas espontâneas no momento do controle medem entre 5 e 30 centímetros (Figura 31).

O período crítico de competição para a cultura do milho, em condições normais, em média vai dos 20 aos 60 dias após a emergência das plantas, que em número de folhas corresponde ao intervalo entre a terceira e décima segunda folha, pois esse é o momento em que se define o potencial de rendimento de grãos na lavoura, o período entre a emergência de plântulas e a diferenciação da espiga. A competição anterior aos 20 dias após a emergência e após os 60 dias de emergência é tolerável por não afetar o rendimento dos grãos do milho (VARGAS et

al., 2006). Enquanto o período crítico do de competição para a cultura do feijão, situa-se entre 15 e 30 dias após a emergência da cultura, depois deste período não há mais prejuízos diretos à produtividade (COBUCCI et al., 1999).

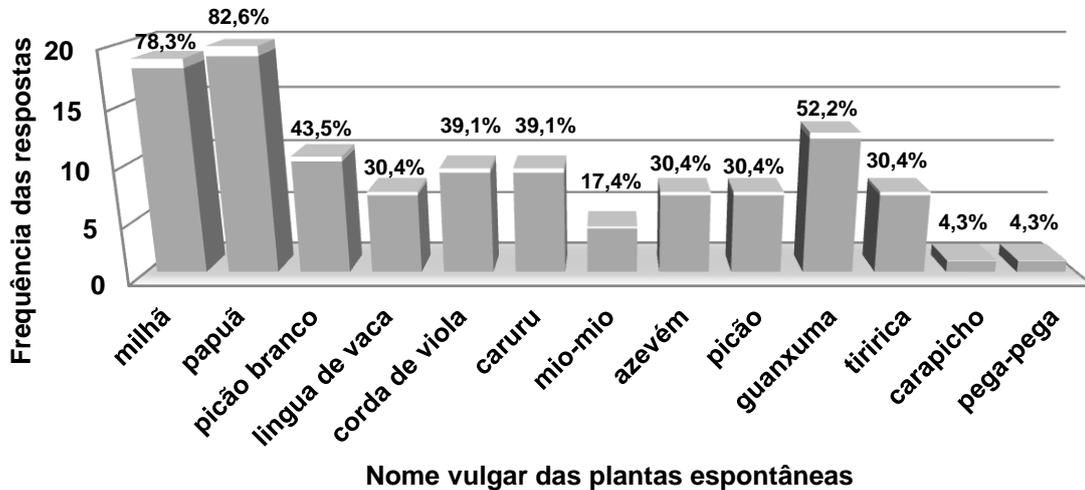


Figura 30 - Plantas espontâneas presentes nas lavouras.

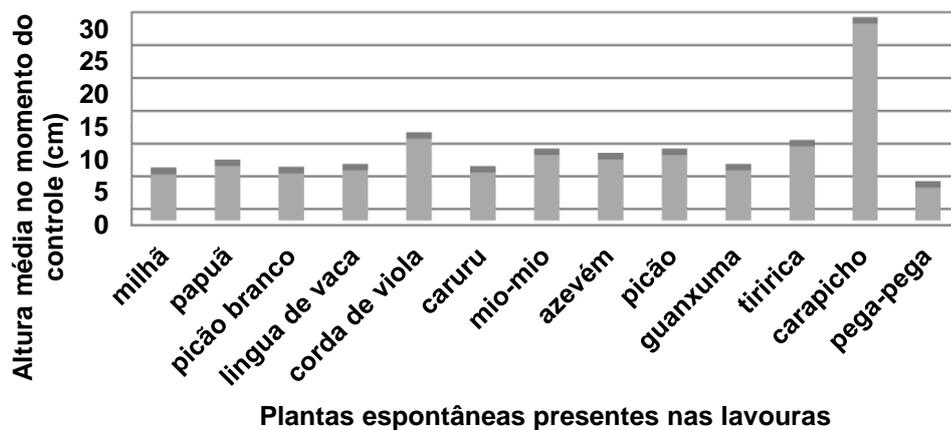


Figura 31 - Altura média das plantas espontâneas presentes nas lavouras no momento do combate.

Em relação ao controle das plantas espontâneas, os entrevistados declararam que utilizam mais de uma forma de ação, sendo a capina manual (95,7%) e o arranquio (43,5%) as duas técnicas mais utilizadas pelos agricultores entrevistados (Figura 32). Resultados que estão de acordo com Darolt e Skora Neto (2002) a capina manual, aliada a outras práticas de manejo, tem sido utilizada em sistemas de produção orgânica para substituir o uso de herbicidas, que não são admitidos neste sistema de produção.

Sabe-se que os métodos mecânicos de controle de plantas espontâneas quando comparados com os manuais (capina e arranquio) são mais eficientes no que diz respeito à agilidade e ergonomia por parte do operador no momento da intervenção. Porém os métodos mecânicos de controle de plantas espontâneas utilizados pelos agricultores entrevistados não são ideais, uma vez que, a utilização de grade causa mobilização do solo e a utilização de capinadoras ou roçadoras pode causar a rebrota das plantas espontâneas.

Brighenti e Brighenti (2009) citam as roçadoras e a descarga elétrica como alternativas para o manejo das plantas espontâneas nos sistemas de cultivo orgânico. Entretanto a utilização da roçadora, em situações de predominância de espécies daninhas monocotiledôneas (folhas estreitas) não é eficaz.

Enquanto a utilização de equipamento que gera tensões de 4.400 e 6.800 volts é eficaz, contudo o valor da aquisição é alto e demanda grandes cuidados na operação. A utilização de grades, arados, rolo-facas, capina e arranquio, são formas de controle das plantas espontâneas, no entanto nem uma delas possibilita a formação de palhada sem a mobilização do solo ou corte das plantas espontâneas favorecendo a rebrota.

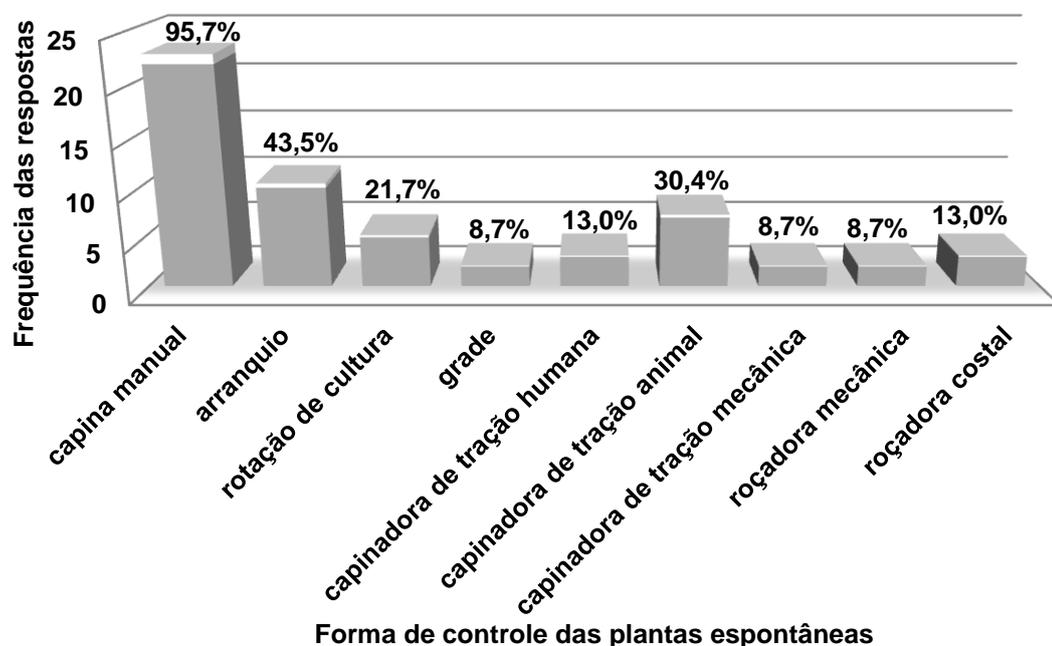


Figura 32 - Formas utilizadas para o controle das plantas espontâneas.

Uma alternativa ecologicamente correta para dessecar as plantas espontâneas seria a utilização de controle térmico, método que se utilizado de

maneira adequada causa a desestruturação celular das plantas tornando-as inativas, fazendo com que não consigam ter uma nova brotação (VIRBICKAITE et al., 2006). Pesquisas realizadas por Ulloa et al. (2012) demonstram que o controle térmico é um método eficiente e econômico. Wszelaki et al. (2007) relatam que o método de controle térmico além de dessecar as plantas espontâneas, proporcionou benefícios a cultura do tomate, diminuindo incidência de podridão nos frutos e controlando os insetos oriundos do solo.

Outro fator positivo na utilização do calor para controle de plantas espontâneas é o fato de que as plantas secas podem servir de palhada, possibilitando que os agricultores orgânicos utilizem o sistema de plantio direto, o qual proporciona um aumento da disponibilidade de água às plantas próximo à superfície e com menos energia de retenção, em comparação com o preparo convencional (DALMAGO et al., 2009).

O solo com cobertura vegetal proporciona também a manutenção da umidade, aumento da atividade microbiana e incorporação de matéria orgânica, além da diminuição da erosão do solo. Do mesmo modo, a adoção do sistema de plantio direto reduziria a quantidade de equipamentos e mão-de-obra necessária nas operações de preparo do solo.

Porém, ao se tratar de um equipamento que aplica calor, o aumento da temperatura deve ser restrito ao alvo, necessitando o equipamento apresentar, isolamento térmico e presença de pictogramas de segurança em todos os locais que possuem eminência de acidentes. Além disso, o equipamento necessita ser ergonômico e fácil de operar, sendo que, o campo de visão do operador deve abranger os pontos críticos dos sistemas possibilitando que o operador realize intervenções sobre o seu funcionamento a fim de evitar acidentes.

Quanto ao tipo de tração utilizada pelos agricultores, a maioria utiliza mais de uma forma de tração, sendo que 43,5% utilizam tração animal por meio de cavalos e 34,8% com bois. Fato que merece destaque é a porcentagem de fontes mecanizadas de energia, pois, 56,5% dos entrevistados utilizam o trator de quatro rodas com potência inferior a 55kW e 21,7% trator de duas rodas com potência de 9,6kW (Figura 33). Este fato pode estar ligado à facilidade de obtenção de financiamentos junto ao sistema bancário, com incentivos do governo através do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF.

Porém, estes tratores estão sendo pouco utilizados no controle das plantas espontâneas, fato que pode estar relacionado à lacuna existente no mercado de máquinas e implementos que façam este controle sem a utilização de agroquímicos, forçando os agricultores, mesmo os que possuem trator, a realizar o controle das plantas espontâneas através da capina manual ou arranquio. E quando utilizam tratores, os agricultores são obrigados a usar equipamentos que promovem o revolvimento do solo ou rebrota das plantas espontâneas devido a esta carência que o mercado de máquinas e equipamentos possui.

Desta forma percebe-se a necessidade dos clientes externos por equipamento que utilize baixa potência de acionamento sendo compatível com a faixa de potência dos tratores utilizados pelos agricultores entrevistados. Outro item relacionado à fonte de potência é a massa do equipamento a ser projetado, para que esta seja reduzida, os materiais utilizados na fabricação devem ser os mais leves possíveis, sem que haja comprometimento de suas funções possibilitando maior facilidade de transporte e tração.

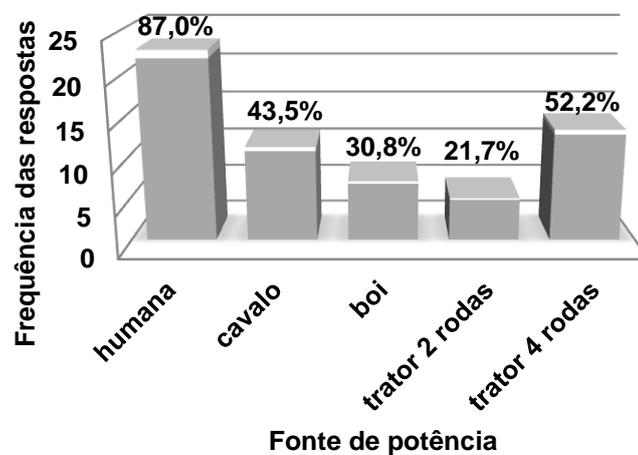


Figura 33 - Tipo de tração utilizada na propriedade.

Ao serem questionados com relação à parte financeira, notou-se que os entrevistados em sua maioria se sentiram retraídos com os questionamentos sendo que alguns não responderam aos questionamentos relacionados à renda e disponibilidade de renda para a aquisição de maquinário. Dos 23 entrevistados 20 responderam o valor que estaria disposto a pagar por uma máquina/implemento agrícola capaz de controlar as plantas espontâneas. Destes 35% estariam dispostos a pagar menos de R\$ 1.000,00, porém 25% pagariam até R\$ 2.000,00 e outros 25%

pagariam mais de R\$ 5.000,00 mesmo necessitando financiar este valor para adquirir a máquina (Figura 34).

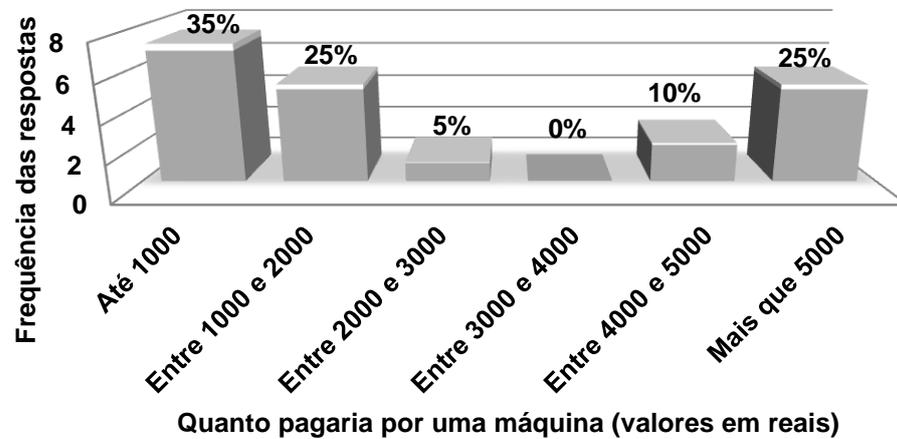


Figura 34 - Valor que o agricultor estaria disposto a pagar por uma máquina agrícola capaz de controlar as plantas espontâneas.

Esta variação nos valores que cada agricultor estaria disposto a investir em uma máquina vem ao encontro com a renda mensal bruta dos mesmos, pois 5% possuem renda inferior a R\$ 500,00, 29% entre R\$ 500,00 e R\$ 1.000,00, 28% entre R\$ 1.000,00 e R\$ 2.000,00, 14% entre R\$ 2.000,00 e R\$ 3.000,00, 19% entre R\$ 3.000,00 e R\$ 4.000,00, sendo que somente 5% possuem renda mensal bruta superior a R\$ 5.000,00 (Figura 35). Este fato elucida os valores expostos na figura 33 e comprova que os agricultores têm dificuldades para a expansão da produção e de realização de novos investimentos. De acordo com Esperancini et al. (2007) a baixa capacidade de investimento destes agricultores é um dos principais obstáculos à adoção de novas tecnologias.

Verifica-se, portanto a necessidade de projeto de uma máquina para o controle das plantas espontâneas de forma orgânica que apresente baixo consumo energético, que possua manutenção simples e barata e que tenha baixo custo de fabricação.

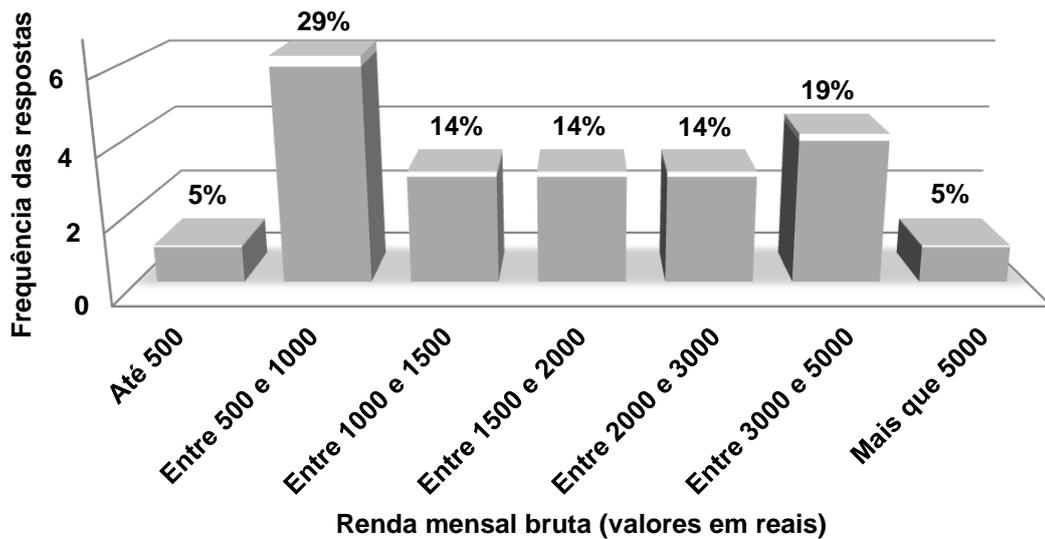


Figura 35 - Renda mensal bruta da propriedade.

Com o intuito de verificar a possibilidade de utilização de GLP no auxílio ao controle das plantas espontâneas, os entrevistados foram questionados quanto à forma de recarga do botijão de gás utilizado na preparação da comida. Todos os agricultores responderam que possuem fogão a gás e que utilizavam botijão com capacidade de 13kg, sendo que mais de 80% tem que se deslocar da propriedade até o ponto de venda de gás quando necessária recarga.

Conforme a figura 36, a distância da propriedade ao ponto de recarga é bastante variada, sendo que 22% das propriedades estão localizadas a mais de seis quilômetros do ponto de venda de gás mais próximo.

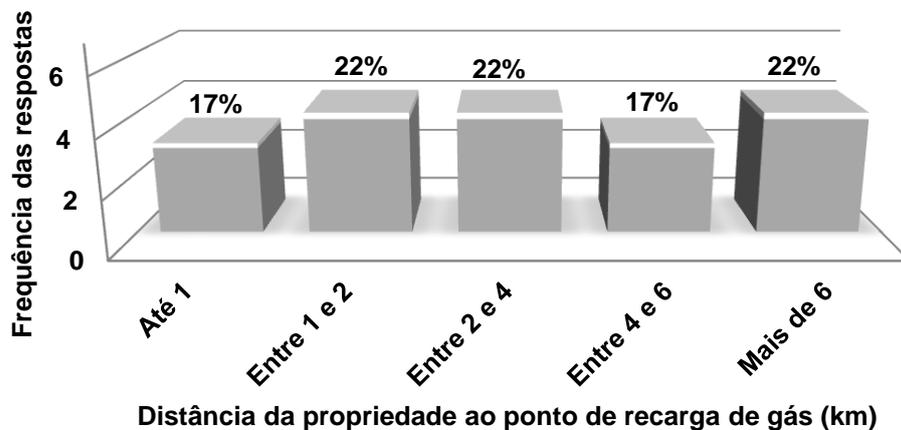


Figura 36 - Localização das propriedades em relação aos pontos de recarga de gás.

Por meio da análise das entrevistas pode-se concluir que os agricultores familiares (clientes externos) necessitam de uma máquina que elimine as plantas espontâneas de forma eficaz, segura e econômica, sem danificar a cultura implantada e o solo. Além disso, a máquina deve apresentar: regulagens simples; variação do espaçamento entre linhas; facilidade nas manobras; baixa potência de acionamento; facilidade de transporte; visão e controle dos sistemas; facilidade na operação; durabilidade e manutenção simples.

#### 4.1.3 Estabelecimento dos requisitos dos clientes

De posse das necessidades dos clientes foram estabelecidos conforme descrito na metodologia os requisitos dos clientes (Figura 37).

FASES DO CICLO DE VIDA		REQUISITOS DOS CLIENTES
Projeto		1. Ter projeto simples
Produção		2. Ter processo de fabricação simples 3. Ter peças padronizadas
Comercialização		4. Ter baixo custo 5. Ter acabamento
Uso	Regulagem	6. Ter regulagens simples 7. Ter espaçamento de aplicação variável
	Operação	8. Ser fácil de manobrar 9. Ter baixo peso 10. Ter baixa potência de acionamento 11. Ter altura de aplicação de calor uniforme 12. Ser eficaz na eliminação das plantas 13. Ser segura 14. Ter baixo consumo energético 15. Ser inofensiva a cultura implantada 16. Ser ergonômica 17. Ser fácil de transportar 18. Ter visibilidade dos sistemas 19. Ter controle dos sistemas 20. Ser fácil de operar 21. Ser inofensiva ao solo 22. Ser utilizável na presença de palha
	Manutenção	23. Ser de simples manutenção 24. Ser durável

Figura 37 - Requisitos dos clientes separados por fases do ciclo de vida do produto.

#### 4.1.4 Estabelecimento dos requisitos do projeto

Conforme metodologia proposta por Ogliari (1999), a seguir são apresentados os requisitos dos clientes e seus atributos.

1. Ter projeto simples: evitar formas complexas para resolução de problemas, utilizando-se de princípios de solução simples que possam ser facilmente projetados e fabricados;

2. Ter processo de fabricação simples: utilização de processos de fabricação consagrados e empregados em pequenas oficinas, requerendo um número reduzido de equipamentos, materiais e ferramentas para a fabricação;

3. Ter peças padronizadas: utilização de peças padronizadas por serem de fácil aquisição no mercado, diminui os custos de fabricação, manutenção e acarretam a diminuição do preço final do produto, facilitam a manutenção e montagem, bem como, aceitação do produto no mercado;

4. Ter baixo custo: em virtude da infrequente utilização de maquinários para o controle das plantas espontâneas e a situação econômica dos produtores orgânicos, justifica-se a demanda por um equipamento de baixo custo, que seja produzido com peças, serviços e processo de fabricação menos onerosos possíveis;

5. Ter acabamento: não apresentar cantos vivos, apresentado formas e cores agradáveis;

6. Ter regulagens simples: evitar maiores esforços para regulagens, possuir fácil acesso aos pontos de regulagens, utilização de cores e setas para indicar a forma e o momento das operações, para que as mesmas sejam realizadas quando necessárias e o mais rápido possível;

7. Ter espaçamento de aplicação variável: para que o equipamento possa ser utilizado no controle das plantas espontâneas em mais de um tipo de cultura poderão ser utilizados vários espaçamentos;

8. Ser fácil de manobrar: como a utilização do equipamento será em pequenas propriedades rurais, serão realizadas muitas manobras nas cabeceiras das lavouras, sendo então este item muito importante para redução do esforço do operador e rendimento operacional;

9. Ter baixo peso: para facilitar o transporte e utilização, para tanto, os materiais utilizados na fabricação devem ser os mais leves possíveis, sem que haja comprometimento de suas funções;

10. Ter baixa potência de acionamento: a força de tração requerida, bem como velocidade de operação, deverá ser compatível com a faixa de potência dos tratores utilizados pelos agricultores entrevistados;

11. Ter altura de aplicação de calor uniforme: a irregularidade e presença de pedras nas áreas destinadas a produção orgânica na região sul do Rio Grande do Sul faz com que, a aplicação do calor deva ser a uma altura uniforme com relação às plantas espontâneas para que não ocorram falhas na aplicação;

12. Ser eficaz na eliminação das plantas espontâneas: eliminar as plantas espontâneas com o menor número de intervenções;

13. Ser segura: por se tratar de um equipamento para aplicação de calor, o aumento da temperatura deve ser restrito ao local de aplicação de calor, apresentando isolamento térmico, partes móveis protegidas, presença de pictogramas de segurança em todos os locais que possuem eminência de acidentes;

14. Ter baixo consumo energético: apresentar baixo consumo energético, com o propósito de reduzir o custo da operação de controle das plantas espontâneas;

15. Ser inofensiva a cultura implantada: o calor aplicado não deve atingir as plantas da cultura implantada, evitando redução da produtividade;

16. Ser ergonômica: oferecer conforto e praticidade de operação e manutenção, através da redução de esforços na instalação e remoção de mecanismos, bem como na regulagem e controle dos sistemas durante a operação;

17. Ser fácil de transportar: facilidade na locomoção tanto do local de armazenagem até a lavoura;

18. Ter visibilidade dos sistemas: o operador necessita ter controle sobre os sistemas quando o equipamento estiver em funcionamento, para tanto, o campo de visão do operador deve abranger os pontos críticos dos sistemas;

19. Ter controle dos sistemas: permitir ao operador a realização de variações nas regulagens do equipamento (temperatura, vazão, pressão) durante o seu funcionamento, bem como, exercer intervenções sobre o seu funcionamento afim de evitar acidentes;

20. Ser fácil de operar: apresentar sistemas intuitivos, utilização de imagens com cores, setas e figuras para indicar a forma e o momento das operações;

21. Ser inofensiva ao solo: evitar o aquecimento demasiado do solo evitando a redução dos organismos vivos presentes no mesmo;

22. Ser utilizável na presença de palha: quando utilizado em sistema de plantio direto com a presença de palha seca sobre a superfície deve-se evitar o surgimento de chama;

23. Ser de simples manutenção: apresentar partes fáceis de montar e desmontar, sem a necessidade de um grande número de ferramentas nem de ferramentas especiais reduzindo o tempo e o custo da própria manutenção;

24. Ser durável: apresentar resistência mecanismos resistentes ao desgaste e corrosão, prolongando a vida útil.

Após a caracterização dos requisitos dos clientes, estes foram confrontados com uma classificação abrangente dos atributos do produto proposta por Fonseca (2000). Como resultados desta comparação foram obtidos 30 requisitos de projeto, estes requisitos foram analisados conforme o proposto por Roozemburg e Eekels (1995). Desta forma, foram identificados requisitos do projeto com características indesejáveis, razão pela qual foram desconsiderados, resultando em uma lista de 26 requisitos de projeto, os quais são apresentados dentro da classificação proposta por Fonseca (2000) na figura 38.

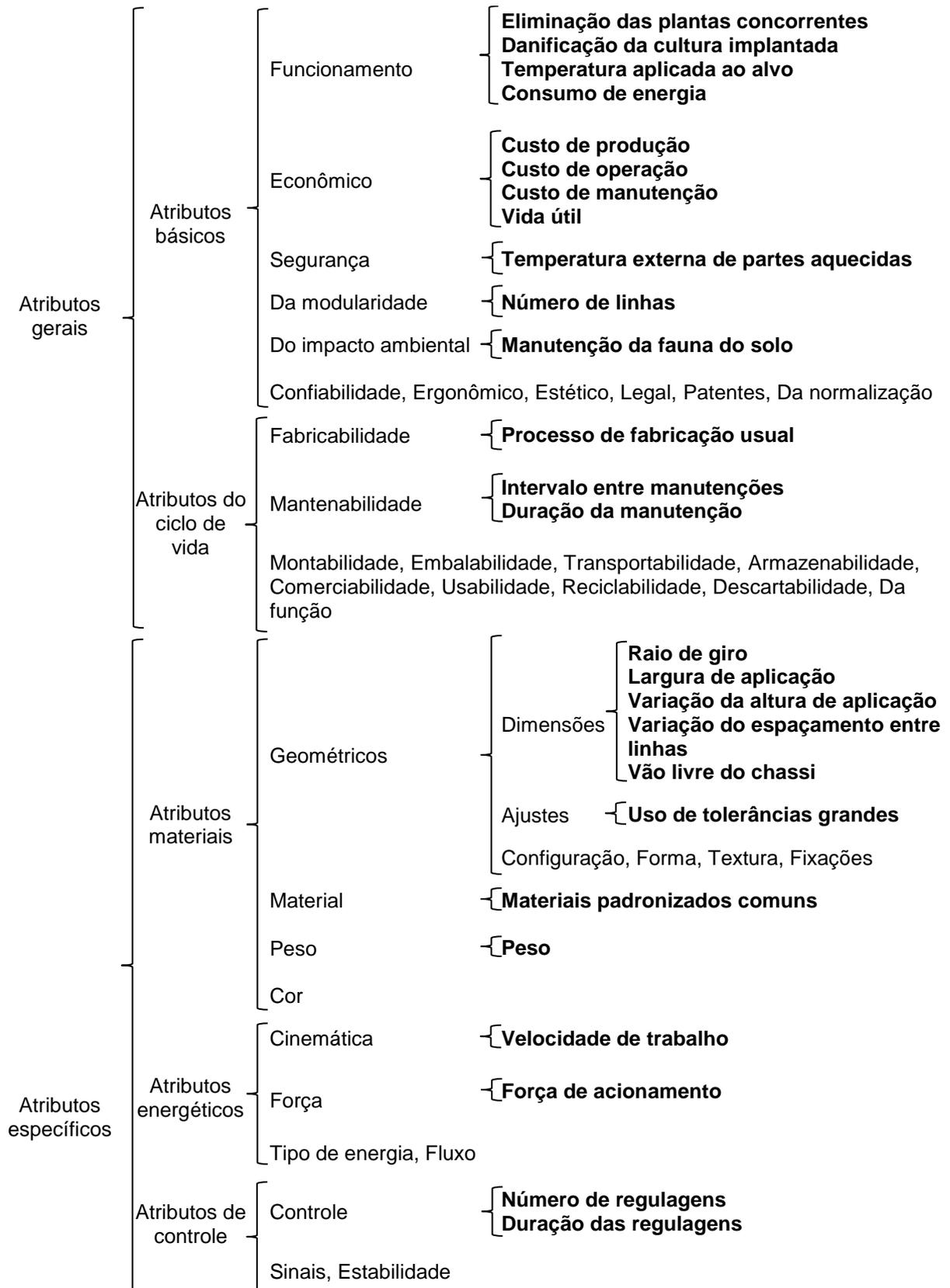


Figura 38 - Requisitos do projeto obtido segundo classificação proposta Fonseca (2000).

#### 4.1.5 Hierarquização dos requisitos do projeto

A primeira etapa para a hierarquização dos requisitos de projeto por meio da utilização do Método do QFD foi o preenchimento do diagrama de Mudge, o qual apresentou 300 interações. A figura 39 apresenta os oito requisitos dos clientes mais importantes, após aplicação do diagrama de Mudge: ser eficaz na eliminação de plantas espontâneas (10,47%), ser inofensiva a cultura implantada (10,47%), ter altura de aplicação de calor uniforme (7,29%), ser inofensiva ao solo (7,29%), ser baixo consumo energético (6,94%), ser segura (6,35%), ter controle dos sistemas (5,65%) e ser fácil de operar (5,65%).

Na figura 40 é apresentada a matriz da casa da qualidade, na qual pode-se observar o relacionamento entre os requisitos dos clientes e os requisitos de projeto, a correlação entre os requisitos de projeto e a hierarquização dos requisitos de projeto, uma classificação sem considerar a correlação entre os requisitos do projeto (sem telhado) e outra considerando este relacionamento (com telhado).

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	S	%	
1	2A	3A	4C	1B	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C	13C	14C	15C	16C	17C	18B	19C	20C	21A	22B	23B	24B	3	0,35	
	2	3A	4A	2B	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C	13B	14B	15B	16A	2A	18B	19C	20C	21A	22B	23C	2A	6	0,71	
		3	4A	3C	6B	3A	8A	9A	10B	11C	12C	13C	14A	15C	16A	3B	18B	19C	20A	21A	22A	23A	3B	14	1,65	
			4	4C	6B	4A	4A	4A	10A	11B	12C	13C	4A	15B	4A	4C	18A	19B	4A	21A	22A	4A	4B	25	2,94	
				5	6C	7B	8B	9B	10C	11C	12C	13A	14B	15C	16C	5A	18B	19C	20B	21B	22C	23C	24A	1	0,12	
					6	7C	6A	6B	10A	6A	12C	6A	14A	15B	16A	6B	6B	19A	6A	21A	22A	6B	6C	43	5,06	
						7	7A	7A	10B	11C	12C	13B	14B	15C	16A	17B	18B	19B	20A	21B	22C	23A	7B	23	2,71	
							8	8A	10B	11C	12C	13A	14B	15C	8A	8B	18A	19B	20B	21B	22A	8B	8B	25	2,94	
								9	10A	11B	12C	13A	14A	15C	16A	9A	18A	19B	20C	21C	22C	22B	9A	16	1,88	
									10	11C	12C	10A	14C	15C	10B	10C	18A	19A	20A	21C	22A	10A	10B	40	4,71	
										11	12C	13A	14B	15C	11C	11C	11A	19A	11A	21A	11A	11B	11C	62	7,29	
											12	12B	12A	15A	16C	12C	12C	12B	12B	12A	12B	12C	12C	89	10,47	
												13	14A	15A	13C	13C	13B	13B	13B	13A	13B	13A	13C	54	6,35	
													14	15A	14C	14C	14B	14B	14B	21A	14B	14B	14C	59	6,94	
														15	14C	15C	15B	15B	15C	15A	15C	15C	15C	89	10,47	
															16	16B	18A	19A	20B	21C	22C	23B	16B	25	2,94	
																17	18C	19C	20C	21C	22C	23B	17B	9	1,06	
																	18	19A	20B	21B	22A	18B	18B	31	3,65	
																		19	20B	21B	22A	19B	19B	48	5,65	
																			20	21C	22B	20C	20C	48	5,65	
																				21	22C	21C	21C	62	7,29	
																					22	22B	22B	47	5,53	
																						23	23B	27	3,18	
																							24	4	0,47	
																								<b>TOTAL</b>	<b>850</b>	<b>100</b>

**Perguntas:**

1. Qual dos requisitos é o mais importante?

R: O número anterior a letra representa o requisito mais importante.

2. Quanto mais importante é o requisito?

R: A letra representa o quanto mais importante é o requisito.

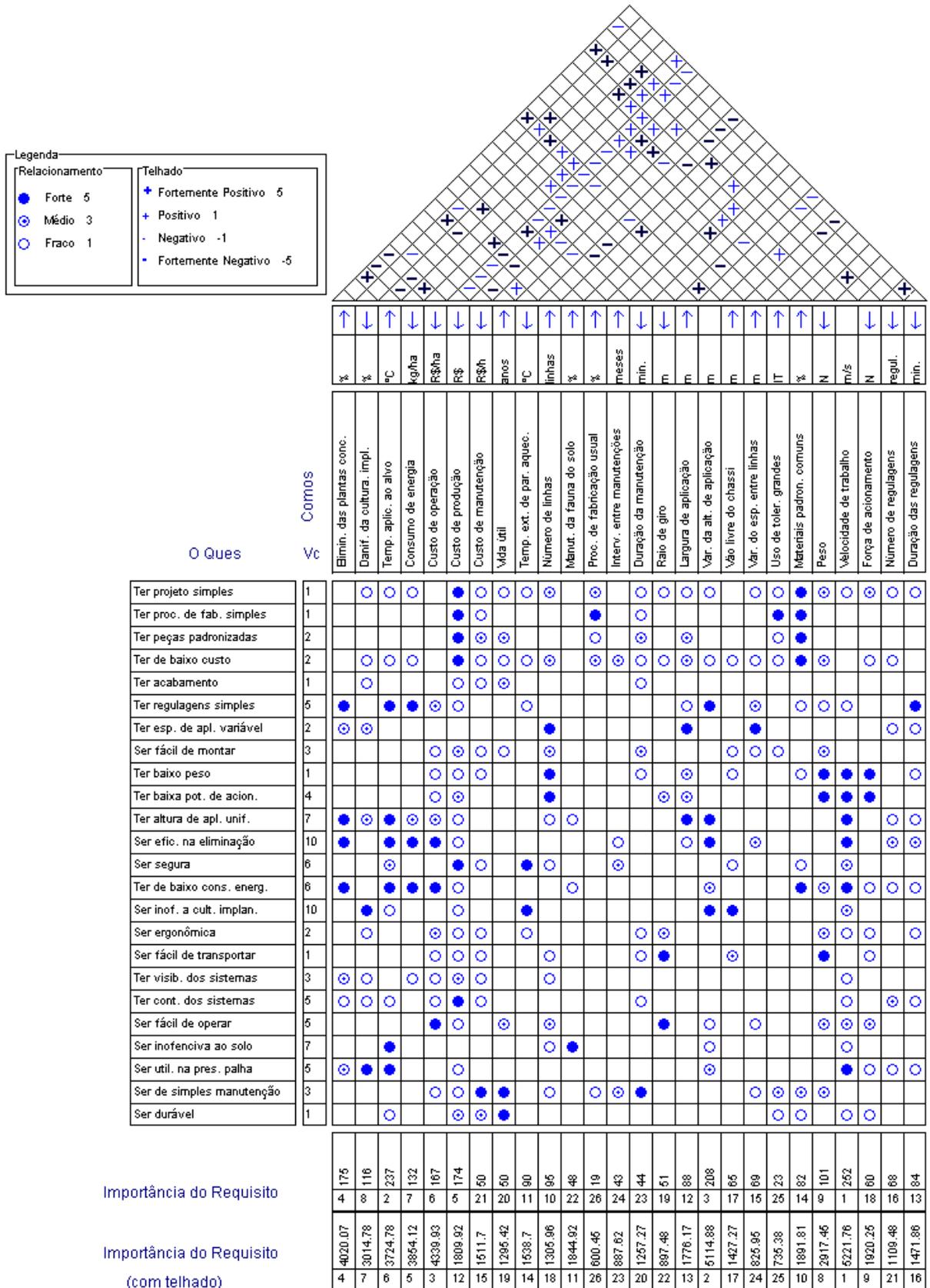
**Valores de importância das letras**

LETRA	IMPORTÂNCIA	PESO
A	um pouco mais importante	1
B	mediamente mais importante	3
C	muito mais importante	5

**REQUISITOS DOS CLIENTES**

1. Ter projeto simples	9. Ter baixo peso	17. Ser fácil de transportar
2. Ter processo de fabricação simples	10. Ter baixa potência de acionamento	18. Ter visibilidade dos sistemas
3. Ter peças padronizadas	11. Ter altura de aplicação de calor uniforme	19. Ter controle dos sistemas
4. Ter baixo custo	12. Ser eficaz na eliminação de plantas espontâneas	20. Ser fácil de operar
5. Ter acabamento	13. Ser segura	21. Ser inofensiva ao solo
6. Ter regulação simples	14. Ter baixo consumo energético	22. Ser utilizável na presença de palha
7. Ter espaçamento de aplicação variável	15. Ser inofensiva a cultura implantada	23. Ser de simples manutenção
8. Ser fácil de manobrar	16. Ser ergonômica	24. Ser durável

Figura 39 - Diagrama de mudge empregado na valoração dos requisitos dos clientes.



Importância do Requisito

Importância do Requisito  
(com telhado)

Figura 40 - Matriz da casa da qualidade.

As figuras 41, 42 e 43 apresentam as duas listas dos requisitos de projeto classificados conforme a aplicação da matriz casa da qualidade. Por meio da divisão das duas listas em três partes, verifica-se que há variação na ordem de importância dos requisitos, considerando cada terço das duas listas.

Desta forma, procedeu-se a análise de cada um dos requisitos que sofreram variação na hierarquização ao se comparar as duas listas, hierarquização sem telhado e hierarquização com telhado e, optou-se por adotar a lista de hierarquização dos requisitos do projeto obtida sem considerar o telhado do QFD.

Esta opção foi feita após a avaliação de alguns requisitos, como por exemplo: número de regulagens - classificado como 16° na hierarquização sem telhado e 21° na hierarquização com telhado; variação do espaçamento entre linhas - classificado como 15° na hierarquização sem telhado e 24° na hierarquização com telhado. Estes dois requisitos são oriundos das necessidades dos clientes externos, observou-se que estes ficariam classificados como requisitos menos importantes se considerada a lista de hierarquização do QFD com telhado.

Outro requisito que mereceu uma análise particular foi o requisito manutenção da fauna do solo, que passou de 11° quando utilizados os dados do telhado do QFD para 22° quando não considerada a correlação entre os requisitos de projeto (QFD sem telhado), porém conforme Sniauka e Pocius (2008) a aplicação de calor de forma instantânea sobre o solo não afeta os microorganismos presentes no mesmo.

Além disso, Reis (2003) e Oldoni (2012) relatam que faltam conclusões sobre a eficácia do método, devido à inexistência de relatos de casos em que as informações do telhado foram utilizadas na hierarquização dos requisitos do projeto.

Hierarquização – QFD sem telhado	Requisitos do projeto	Hierarquização – QFD com telhado
1°	Velocidade de trabalho	1°
2°	Temperatura aplicada ao alvo	6°
3°	Variação da altura de aplicação	2°
4°	Eliminação das plantas espontâneas	4°
5°	Custo de produção	12°
6°	Custo de operação	3°
7°	Consumo de energia	5°
8°	Danificação da cultura implantada	7°
9°	Peso	8°

Figura 41 - Hierarquização dos requisitos do projeto – terço superior.

Hierarquização – QFD sem telhado	Requisitos do projeto	Hierarquização – QFD com telhado
10°	Número de linhas	18°
11°	Temperatura externa de partes aquecidas	14°
12°	Largura de aplicação	13°
13°	Duração das regulagens	16°
14°	Materiais padronizados comuns	10°
15°	Variação do espaçamento entre linhas	24°
16°	Número de regulagens	21°
17°	Vão livre do chassi	17°
18°	Força de acionamento	9°

Figura 42 - Hierarquização dos requisitos do projeto – terço médio.

Hierarquização – QFD sem telhado	Requisitos do projeto	Hierarquização – QFD com telhado
19°	Raio de giro	22°
20°	Vida útil	19°
21°	Custo de manutenção	15°
22°	Manutenção da fauna do solo	11°
23°	Duração da manutenção	20°
24°	Intervalo entre manutenções	23°
25°	Uso de tolerâncias grandes	25°
26°	Processo de fabricação usual	26°

Figura 43 - Hierarquização dos requisitos do projeto – terço inferior.

#### 4.1.6 Estabelecimento das especificações do projeto

As especificações do projeto são apresentadas de acordo com o grau de importância na figura 44.

Requisito	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos Indesejados
1. Velocidade de trabalho	$\leq 1,39\text{m.s}^{-1}$	Teste de campo	Redução da capacidade operacional
2. Temperatura aplicada ao alvo	$\geq 100^{\circ}\text{C}$	Simulação em bancada de teste	Aquecimento demasiado do solo, palha e superfície da máquina
3. Variação da altura de aplicação	Entre 0,05 e 0,4m	Simulação em bancada de teste	Dissipação de energia, quebra do equipamento por obstrução na presença de pedras, alteração do centro de gravidade
4. Eliminação das plantas espontâneas	Eliminação $\geq 80\%$ /passada	Testes de campo	Realizar mais de uma intervenção
5. Custo de produção	$\leq \text{R\$ } 1500,00$	Soma dos valores gastos com material, processos e mão-de-obra	Comprometimento da qualidade e desempenho, redução de elementos
6. Custo de operação	$\leq \text{R\$ } 200,00.\text{ha}^{-1}$	Teste de campo	Restrição do tipo de fonte de tração e ineficiência na eliminação das plantas espontâneas
7. Consumo de energia	$\leq 40\text{kg.GLP}.\text{ha}^{-1}$	Testes de laboratório	Ineficiência na eliminação das plantas espontâneas
8. Danificação da cultura implantada	Mortalidade $\leq 5\%$	Testes de campo	Diminuição da eficiência na eliminação das plantas espontâneas
9. Peso	$< 4000\text{N}$	Quantificação em laboratório	Utilização de materiais mais leves, aumento do custo de produção
10. Número de linhas	$\geq 2$ linhas	Análise da capacidade de tração e layout do projeto	Aumento do peso, aumento das dimensões, dificuldade de manobra, aumento da demanda de esforço de tração
11. Temperatura externa de partes aquecidas	$\leq 50^{\circ}\text{C}$	Cálculo com base nas características dos materiais isolantes, avaliação no campo	Aumento do peso e utilização de materiais mais onerosos
12. Largura de aplicação	$\geq 0,4\text{m}$	Simulação em bancada de teste e teste de campo	Restrição de utilização em culturas com espaçamento menor que 0,4m
13. Duração das regulagens	$\leq 20\text{min.}$	Cronometragem em laboratório	Qualidade das regulagens, aumento do custo de produção
14. Materiais padronizados comuns	$\geq 80\%$	Contagem em laboratório	Comprometer o desempenho e funcionamento
15. Variação do espaçamento entre linhas	0 a 0,9m	Testes em laboratório	Maior número de componentes, aumento no custo de produção
16. Número de regulagens	$\leq 5$	Contagem em laboratório	Aumento do custo de produção, comprometimento do funcionamento
17. Vão livre do chassi	$\geq 0,4\text{m}$	Teste em laboratório	Aumento vertical do centro de gravidade
18. Força de acionamento	$< 1500\text{N}$	Teste de campo	

19. Raio de giro	$\leq 4\text{m}$	Teste de campo	Restrição da fonte de potência
20. Vida útil	$\geq 10$ anos	Adoção técnicas e práticas durante o projeto para garantir a cumprimento da meta	Uso de materiais caros e de difícil aquisição.
21. Custo de manutenção	$\leq \text{R\$ } 32,00 \text{ h}^{-1}$	Soma dos valores gastos com material, processos e mão-de-obra	Necessidade de manutenções corretivas, aumento do custo operacional e diminuição da vida útil
22. Manutenção da fauna do solo	95%	Análise meso e macro fauna do solo	Ineficiência na eliminação de plantas espontâneas
23. Duração da manutenção	$\leq 2$ horas	Cronometragem com simulação em bancada de testes	Comprometimento da qualidade de serviço, redução do intervalo entre manutenções
24. Intervalo entre manutenções	12 meses	Adoção técnicas e práticas durante o projeto para garantir a cumprimento da meta	Surgimento de manutenções corretivas, aumento do custo de fabricação através da utilização de materiais maior qualidade
25. Uso de tolerâncias grandes	Classes IT9 e IT11	Controle das dimensões das peças do protótipo	Utilização de tolerâncias que poderão ocasionar folgas e desgastes
26. Processo de fabricação usual	$> 80\%$	Contagem em laboratório	Limitação da concretização de soluções inovadoras que necessitem da utilização de processos diferenciados

Figura 44 - Especificação do projeto em ordem de importância obtida através do QFD.

## 4.2 Projeto conceitual

### 4.2.1 Verificação do escopo do problema

Para a verificação do escopo do problema foi necessário uma análise sobre as especificações do projeto, tal investigação permitiu definir que a natureza do problema da tese consiste em: desenvolver um sistema mecanizado que possibilite a desestruturação celular das plantas espontâneas, sem causar danos à cultura implantada.

Com o foco de desenvolver um novo sistema mecanizado, procedeu-se conforme as recomendações de Pahl et al. (2005) a abstração orientada a partir das especificações do produto. O resultado de cada uma das tarefas é apresentado a seguir.

1º Tarefa: Omitir preferências pessoais.

Preferências pessoais foram eliminadas com a aplicação do QFD.

2º Tarefa: Omitir requisito sem relação direta com a função e com as restrições essenciais.

Nesta etapa foram analisados os requisitos classificados no terço superior (requisitos os mais importantes) e terço médio (requisitos importantes) da lista de hierarquização dos requisitos do projeto que não possuíam vínculo com a função do produto. Portanto foram omitidos os seguintes requisitos: custo de produção, custo de operação, peso, duração das regulagens e materiais padronizados. Restando os seguintes requisitos para serem trabalhados na terceira etapa:

- Velocidade de trabalho.
- Temperatura aplicada ao alvo.
- Variação da altura de aplicação.
- Eliminação das plantas espontâneas.
- Consumo de energia.
- Danificação da cultura implantada.
- Número de linhas.
- Temperatura externa de partes aquecidas.
- Largura de aplicação.
- Variação do espaçamento entre linhas.

- Número de regulagens.
- Vão livre do chassi.
- Força de acionamento.

3º Tarefa: Transformar informações (requisitos) quantitativas em qualitativas e reduzi-las ao essencial.

Com o intuito de reduzir e ao mesmo tempo transformar os requisitos de quantitativos em qualitativos, dois ou mais requisitos quantitativos foram unificados para formar cada um dos requisitos qualitativos conforme apresentado na figura 45.

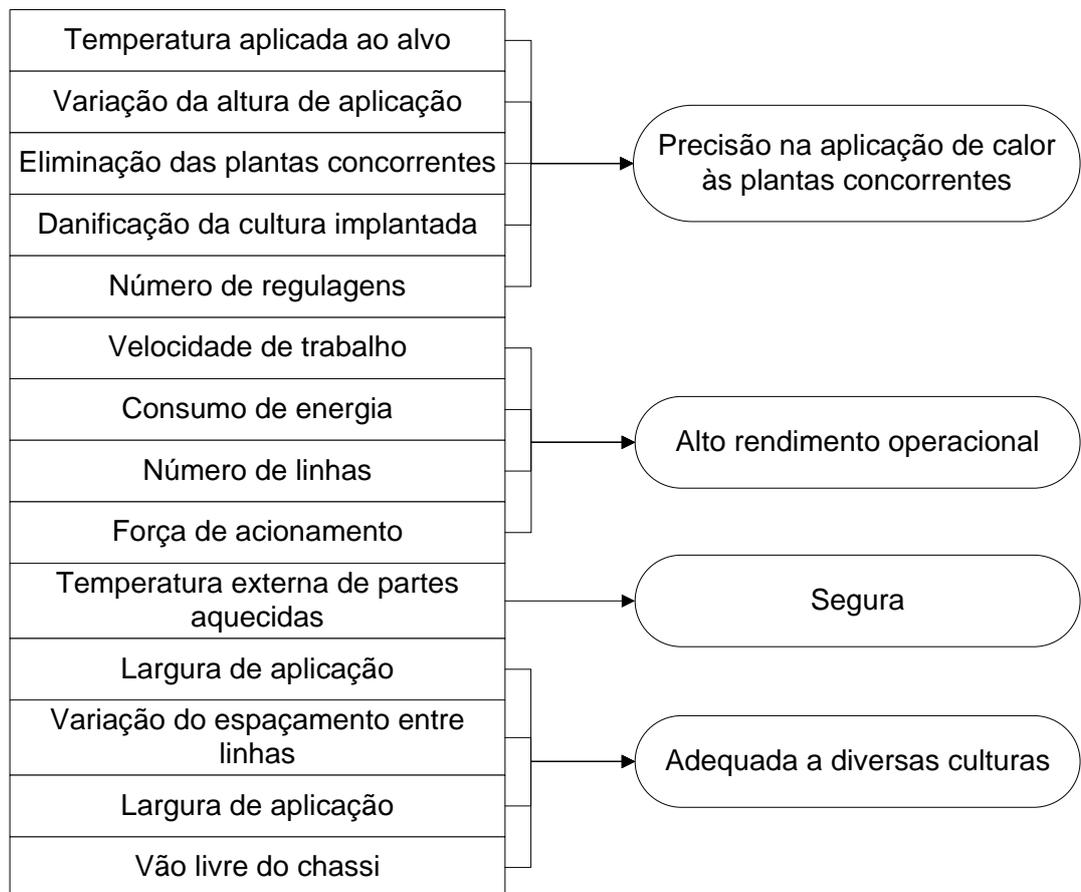


Figura 45 - Resultado do terceiro passo da abstração orientada.

4º Tarefa: Generalizar os requisitos do passo anterior.

- Ser segura e econômica na operação.
- Precisão na aplicação de calor às plantas espontâneas.
- Adequada a diversas culturas.

5º Tarefa: Formular o problema sem inclusão de solução.

Aplicar calor com precisão às plantas espontâneas em diversas culturas com segurança e economia.

#### 4.2.2 Estrutura funcional

Para a elaboração da estrutura funcional do produto foi imprescindível a determinação de sua função global. A partir da formulação do problema e a definição dos estados iniciais e finais em termos de material, energia e sinal (Figura 46), foi possível declarar a função global como: aplicar calor às plantas espontâneas. O verbo aplicar é entendido como concentrar, sobrepor, justapor. Outras declarações como dessecar plantas espontâneas e eliminar plantas espontâneas foram desprezadas por não se adequarem a situação e serem de fato consequências da aplicação de calor sobre as plantas espontâneas.

Representação	Entradas	Saídas
Material: →	Gás, plantas espontâneas e solo.	CO <sub>2</sub> , plantas espontâneas dessecadas e solo.
Energia: .....→	Energia potencial acumulada no reservatório, cinética para deslocar a máquina.	Energia térmica, sonora, luminosa, fluxo de massa (gás) e dissipada por atrito.
Sinal: -->	Regulagens, acionamento e monitoração dos sistemas.	Monitoração da pressão de gás e plantas espontâneas dessecadas.
	Fronteira do sistema periférico.	

Figura 46 - Entradas e saídas do sistema técnico em termos de energia, material e sinal.

Na figura 47 é apresentado o diagrama de blocos representativo da função global do sistema técnico em projeto.

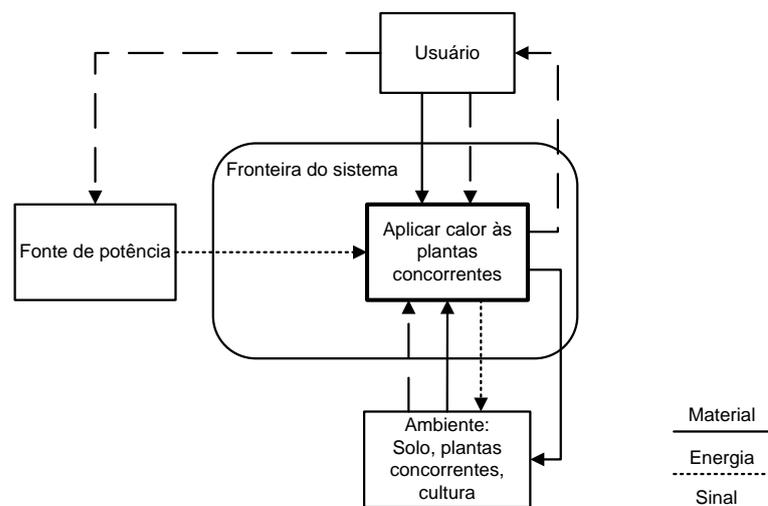


Figura 47 - Função global do sistema técnico.

A partir da função global do sistema, foram estabelecidas nove funções parciais das quais algumas necessitaram de um segundo desdobramento, formando assim as chamadas funções elementares.

A variação da configuração das funções parciais e elementares possibilitou a identificação de quatro diferentes estruturas funcionais conforme descritas na figura 48.

<b>Estrutura funcional</b>	<b>Descrição</b>	<b>Visualização</b>
A	Possibilita a armazenagem dos recipientes de gás junto à linha de aplicação de calor	Figuras: 49 e 50
B	Os recipientes de gás estão localizados junto ao chassi, a frente das linhas de aplicação de calor e a regulagem da altura de aplicação de calor é realizada por mecanismo próximo ao local de aplicação de calor.	Figuras: 51 e 52
C	Difere-se da segunda por permitir o corte das plantas antes da aplicação do calor	Figuras: 53 e 54
D	Os recipientes de gás estão localizados junto ao chassi, a frente das linhas de aplicação de calor e a regulagem da altura de aplicação de calor varia conforme altura dos três pontos do trator.	Figuras: 55 e 56

Figura 48 - Descrição das estruturas funcionais.

A descrição de cada uma das funções parciais e elementares bem como as entradas e saídas de cada bloco em termos de material, energia e sinal estão descritas na figura 57.

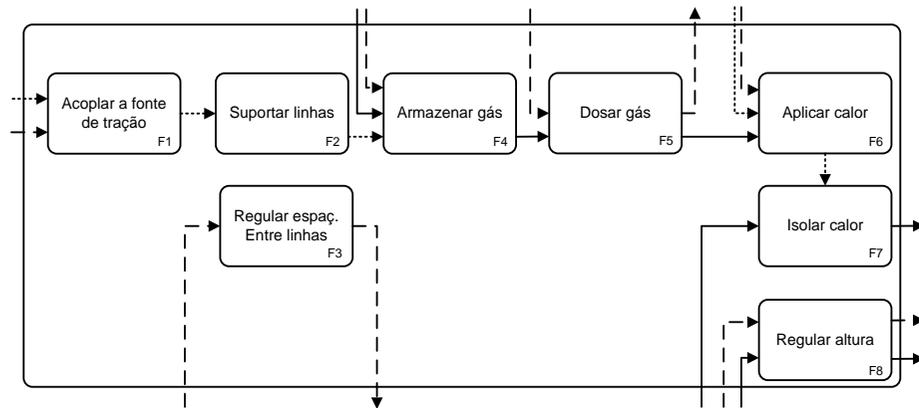


Figura 49 - Estrutura funcional A – primeiro nível de desdobramento.

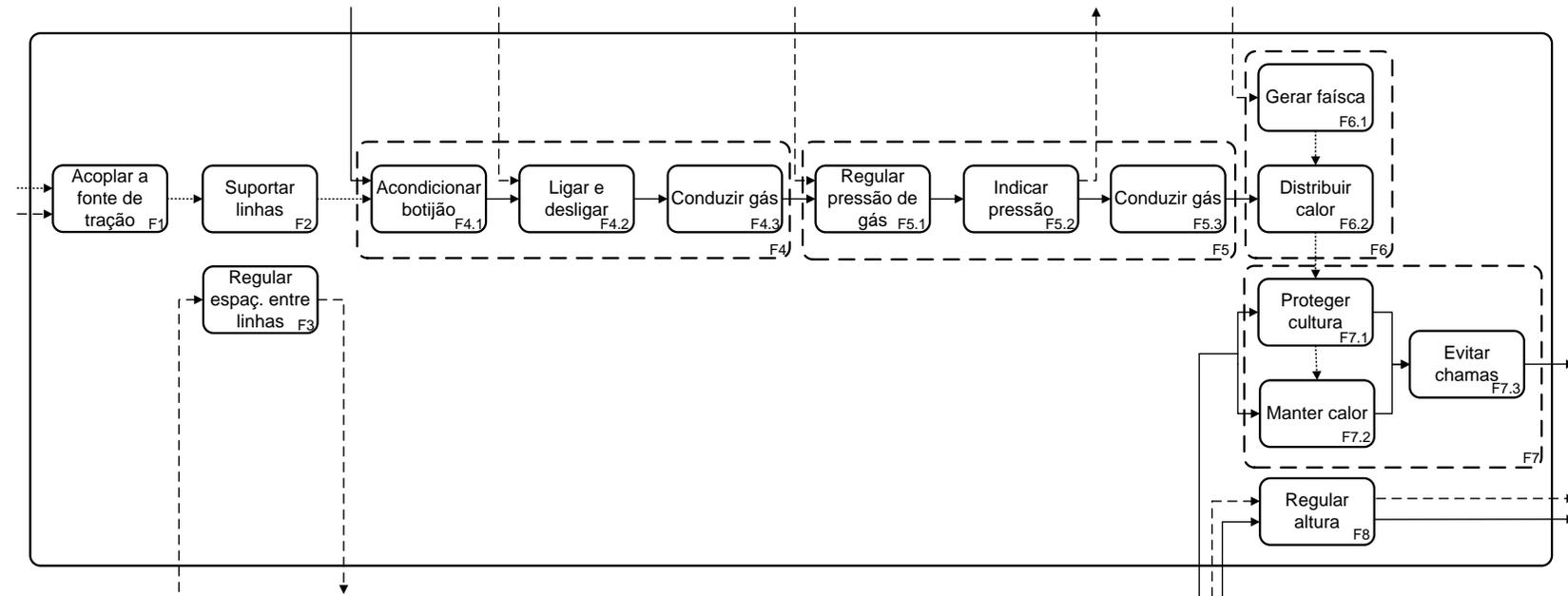


Figura 50 - Estrutura funcional A – segundo nível de desdobramento.

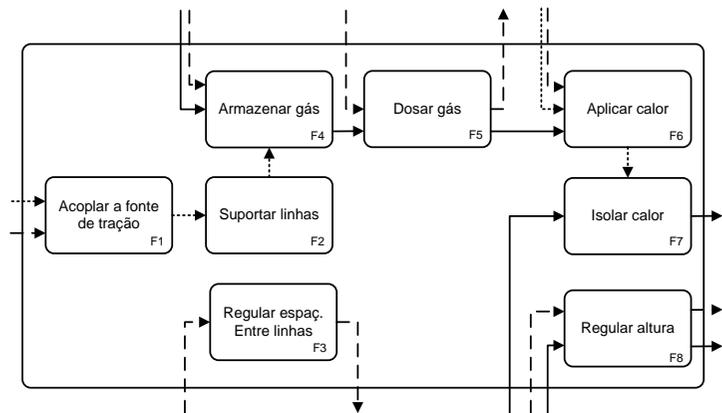


Figura 51 - Estrutura funcional B – primeiro nível de desdobramento.

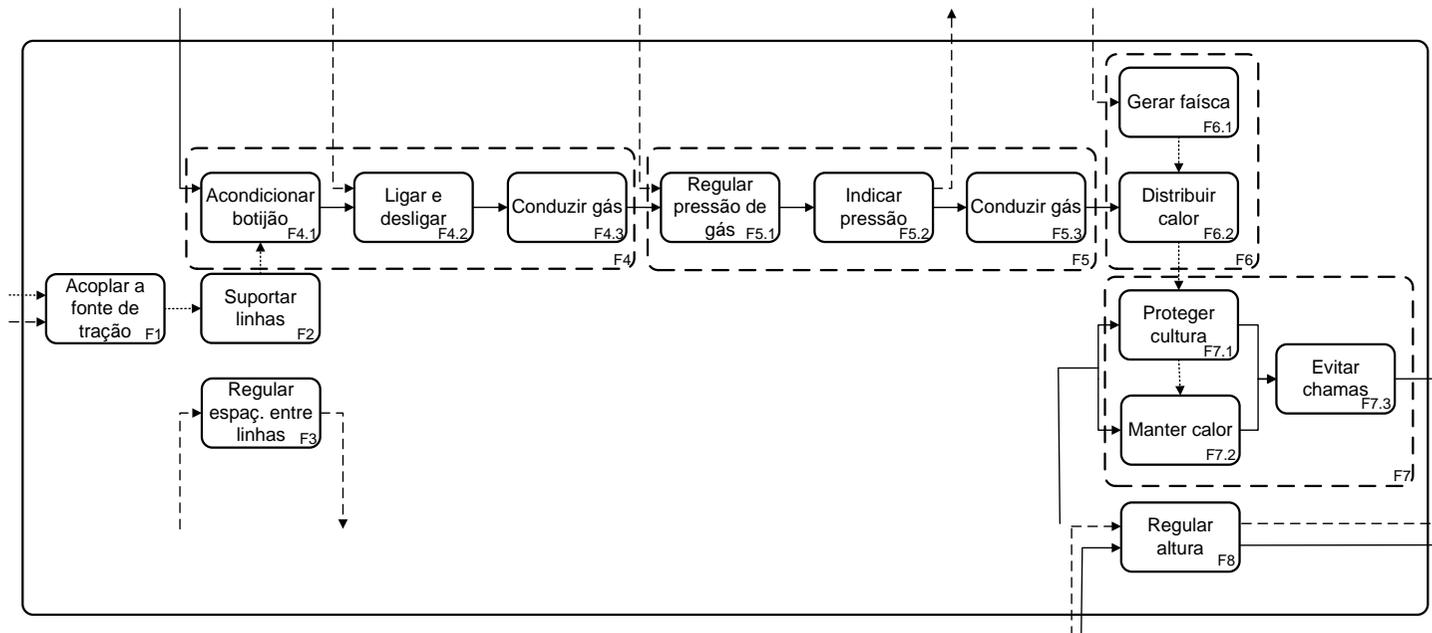


Figura 52 - Estrutura funcional B – segundo nível de desdobramento.

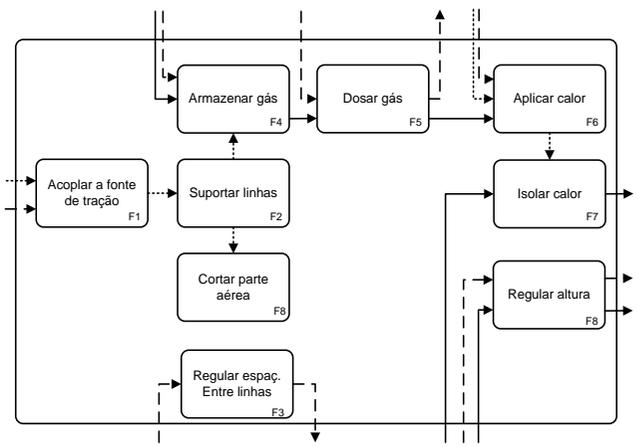


Figura 53 - Estrutura funcional C – primeiro nível de desdobramento.

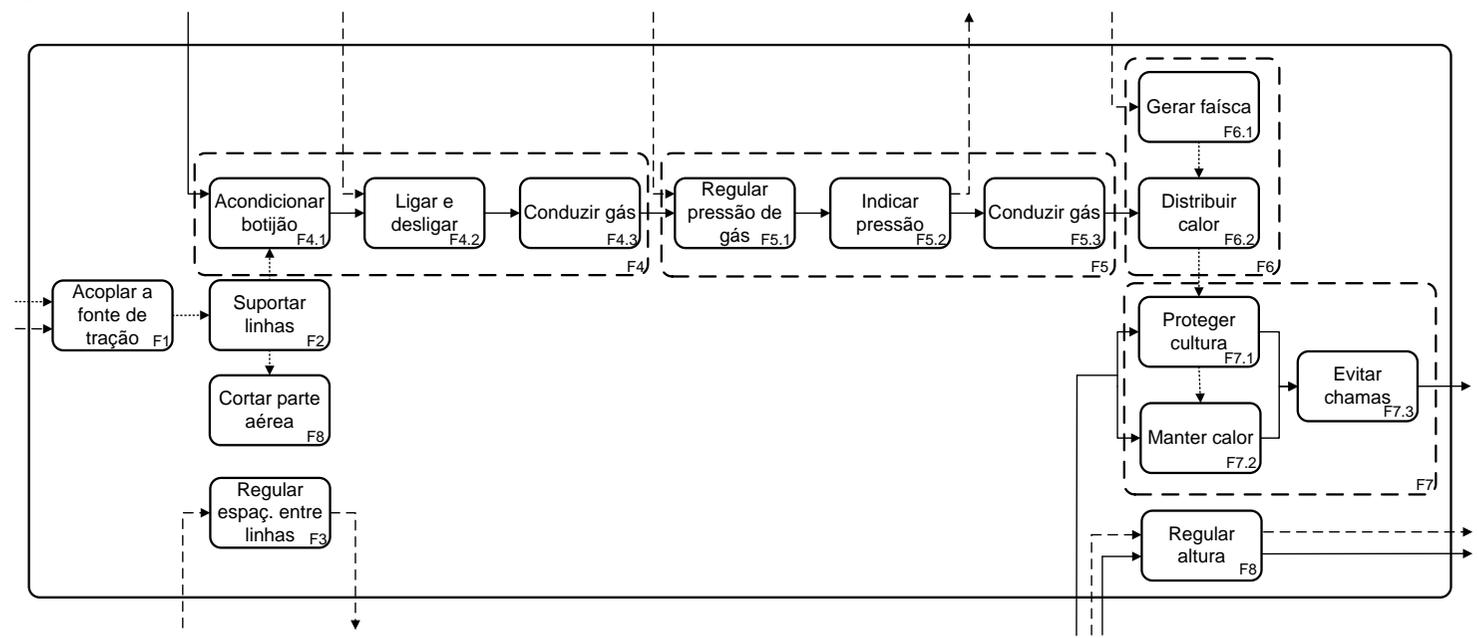


Figura 54 - Estrutura funcional C – segundo nível de desdobramento.

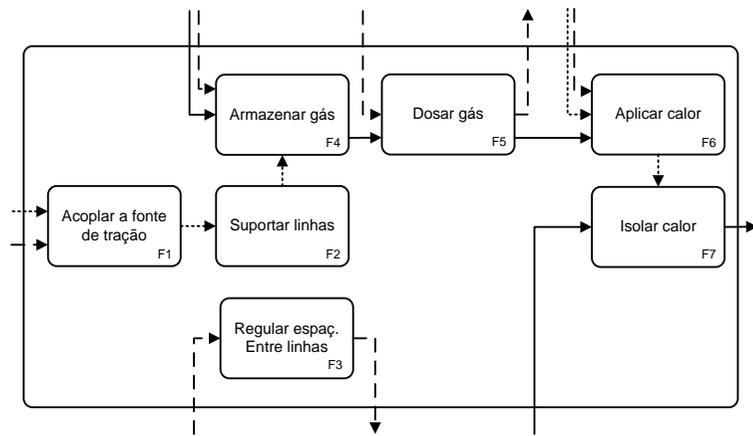


Figura 55 - Estrutura funcional D – primeiro nível de desdobramento.

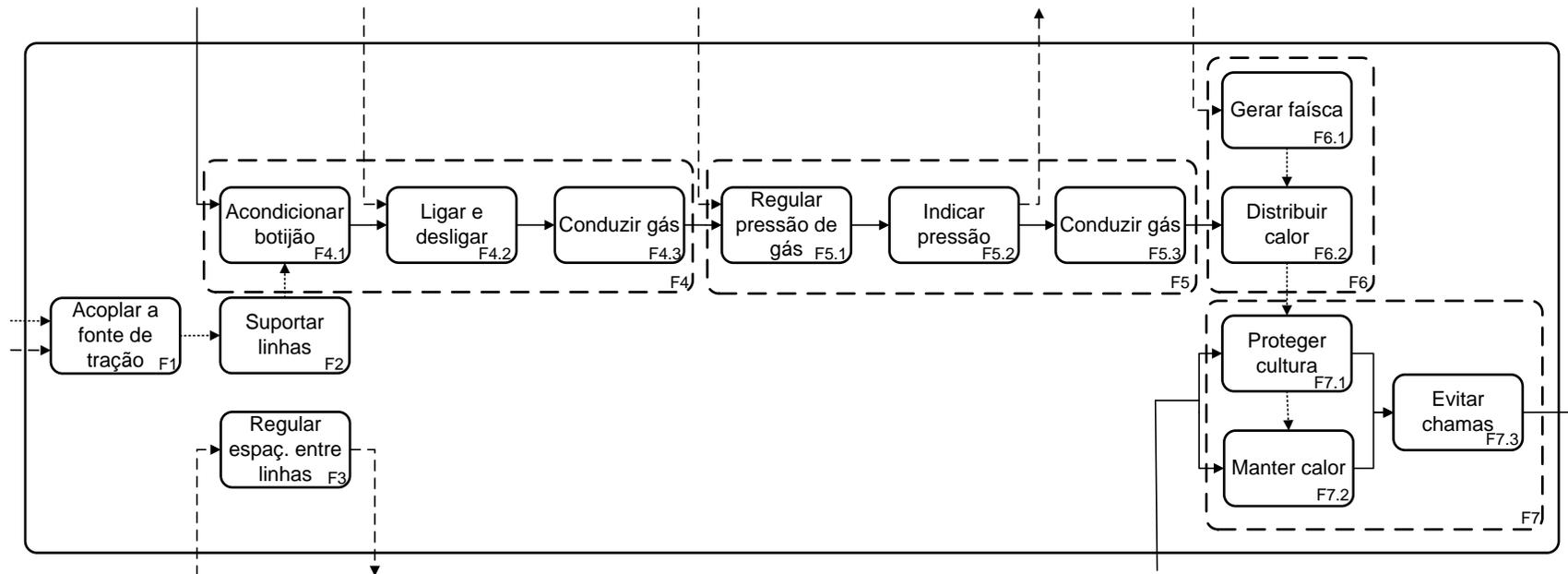


Figura 56 - Estrutura funcional D – segundo nível de desdobramento.

Função	Detalhamento da função e recomendações gerais	Entrada	Saída
<b>F1 - Acoplar à fonte de tração</b>	O acoplamento à fonte de tração mecânica deverá permitir o uso de um trator com potência inferior a 55kW, portanto o dimensionamento do engate de três pontos deverá ser de acordo a NBR 730 da ABNT, para que se encaixe nas categorias de engate 1 e 2.	Energia mecânica para acoplar a fonte de tração e cinética para deslocar a máquina.	Energia cinética.
<b>F2 - Suportar linhas</b>	Mecanismo que irá servir de sustentação para a conexão das linhas.	Energia cinética.	Energia cinética.
<b>F3 - Regular espaçamento entre linhas</b>	É importante regular o espaçamento entre uma linha e outra de 0,0 a 0,45m, permitindo o combate de plantas espontâneas de diferentes culturas, pois com a junção de duas linhas consegue-se espaçamento de 0,90m e a junção de todas as linhas permite o controle térmico antes da implantação da cultura.	Regulagem da distância entre linhas.	Sinal de regulagem.
<b>F4 - Armazenar gás</b>	Local para colocação dos botijões de gás, com possibilidade de liberação de gás para o sistema.		
F4.1 - Acondicionar botijão	Trata-se de um local para colocação dos botijões de gás, este deverá admitir a utilização de botijões P13, P20, P45, P90. Permitindo a livre escolha do usuário quanto ao tamanho do recipiente armazenador de gás.	Energia cinética do sistema, energia potencial e gás.	Gás.
F4.2 - Ligar e desligar	É importante a presença de um registro o mais próximo possível do operador para que este tenha o controle da liberação e interrupção de gás para o sistema.	Gás.	Nenhuma se fechado e gás se aberto e energia sonora.
F4.3 - Conduzir gás	Tubos condutores de gás dos botijões até o mecanismo regulador de pressão.	Gás.	Gás.
<b>F5 - Dosar gás</b>	Regula a pressão de conduz o gás ao mecanismo aplicador de calor.		
F5.1 - Regular pressão de gás	Refere-se ao mecanismo que permite a diminuição e estabilização da pressão de gás.	Gás e regulagem da pressão.	Gás com pressão ideal.
F5.2 - Indicar pressão	Refere-se ao manômetro, que permite o acompanhamento visual da pressão de gás.	Gás.	Gás e indicação da pressão.
F5.3 - Conduzir gás	Com a pressão aferida o gás é conduzido até o bico aplicador de calor.	Gás.	Gás.
<b>F6 - Aplicar calor</b>			
F6.1 - Gerar faísca	Sistema que permite a transformação do gás em calor.	Gás e energia elétrica.	Energia térmica ou mecânica.
F6.2 - Distribuir calor	Trata-se de um bico aplicador de calor.	Gás e energia térmica.	Energia térmica e sonora e CO <sub>2</sub> .
<b>F7 - Isolar calor</b>			
F7.1 - Proteger a cultura	Sistema que impede possíveis danos mecânicos ou por aquecimento à cultura implantada.	Energia térmica e planta concorrente.	CO <sub>2</sub> , solo e planta concorrente dessecada.
F7.2 - Manter calor	Sistema que concentre o calor no alvo minimizando as possíveis perdas de energia.	Energia térmica e planta concorrente.	CO <sub>2</sub> , solo e planta concorrente dessecada.
F7.3 - Evitar chamas	A aplicação de calor às plantas daninhas com presença de palha pode gerar chamas, as quais devem ser evitadas ou apagadas com auxílio de um mecanismo as contenha.	Energia térmica e planta concorrente e solo.	CO <sub>2</sub> , solo e planta concorrente dessecada.
<b>F8 - Regular altura</b>	A regulagem da altura de aplicação de calor deve ser realizada por um mecanismo que permita a aplicação uniforme, independente da variação da topografia do terreno.	Solo, planta concorrente e energia cinética	Solo, planta concorrente.
<b>F9 - Cortar parte aérea</b>	Sistema que execute o corte das plantas espontâneas antes da aplicação de calor.	Energia cinética, solo e planta concorrente.	Solo e planta concorrente cortada.

Figura 57 - Descrição das funções parciais e elementares e definição das entradas e das saídas do diagrama de blocos.

### 4.2.3 Princípios de solução

A primeira etapa da busca por princípios de solução foi executada por meio de revisão de literatura, analisando-se as patentes e sistemas similares existentes. Para melhor compreensão do comportamento de mecanismos aplicadores de calor, foram realizados experimentos conforme descrito no capítulo anterior.

A figura 58 apresenta os dados de temperatura coletados com a utilização do bico aplicador N°3, somente em duas alturas de aplicação de calor, as quais foram, 0,1 e 0,2m, pois buscou-se identificar temperaturas superiores a 100°C que é a temperatura de ebulição da água ao nível do mar. Conforme Heiniger et al.(1998) nenhuma planta é imune a temperaturas acima do ponto de ebulição da água, portanto os dados de temperatura dos tratamentos no qual a altura do bico aplicador de calor foi superior a 0,2m foram desvalidados por apresentaram temperatura no alvo inferior a 100°C.

Observou-se,conforme apresentado nas figuras 59 e 60 que a utilização de pressões mais elevadas causa aumento nas temperaturas das chamas. Também verificou-se que quanto menor a altura dos bicos aplicadores em relação ao alvo, maiores são às temperaturas obtidas, o que corrobora com as informações de Kang (2001).

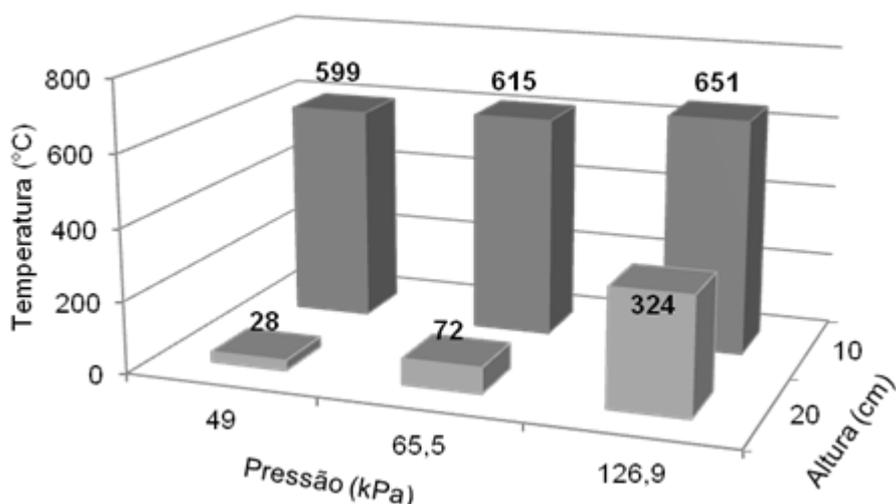


Figura 58 - Temperatura gerada pelo bico aplicador N°3 em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo.

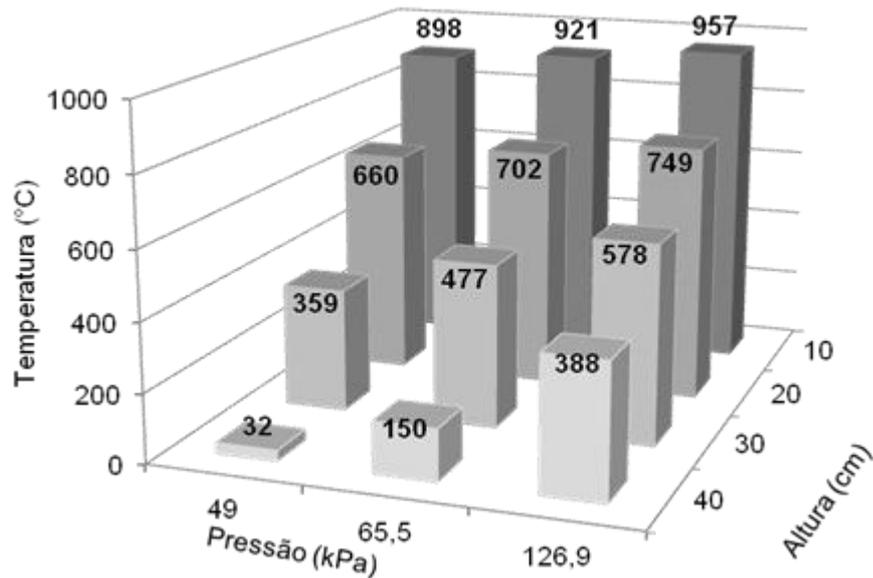


Figura 59 - Temperatura gerada pelo bico aplicador N°4 em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo.

Na figura 60 observa-se que a temperatura aplicada ao alvo não apresentou comportamento linear com a utilização das diferentes pressões, este fato pode ser decorrente ao aumento da área de aplicação do bico N°5, o que pode ter gerado uma descentralização da chama e afetado a área de abrangência do termopar utilizado.

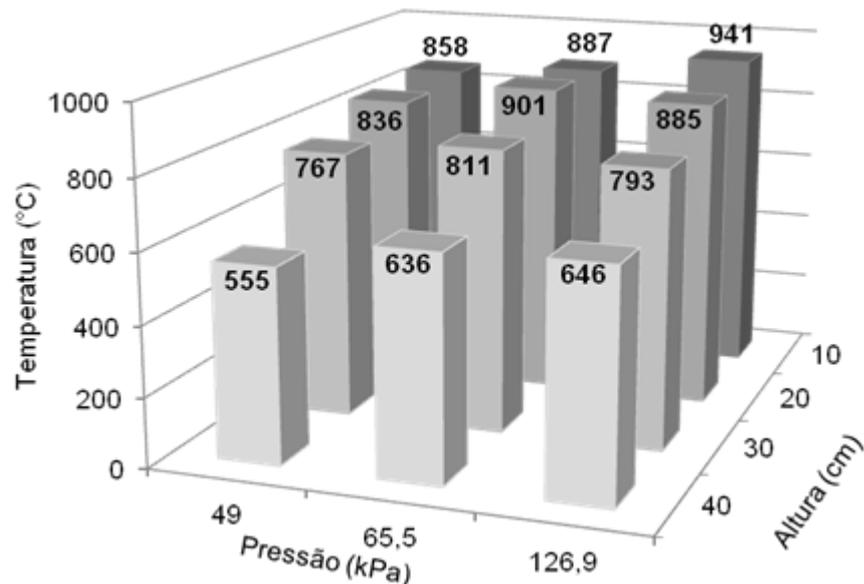


Figura 60 - Temperatura gerada pelo bico aplicador N°5 em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo.

As imagens das chamas, analisadas em programa CAD encontram-se nos APÊNDICES D, E e F, podendo-se observar no quadro 12 que, conforme esperado

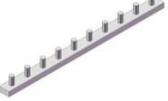
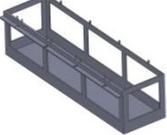
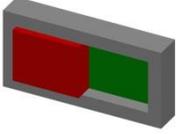
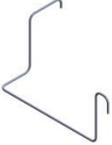
a área de aplicação aumentou conforme ampliação do tamanho do bico aplicador de calor, fato que corrobora com os dados de temperatura observados nas figuras 58, 59 e 60. Entretanto ao se analisar as chama geradas pelos bicos aplicadores com menor diâmetro (N°3 e N°4) quando posicionados a 40 centímetros de altura com relação ao solo, nota-se que esta tende a diminuir na maioria dos tratamentos quando comparada a altura de aplicação de 30 centímetros, fato que evidencia a necessidade de cautela na seleção ou projeto de um mecanismo aplicador de calor, no que diz respeito a sua configuração, pressão utilizada e altura de aplicação.

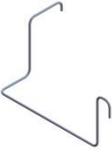
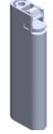
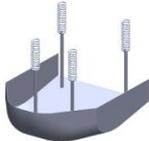
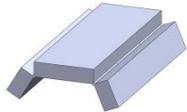
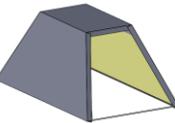
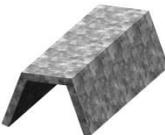
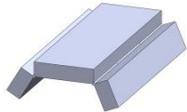
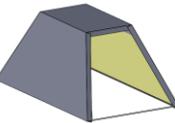
Tabela 1 - Área de abrangência das chamas.

Bico	Altura (cm)	Pressão (kPa)			
		68	98	147	196
		Área (cm <sup>2</sup> )			
Q1 – N°3	10	8,74	12,08	10,58	15,09
	20	19,70	33,30	23,36	25,45
	30	26,23	42,45	37,46	25,79
	40	23,74	34,34	42,92	32,91
Q2 – N°4	10	22,81	15,83	27,48	26,17
	20	37,00	53,35	65,91	48,78
	30	96,56	110,42	94,81	127,89
	40	66,77	96,30	107,45	107,92
Q3 – N°5	10	37,17	42,24	45,26	38,02
	20	90,86	111,39	94,93	124,16
	30	145,84	189,13	156,65	198,40
	40	177,67	216,86	303,28	352,38

As informações geradas por meio da análise dos dados obtidos com a realização dos experimentos com diferentes mecanismos aplicadores de calor disponíveis no mercado possibilitaram concluir que, estes mecanismos podem ser utilizados no projeto, pois cumprem a função de dessecar as plantas espontâneas e suprem algumas necessidades identificadas junto aos clientes internos, quanto a simplicidade no projeto, utilização de peças que possam ser encontradas no mercado, e/ou fabricadas com ferramentas usuais e obtidas a preços acessíveis.

Os princípios de solução originados da pesquisa bibliográfica, análise de sistemas técnicos existentes e do brainstorming foram desenhados por meio de ferramenta CAD, servindo de apoio para a elaboração da matriz morfológica (Figura 61).

F1 – Acoplar a fonte de tração	 Barra de tração	 Três pontos trator	 Barra de tração com movimento giratório	 Barra de tração com movimento vertical	 Barra de tração ou três pontos
F2- Suportar linhas	 Tubo secção circular	 Barra secção quadrada	 Barra secção losango	 Tubo secção retangular	 Seção em L
F 3 - Regular espaçamento entre linhas	 Abraçadeira com parafuso	 Barra com suporte deslizante	 Barra perfurada	 Tubo com abraçadeira	 Barra com pinos
	 Barra perfurada com parafuso	 Cremalheira			
F 4.1 - Acondicionar botijão	 Gaiola circular	 Caixa retangular	 Gaiola base quadrada	 Engate rápido 1	 Engate rápido 2
F 4.2 - Ligar e desligar	 Botoeira	 Botão giratório	 Válvula	 Registro circular	 Registro alavanca
F 4.3 - Conduzir gás	 Mangueira borracha	 Mangueira revestida			

F 5.1 - Regular pressão de gás	 Registro circular	 Registro alavanca		 Válvula	
F 5.2 - Indicar pressão de gás	 Manômetro digital	 Manômetro com ponteiro	 Manômetro com registro e válvula	 Manômetro com indicador colorido	 Coluna de mercúrio
F 5.3 - Conduzir gás	 Mangueira borracha	 Mangueira revestida			
F 5.4 - Gerar faísca	 Isqueiro	 Palito de fósforo	 Vela elétrica	 Acendedor de fogão	
F 6 - Distribuir calor	 Queimador 1	 Queimador 2	 Queimador 3	 Queimador 4	 Chapa aquecida
	 Boca de fogareiro	 Boca de fogão	 Queimador importado	 Queimador importado	
F 7.1 - Proteger cultura	 Câmara com lã de rocha	 Câmara arredondada	 Câmara articulada	 Câmara trapezoidal	 Câmara com patins
F 7.2 - Manter calor	 Câmara com lã de rocha	 Câmara arredondada	 Câmara articulada	 Câmara trapezoidal	 Câmara com patins

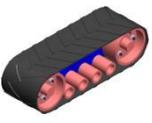
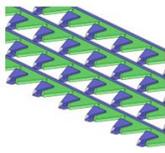
F 7.3 - Evitar chamas	 Roda de borracha 1	 Roda de borracha 2	 Roda metálica	 Cortina de borracha	 Esteras de borracha
F8 - Regular altura de aplicação	 Três pontos do trator	 Patins deslizantes	 Roda	 Rosca sem-fim	 Chapa perfurada
F9 – Cortar parte aérea	 Lâminas	 Rolo faca	 Faca e contra	 Lâminas cortantes	

Figura 61 - Matriz morfológica.

#### 7.2.4 Combinação dos princípios de solução

Por meio da combinação de alguns dos princípios de solução foi possível a confecção de seis concepções.

A concepção 1 (Figura 62) está atrelada a estrutura funcional A, na qual a função armazenar gás está localizada junto à linha de aplicação de calor. Trata-se de um conceito similar ao das semeadoras encontradas atualmente no mercado, onde o dosador de sementes fica o mais próximo possível do mecanismo que abre o sulco e deposita as sementes, para evitar falhas na deposição devido ao comprimento do tubo condutor.

A intenção de minimizar perdas de carga, devido a menor distância entre o botijão e o local de aplicação de calor é um conceito correto, entretanto neste caso equivocado, uma vez que, com um botijão conseguem-se níveis de pressão inferior, quando comparado com a utilização de dois ou mais botijões conectados a uma única válvula reguladora de pressão.

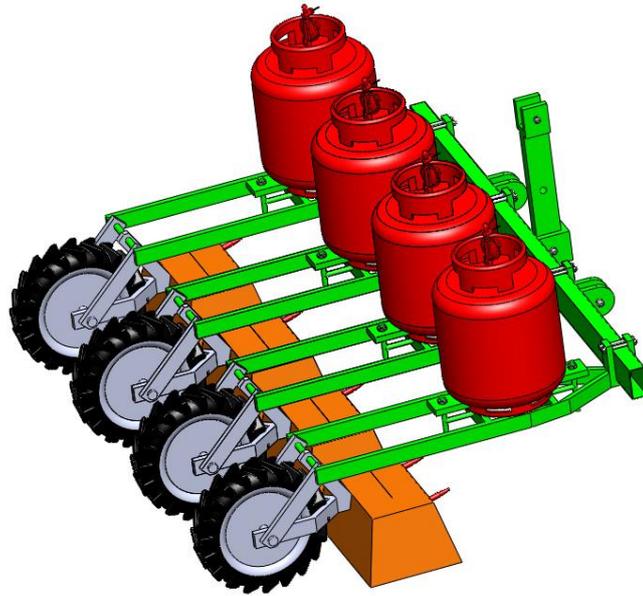


Figura 62 - Concepção 1.

A concepção 2 (Figura 63) originou-se da estrutura funcional C. Esta concepção possui um mecanismo a frente da câmara de aplicação de calor, que tem função similar a um rolo faca, fazendo o corte das plantas antes da aplicação do calor. Acredita-se que o acamamento ou corte das partes superiores das plantas para posterior aplicação de calor em lavouras com grande incidência de invasoras, favorece o abafamento e morte das mesmas.

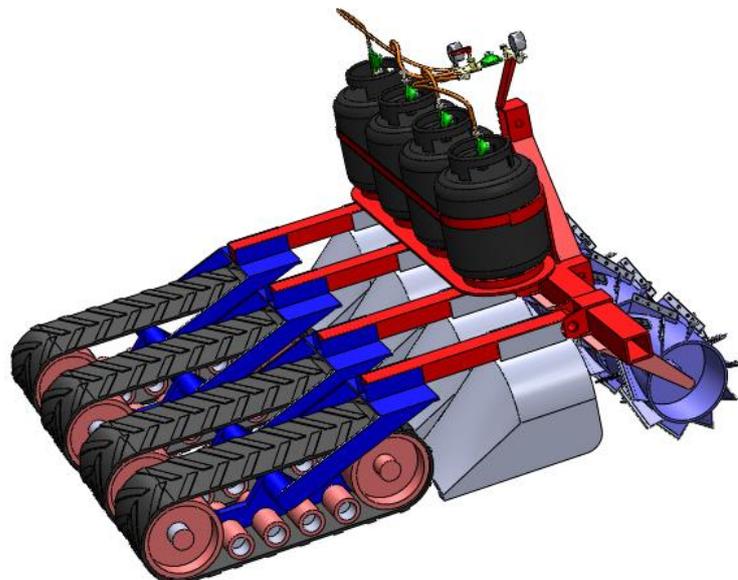


Figura 63 - Concepção 2.

A estrutura funcional B deu origem a concepção 3 (Figura 64) na qual os recipientes de gás estão localizados junto ao chassi, a frente das linhas de aplicação de calor. A regulação da altura de aplicação de calor é realizada pela esteira localizada na parte posterior da câmara de aplicação, que tem a função de evitar possíveis chamas, sendo também capaz de acompanhar as irregularidades do terreno. Esta concepção diferencia-se da concepção 2 por não apresentar mecanismo que corte das plantas antes da aplicação do calor.

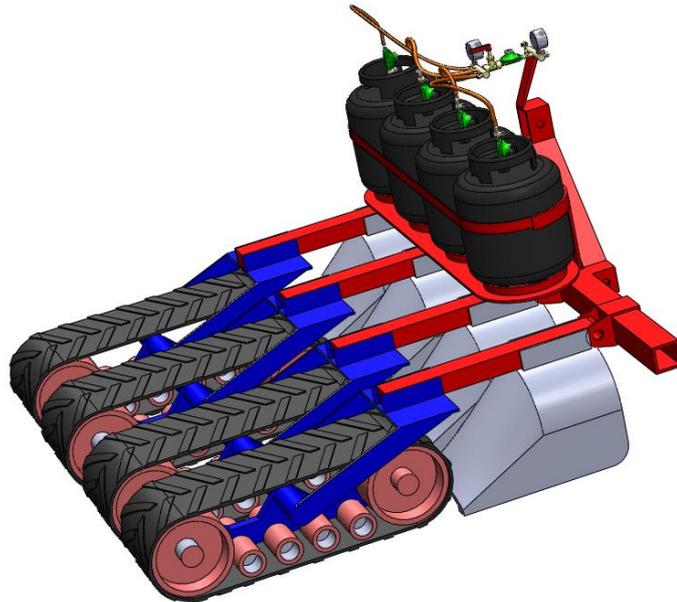


Figura 64 - Concepção 3.

A concepção 4 (Figura 65) originou-se da estrutura funcional D, nesta concepção a altura de aplicação de calor é definida com o auxílio do levante hidráulico do trator, portanto não varia conforme o modificações na topografia do terreno. Utilizou-se também o conceito de abafamento como forma de evitar chamas, por meio da utilização de uma cortina de borracha ou lona após a câmara de aplicação de calor. Estes conceitos proporcionam menor custo de fabricação desta concepção com relação às demais.

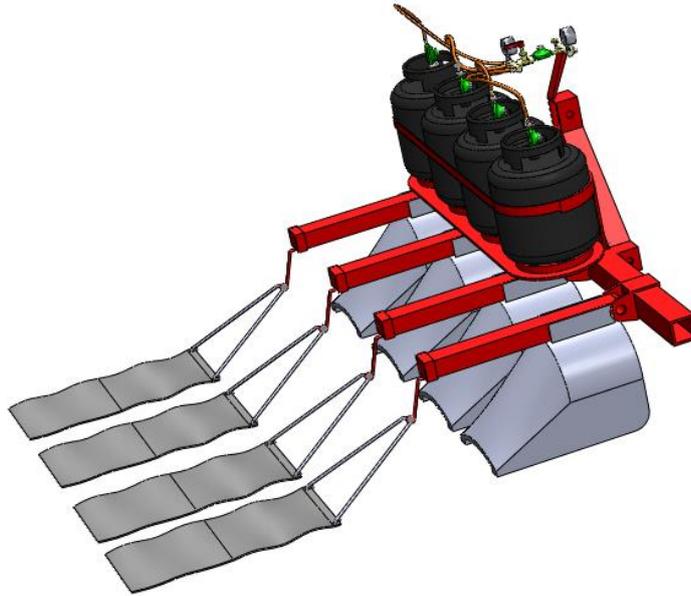


Figura 65 - Concepção 4.

A concepção 5 (Figura 66) é oriunda da estrutura funcional D e diferencia-se da concepção 4 por possuir uma câmara de aplicação de calor onde este é aplicado sobre uma chapa, a qual é pressionada sobre o solo fazendo com que as plantas sejam superaquecidas e esmagadas, evitando desta forma o surgimento de chamas. Este conceito foi utilizado por Figueiredo et al. (2011), o qual verificou que ao aplicar calor sobre uma chapa metálica e pressioná-la sobre as plantas espontâneas, independentemente do estágio vegetativo, estas são totalmente controladas.

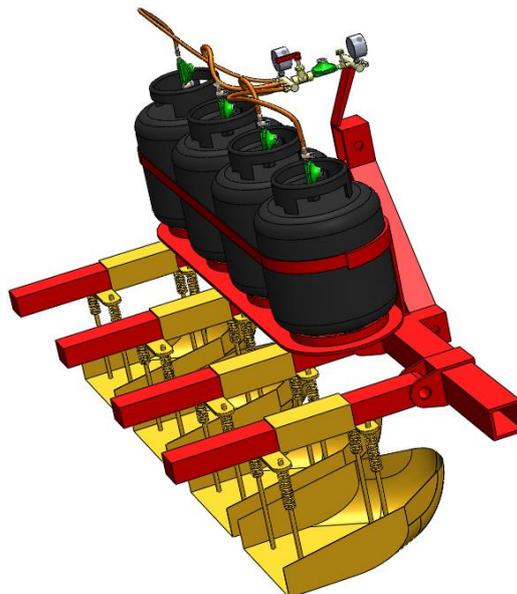


Figura 66 - Concepção 5.

A concepção 6 é oriunda da estrutura funcional B. Na parte frontal encontra-se o local de armazenagem dos recipientes de gás, que possibilita a utilização de botijões com diferentes capacidades conforme ilustrado na figura 67. Com auxílio de um chassi porta ferramentas torna-se possível a variação do espaçamento entre as linhas e, a presença de roda junto ao mecanismo aplicador de calor faz com que a altura de aplicação seja mantida mesmo com variação da superfície do terreno. A câmara de aplicação de calor possui linhas retas, facilitando sua fabricação quando comparada com a utilizada nas concepções 2, 3 e 4. Após a aplicação de calor o surgimento de chamas é evitado com o auxílio de rolos revestidos com borracha.

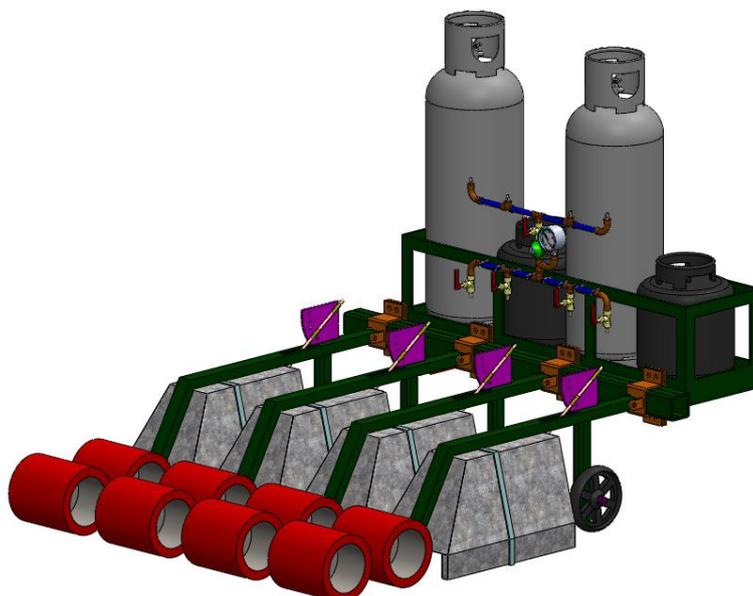


Figura 67 - Concepção 6.

#### 4.2.5 Seleção da concepção

Com o intuito de selecionar a concepção mais promissora para posterior otimização foi realizado um encontro com dez membros da equipe de projeto, estavam presentes professores, alunos de pós-graduação e alunos de graduação.

A Concepção 1 foi descartada pela equipe de projeto ao constatar que o posicionamento do reservatório de gás junto a linha de aplicação de calor, aumenta demasiadamente a variação da pressão de saída de gás. Este fato ocorre devido a presença de um ponto de articulação na linha, permitindo que a mesma consiga acompanhar as irregularidades presentes no terreno.

Outro fato relevante refere-se ao risco de aquecimento dos botijões de gás localizados próximos a fonte de calor. Portanto a Concepção 1 não chegou a ser levada para a reunião de seleção da concepção mais promissora, restando desta forma, cinco concepções.

A primeira técnica utilizada para seleção da concepção foi a do julgamento da viabilidade. Os resultados da aplicação desta técnica são descritos na figura 68.

Concepções	Viável	Condicionalmente viável	Não viável	Observações
2 – Rolo-faca, câmara de calor e sistema com esteira para impedir o surgimento de chamas.			X	A utilização de mecanismo que corta as plantas espontâneas antes da aplicação do calor pode comprometer o grau de mortalidade das plantas, visto que pode atingir somente a parte da planta já morta e não atingir o caule, favorecendo a rebrota das mesmas.
3 – Câmara de calor e sistema com esteira para impedir o surgimento de chamas.		X		A esteira foi considerada uma solução complexa e cara, além disso, dificultaria a manobra nas cabeceiras da lavoura devido ao peso e comprimento.
4 – Câmara de calor e sistema suspenso para impedir o surgimento de chamas.		X		A cortina de borracha ou lona após a câmara de aplicação de calor foi considerado uma solução promissora, porém poderia ser fixada diretamente na parte posterior da câmara de aplicação de calor, facilitando as manobras. A regulagem da altura de aplicação de calor por meio do sistema de engate de três pontos do trator poderia comprometer a uniformidade na altura de aplicação.
5 – Aplicação de calor indireta com pressão de contato.			X	A aplicação de calor indireta acarretaria maior perda de energia, fato que aumentaria o consumo de gás. Além disso, os obstáculos como pedras e quantidade de plantas espontâneas presentes na lavoura, comprometeriam o desempenho e vida útil da máquina.
6 – Câmara de calor e sistema com rolos para impedir o surgimento de chamas.		X		O formato da câmara de aplicação de calor foi considerado de fácil fabricação e as rodas responsáveis por descrever o terreno foram consideradas uma solução promissora. Porém o sistema de articulação poderia ser tipo pantográfico e a forma de fixação dos botijões foi considerada onerosa, bem como a presença de dois rolos abafadores. Poderia ser colocado um rolo em cada linha ou colocar cortina de borra ou lona. Os botijões poderiam ser localizados acima do porta ferramentas, diminuindo o comprimento total da máquina.

Figura 68 - Resultado da aplicação da técnica julgamento da viabilidade.

A segunda técnica utilizadas para seleção da concepção foi a do exame passa/não-passa. Foram elaboradas 15 questões baseadas nas necessidades dos clientes, obtidas na fase do projeto informacional. Os resultados da aplicação da técnica passa/não-passa são descritos na Figura 69.

Perguntas	Respostas		
	Concepções		
	3	4	6
1. O projeto é simples?	Não	Sim	Sim
2. O processo de fabricação é simples?	Não	Sim	Sim
3. As peças são padronizadas?	Não	Sim	Sim
4. Possui baixo custo de produção?	Não	Sim	Sim
5. Os materiais são de fácil aquisição?	Não	Sim	Sim
6. Possui regulagem do espaçamento entre linhas?	Sim	Sim	Sim
7. Necessita de baixa potência para acionamento?	Sim	Sim	Sim
8. Há aspectos de segurança?	Sim	Sim	Sim
9. Possui elementos que a torna eficaz no controle das plantas espontâneas?	Sim	Sim	Sim
10. Possui elementos que a torna inofensiva à cultura implantada?	Não	Não	Sim
11. Tem baixa demanda de potência?	Sim	Sim	Sim
12. É de fácil operação?	Sim	Sim	Sim
13. É fácil de manobrar?	Não	Não	Não
14. É de fácil regulagem?	Não	Sim	Sim
15. Possui manutenção simples?	Não	Sim	Sim
Resultado Final	Não-passa	Passa	Passa

Figura 69 - Resultado da aplicação da técnica passa/não-passa.

A Concepção 3 foi eliminada após a aplicação da técnica passa/não-passa, pois foram observados aspectos negativos quanto a complexidade de seu projeto, dificuldade na compra de peças e custo elevado para fabricação, devido a utilização de esteira para combater as chamas.

A uniformidade na altura de aplicação de calor também foi considerada um aspecto negativo, pois a descrição do terreno é feita pela esteira que se localiza na parte posterior à aplicação de calor, fazendo com que, a câmara arraste os obstáculos presentes na lavoura ou mude sua trajetória na presença destes. Além disso, a probabilidade de que a câmara seja danificada é maior.

As Concepções 4 e 6 foram selecionadas para posterior otimização, sendo que a equipe de projeto decidiu reunir as características positivas das duas concepções para seguir para a etapa de otimização da concepção.

#### 4.2.6 Evolução da concepção selecionada

Em função da seleção de duas concepções na etapa anterior foi realizada a junção e otimização de mecanismos considerados promissores para formar a concepção considerada ideal pelos membros da equipe.

Conforme ilustra a figura 70, baseado na figura 68, decidiu-se realizar algumas alterações na Concepção 6:

- Modificou-se a forma de fixação dos botijões tornando-a mais simples, com localização sobre o chassi porta ferramentas, à exemplo da Concepção 4;
- Para fixação das linhas ficou definido um sistema pantográfico com auxílio de uma roda para descrição do terreno, conforme observações feitas a Concepção 6 (Figura 68);
- A câmara de aplicação de calor mais simples de fabricar e escolhida para ser otimizada foi a da Concepção 6;
- O mecanismo para combater chamas mais simples seria o da Concepção 4, porém ao invés de ser suspenso, deve ser preso na parte posterior da câmara de aplicação de calor.
- A unificação de todas as saídas de gás para uma tubulação central e posterior divisão para distribuição nos queimadores, permite o controle do acionamento e fechamento do gás para os queimadores. A presença de um único registro central, por exemplo, uma válvula solenoide com acionamento elétrico, gera maior segurança e menor consumo de gás.

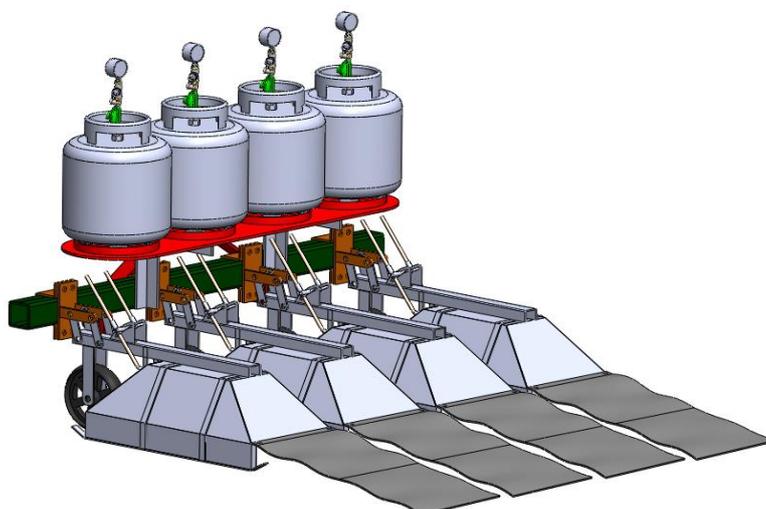


Figura 70 - Concepção otimizada.



Sistema	Subsistema/componentes	Componentes	Principais parâmetros
Aplicação de calor	Geração de faísca	Vela, cachimbo, bobina, motor, polias, corria, distribuidor, fio e bateria.	Número de velas, tensão.
	Distribuição de calor	Bicos aplicadores de calor com fabricação nacional, conexões dos bicos, parafusos, porcas e arruelas.	Quantidade de bicos por linha, diâmetro e comprimento do bico, comprimento da haste do aplicador de calor, diâmetro da mangueira e da conexão, altura e ângulo de aplicação.
Isolamento do calor	Câmara de aplicação de calor	Chapa de aço galvanizado, lã de rocha.	Comprimento, largura, altura e espessura da câmara.
	Abafador	Borracha, rebite.	Largura, comprimento e espessura da borracha. Tamanho dos rebites.
Regulagem da altura de aplicação de gás	Roda, eixo, chapa de aço, parafusos, porcas e arruelas.		Diâmetro da roda, localização do sistema pantográfico.
Regulagem do espaço entre as linhas	Chapa de aço, parafusos, porcas e arruelas.		Dimensão e formato da secção do chassi porta ferramentas, dimensões das câmaras de aplicação de calor.
Suporte das linhas	Chassi porta ferramentas	Chapa de aço, parafusos, porcas e arruelas.	Largura total, espessura de chapa e posicionamento.
Apoio e fixação dos botijões	Chapa de aço, parafusos, porcas e arruelas.		Localização e tamanho dos botijões.
Acoplamento à fonte de tração	Engate de três pontos	Chapa de aço.	<b>Dimensões conforme NBR ISO 730-1, categoria de engate 1 e 2.</b>
Dosagem de gás	Regulagem e indicação da pressão de gás	Manômetro com registro e indicador analógico, conexões.	Pressão utilizada, posição do manômetro, diâmetro das conexões.
	Condução de gás	Mangueira de borracha e abraçadeiras.	Diâmetro e comprimento da mangueira, quantidade de abraçadeiras.

Figura 72 - Sistemas, subsistemas, componentes e seus principais parâmetros.

### 4.3.3 Construção de protótipos

Com o intuito de analisar o comportamento das chamas geradas pelo bico aplicador de calor, ao ser instalado junto à câmara de aplicação de calor, foi construído um protótipo físico e focado.

Este consiste em um botijão de gás acondicionado sobre a estrutura de aço, provida de dois eixos com quatro rodas de plástico. Ao lado, uma câmara com formato trapezoidal, construída em aço galvanizado e revestida com lã de rocha. Na parte frontal da câmara uma haste para fixação do queimador.

A construção da estrutura de teste foi realizada, por meio do reaproveitamento de material, de um antigo cortador de grama em desuso. Para a

fixação do queimador foi reaproveitada uma haste de um retroprojektor. Este mecanismo possibilitou a regulagem de altura e ângulo de aplicação de calor.

Para fixação do botijão junto a carcaça, bem como a fixação da câmara à carcaça, foram utilizadas barras de aço, parafusos, arruelas e porcas, que estavam disponíveis no NIMEq.

Para a aplicação de calor foi reutilizada, a estrutura da bancada de testes para avaliar o desempenho de mecanismos aplicadores de calor existentes no mercado, para a qual, já haviam sido comprados: botijão, válvula de gás, registro, manômetro, mangueira, abraçadeiras e queimador, conforme pode ser visualizado na figura 18. Portanto para a construção do protótipo (Figura 73) foi necessário somente à compra de: chapa de aço galvanizado, lã de rocha e rebites.

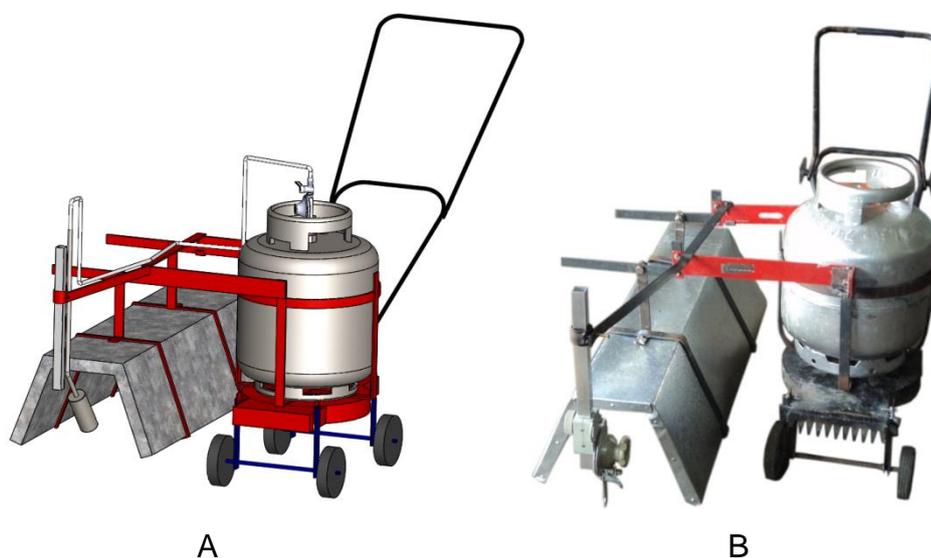


Figura 73 - Primeiro protótipo. A - concepção. B - construído

Após a construção do protótipo foi realizada a observação prática de operação do equipamento, sem utilização de testes instrumentais, visto que, a visualização do funcionamento foi suficiente para responder aos questionamentos elaborados pela equipe de projeto, relacionados na figura 74.

Perguntas	Respostas
Qual a influência do vento na manutenção das chamas?	Quando o queimador foi utilizado na presença de ventos fortes, as chamas se apagaram. Fato que, indica a necessidade de utilização de velas para geração de faíscas, não somente, para gerar chamas antes da aplicação de calor, mas também durante a operação, afim de que, as chamas sejam mantidas.
Qual a influência da altura das plantas na manutenção das chamas?	As chamas se apagaram quando utilizado o queimador batendo nas plantas, devido ao abafamento causado pelas mesmas. Plantas com alturas maiores que 20 centímetros não foram controladas. Observa-se, portanto, uma restrição da utilização da máquina, a qual deverá ser utilizada, quando as plantas estiverem em estágio inicial de desenvolvimento.
É possível apagar as chamas com um artefato de borracha preso após a câmara de aplicação de calor?	O artefato de borracha preso na parte traseira da câmara de aplicação de calor não impediu que as chamas se espalhassem, quando utilizado o protótipo na presença palha. Por conseguinte, não se deve utilizar este tipo de máquina na presença de grande quantidade de palhas.
Quanto tempo após a aplicação de calor pode-se observar os primeiros resultados?	Três dias após o controle térmico, notou-se a mudança de coloração das plantas devido à desidratação.
Qual a largura real de abrangência das chamas para o queimador selecionado?	Dependendo da altura e ângulo de utilização do bico aplicador de calor, observou-se a variação da largura de aplicação. Entretanto, independente destes parâmetros, a largura de aplicação não atingiu os 0,4m desejados, conforme especificações do projeto. Sendo assim, existe a necessidade de utilização de dois queimadores por linha de aplicação.
Qual a melhor altura e ângulo de aplicação para o queimador selecionado?	Altura de 0,3m e ângulo de 30° dos bicos aplicadores de calor em relação ao solo foram os que, proporcionaram maior abrangência das chamas.
A partir de que pressão o gás congela dentro do botijão?	Ao utilizar-se dois botijões de gás, não foi possível a manutenção da pressão em níveis superiores a 3kgf.cm <sup>-2</sup> , tornando-se instável em reação ao tempo de utilização. Observou-se neste caso, o resfriamento do botijão o que sugere que o gás estava em processo de congelamento. Observou-se também que, quanto maior a quantidade de botijões utilizados, maior a pressão para que ocorresse o resfriamento dos botijões.
Qual velocidade de aplicação pode ser utilizada?	Notou-se, conforme esperado que, quanto menor a velocidade de aplicação de calor, melhor os resultados quanto à mortalidade das plantas.

Figura 74 - Informações geradas após a utilização do primeiro protótipo.

O segundo protótipo (Figura 75), também classificado como físico e focado, foi confeccionado a partir da reutilização do chassi de uma semeadora, em desuso no NIMEq. O protótipo consiste em um chassi porta ferramentas, o qual suporta quatro botijões de gás e quatro linhas para aplicação de calor.

Nas linhas encontram-se as câmaras aplicadoras de calor, construída em aço galvanizado e revestida com lã de rocha. Na parte frontal de cada câmara estão localizados dois queimadores e, uma roda, responsável pelo acionamento do sistema pantográfico. Este sistema foi confeccionado com chapa de aço, parafusos,

arruelas e porcas, todos os materiais disponíveis no NIMEq. Os materiais que necessitaram ser adquiridos foram: quatro botijões de gás com capacidade de 13kg, sete queimadores, quatro rodas, componentes do sistema responsável pela geração de faísca (oito velas, oito cachimbos, uma bobina, um motor elétrico, duas polias, uma correia, um distribuidor e fio) e materiais para o sistema responsável pela dosagem de gás (dois manômetros, uma válvula de gás, conexões, mangueira de borracha e abraçadeiras).

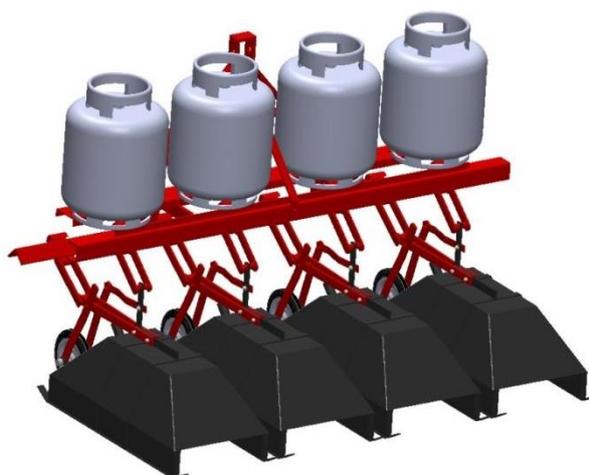


Figura 75 - Segundo protótipo.

Antes dos experimentos de campo, foram realizados pré-testes com o protótipo, a fim de, examinar o funcionamento geral do mesmo. Para tanto foi utilizado um trator John Deere, modelo 5605, conforme observa-se na figura 76.



Figura 76 - Conjunto trator-protótipo.

Os experimentos de campo foram realizados no dia 26 de novembro de 2013, no período da tarde. De acordo com os dados meteorológicos da Estação Experimental da Cascata no dia do experimento, não ocorreu chuva, a temperatura mínima e máxima respectivamente foram de 18,8°C e 29,6°C e a velocidade média do vento foi de 1,65m.s<sup>-1</sup>.

Obteve-se imagens com a utilização de câmera fotográfica logo após a aplicação do controle térmico (0 DACT) e a 3 e 7 dias (3 DACT, 7 DACT). Os dados assim obtidos foram então analisados estatisticamente.

Na tabela 2 é apresentada a síntese desta análise. Nota-se que houve diferença significativa entre os fatores velocidade, pressão e bloco no que se refere a taxa de controle das plantas espontâneas, a um nível de significância de 5%. Entretanto a aplicação do teste de F aponta que não houve diferença significativa para o fator rodado, este fato ratifica a não utilização do conceito apresentado na concepção 2 (figura 63), uma vez que o acamamento das plantas e posterior aplicação do calor não implica no aumento da taxa de controle das plantas espontâneas.

Para melhor elucidação dos resultados que diferiram significativamente, confeccionou-se tabelas 3, 4 e 5, as quais apresentam a taxa média de controle das plantas espontâneas, conforme fator empregado.

Tabela 2 - Síntese da análise de variância para as variáveis de velocidade, pressão e rodado três e sete dias após o controle térmico.

Fatores	Grau de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	Estatística do Teste F
<b>3 DACT</b>				
Velocidade (V)	2	0,79393	0,39697	17,3524 **
Pressão (P)	2	1,20932	0,60466	26,4313 **
Rodado (R)	1	0,03561	0,03561	1,5568 ns
V X P	4	0,13322	0,03330	1,4558 ns
V X R	2	0,00780	0,00390	0,1705 ns
P X R	2	0,01465	0,00733	0,3203 ns
V X P X R	4	0,20168	0,05042	2,2040 ns
Tratamentos	17	2,39622	0,14095	6,1615 **
Blocos	3	0,23995	0,07998	3,4963 *
Resíduo	51	1,16671	0,02288	
<b>7 DACT</b>				
Velocidade (V)	2	1,44969	0,72485	35,7594 **
Pressão (P)	2	1,39166	0,69583	34,3280 **
Rodado (R)	1	0,07635	0,07635	3,7665 ns
V X P	4	0,13404	0,03351	1,6532 ns
V X R	2	0,08100	0,04050	1,9979 ns
P X R	2	0,18770	0,09385	4,6299 *
V X P X R	4	0,08341	0,02085	1,0287 ns
Tratamentos	17	3,40385	0,20023	9,8779 **
Blocos	3	0,24108	0,08036	3,9645 *
Resíduo	51	1,03377	0,02027	

Legenda: ns - Não significativo ( $p > 0,05$ ); \* - Significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* - Significativo ( $p < 0,01$ )

Por meio da análise dos dados da tabela 3 pode-se observar que no bloco 3 o valor médio da taxa de controle das plantas espontâneas foi inferior aos demais blocos, tanto no terceiro quanto no sétimo dia após a aplicação de calor. Esta ocorrência está relacionada com desuniformidade da altura de aplicação nas parcelas do bloco 3, as quais apresentaram maior declividade do terreno.

Isto ocorreu porque, o sistema pantográfico projetado para o protótipo (figura 75) proporcionou oscilação da altura de aplicação de calor, menor que a exigida pela grande inclinação do terreno.

Tabela 3 - Teste de médias de controle de plantas para o fator bloco, estratificado por dia de controle térmico.

Bloco*	Dias após o controle térmico	
	3	7
1	0,48168 ab	0,51563 ab
2	0,57359 a	0,60461 a
3	0,43955 b	0,46413 b
4	0,57070 ab	0,59438 a

\*As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na tabela 4, observa-se que a velocidade de  $1,17\text{m.s}^{-1}$  não apresentou resultados satisfatórios, proporcionando valores médios de taxa de controle das plantas significativamente menores quando comparados com a utilização das velocidades de  $0,56\text{m.s}^{-1}$  e  $0,78\text{m.s}^{-1}$ . Pode-se afirmar, portanto que, quanto menor a velocidade de aplicação do calor maior será a taxa de controle das plantas espontâneas, estes resultados corroboram com Merfield (2010) e Wszelaki et al. (2007).

Tabela 4 - Teste de médias de controle de plantas para o fator velocidade, estratificado por dia de controle térmico.

Velocidade*	Média de controle de plantas por dia após o controle térmico	
	3	7
V1 $0,56\text{m.s}^{-1}$	0,61020 a	0,68693 a
V2 $0,78\text{m.s}^{-1}$	0,56917 a	0,59616 a
V3 $1,17\text{m.s}^{-1}$	0,36978 b	0,35098 b

\*As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na tabela 5, observa-se que, quanto maior a pressão de gás utilizada maior foi a taxa de controle das plantas espontâneas, estes resultados corroboram com Ulloa et al. (2010).

Tabela 5 - Teste de médias de controle de plantas para o fator pressão, estratificado por dia de controle térmico.

Pressão*	Média de controle de plantas por dia após o controle térmico	
	3	7
P1		
98kPa	0,34753 c	0,35653 b
P2		
196kPa	0,53907 b	0,58936 a
P3		
245kPa	0,66254 a	0,68817 a

\*As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Conforme apresenta a figura 77, ao utilizar-se velocidade de aplicação de calor de  $0,56\text{m.s}^{-1}$  e pressão de gás de 245kPa ou 196kPa (tratamentos V1P3 e V1P2) a taxa de controle das plantas atingiu níveis considerados satisfatórios, bem como, ao aplicar-se calor a velocidade de  $0,78\text{m.s}^{-1}$  combinada com a pressão de gás de 245kPa (tratamento V2P3).

De acordo com Knezevic (2007) e Ulloa (2010), para a agricultura orgânica, 80% de controle das plantas espontâneas é considerado um nível aceitável de controle. Porém outro fato relevante, que deve ser levando em consideração na utilização da técnica da capina térmica é o consumo de GLP por hectare, uma vez que, tanto a velocidade de deslocamento da máquina, quanto a pressão de gás utilizada, influenciam de forma direta no consumo de gás.

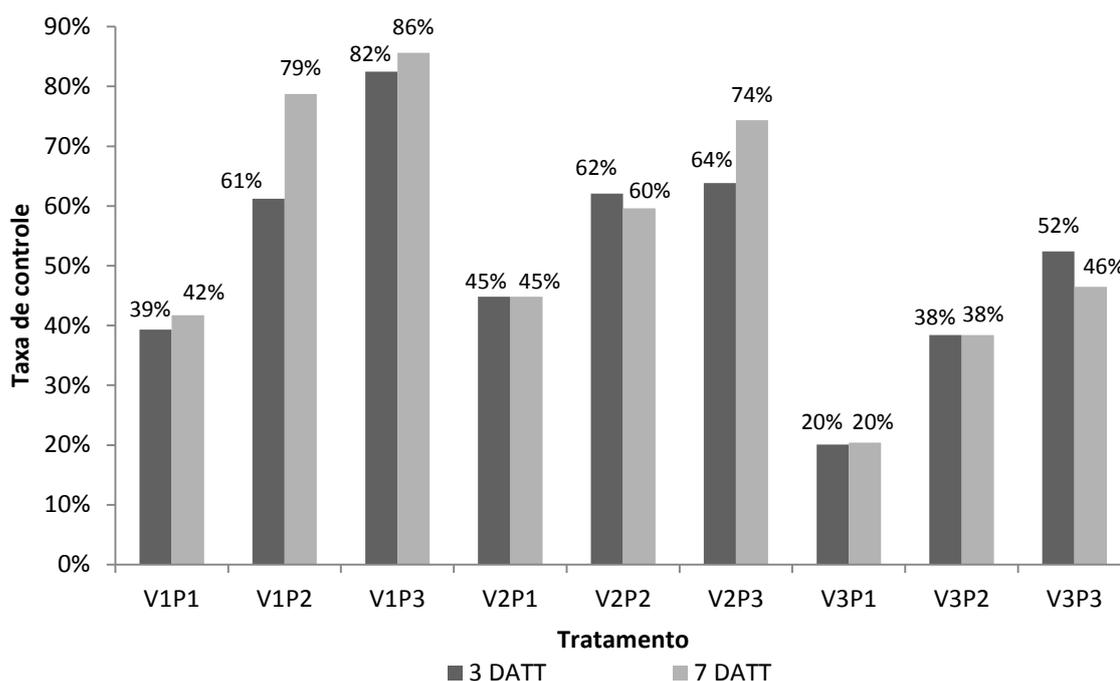


Figura 77 - Taxa de controle das plantas espontâneas.

Em laboratório determinou-se a quantidade de gás consumida pelos oito bicos aplicadores de calor. As pressões utilizadas durante o experimento, o consumo para cada repetição (R1, R2 e R3), bem como, o consumo médio podem ser observados na tabela 6.

Tabela 6 - Consumo de gás conforme pressão utilizada.

Pressão (kPa)	Consumo (kg.min <sup>-1</sup> )		
	98 (P1)	196 (P2)	245 (P3)
<b>Repetição</b>			
R1	0,2733	0,4200	0,5167
R2	0,2767	0,4433	0,5100
R3	0,2700	0,4233	0,5132
<b>Média (kg.min<sup>-1</sup>)</b>	<b>0,2733</b>	<b>0,4289</b>	<b>0,5133</b>

Para a determinação do consumo de gás por hectare, considerou-se, além das velocidades utilizadas durante o experimento, a largura efetiva de trabalho da máquina de 1,8m. Na tabela 7 tem-se o consumo e custo relacionados com cada um dos nove tratamentos utilizados. Para a determinação do custo, utilizou-se o valor unitário de R\$ 38,00 para recarga de um botijão de GLP com capacidade de 13kg.

Tabela 7 - Consumo e custo de gás por hectare.

Tratamentos	Consumo (kg.ha <sup>-1</sup> )	Custo (R\$.ha <sup>-1</sup> )
V1P1	45,19	121,68
V1P2	70,91	190,92
V1P3	84,88	228,51
V2P1	32,45	87,36
V2P2	50,91	137,07
V2P3	60,94	164,06
V3P1	21,63	58,24
V3P2	33,94	91,38
V3P3	40,62	109,37

Considerando-se a prática de lavar para o controle das plantas espontâneas, verifica-se que são necessários três homens por dia, para uma área de um hectare. Quanto a capina manual, o número de homens por hectare é considerado variável, dependendo das condições do terreno e das plantas existentes (MONEGAT, 1991). Enquanto que, no presente experimento observou-se, que ao utilizar-se o controle térmico, com a menor velocidade testada (0,56m.s<sup>-1</sup>), necessita-se apenas 2 horas e 45 minutos para realizar a capina térmica em um hectare.

Levando-se em conta somente os gastos com GLP no controle térmico (máximo R\$ 228,51 por hectare) e o tempo dispensado com esta técnica, com o custo envolvido na contratação de pessoal para a realização da capina ou lavração, pode-se inferir que a utilização do controle térmico é uma alternativa viável e de maior eficiência.

Kang (2001) em seus experimentos com controle térmico, concluiu que quanto maior a taxa de aplicação de GLP, maior o nível de controle das plantas espontâneas. O autor relata que aproximadamente 40kg.ha<sup>-1</sup> de GLP proporciona controle entre 80 e 90% das plantas espontâneas. Mojzis (2002) descreve que é necessário entre 50 e 60kg.ha<sup>-1</sup> de GLP para alcançar valores superiores a 80% na taxa de controle das plantas.

Ulloa et al. (2010) utilizaram doses entre 40 e 86kg.ha<sup>-1</sup> de GLP para obter controle de 90% das plantas. Esta dose de GLP varia conforme a espécie e estágio de desenvolvimento das plantas.

No presente experimento pode-se observar que foram necessários entre 70 e 84,8kg.ha<sup>-1</sup> de GLP para um controle das plantas entorno de 80% (Figura 77) e que, a taxa de controle das plantas espontâneas aumenta de forma proporcional ao consumo de gás, estando de acordo, portanto, com o que relata Kang (2001).

Conforme pode-se observar nas figuras 78 e 79, existe uma relação entre o consumo de gás e o controle das plantas, e esta pode ser considerada uma correlação linear positiva, uma vez que, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), obtido por meio da reta de tendência linear é próximo a um.

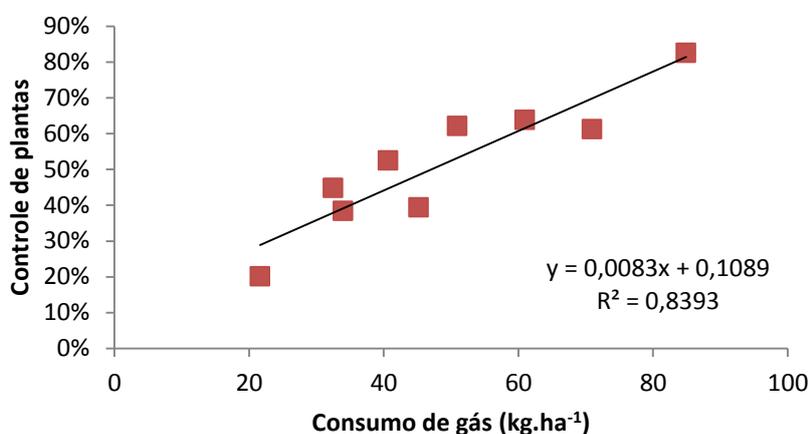


Figura 78 - Consumo de gás e nível de controle de plantas 3 DACT.

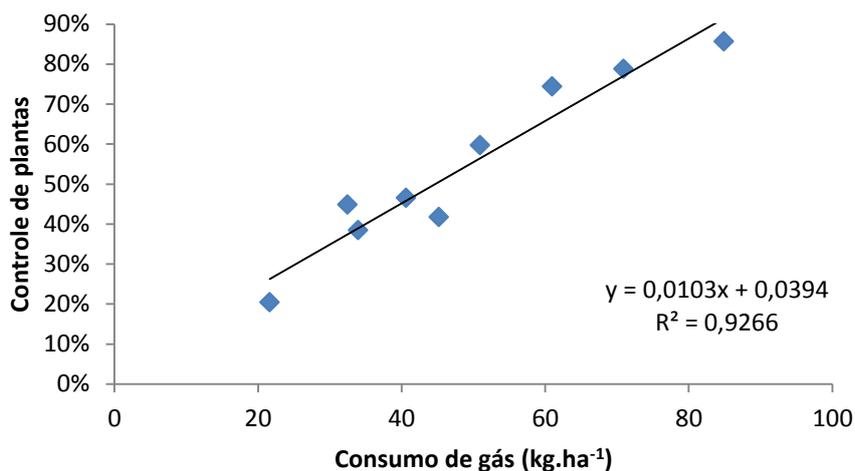


Figura 79 - Consumo de gás e nível de controle de plantas 7 DACT.

No dia 26 de novembro de 2013 (0 DACT) e no dia 06 de dezembro de 2013, dez dias após o controle térmico (10 DACT) foram realizadas inspeções visuais, em cada uma das 72 parcelas utilizadas no experimento, afim de, identificar as plantas espontâneas presentes no local. A variedade de plantas encontradas na área experimental pode ser observada na figura 80.

No Apêndice G encontram-se os dados referentes à avaliação visual da eficiência de controle das plantas espontâneas de cada parcela individualmente. Em algumas amostras (tratamento) surgiram plantas não observadas no dia da aplicação (0 DACT), isso pode estar associado a germinação de novas plantas, ou

que no dia da aplicação essas plantas estavam em estágio inicial de desenvolvimento ficando protegidas pelas plantas de estágio maior.

Nome comum	Nome científico
Azevém	<i>Lolium multiflorum</i>
Beldroega	<i>Portulaca oleracea</i>
Caruru	<i>Amaranthus</i> sp.
Chinchilho	<i>Tagetes minuta</i>
Corda-de-viola	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.)
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>
Erva-Macaé	<i>Leonurus sibiricus</i>
Ervilhaca Comum	<i>Vicia sativa</i>
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)
Guanxuma	<i>Sida</i> sp.
Joá-bravo	<i>Solanum sisymbriifolium</i>
Leiteiro	<i>Euphorbia heterophylla</i> (L.)
Losna	<i>Artemisia verlotorum</i>
Maria Pretinha	<i>Solanum americanum</i>
Nabo	<i>Raphanus</i> sp.
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>
Picão Branco	<i>Galinsoga</i> sp
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)
Tripa de Sapo	<i>Alternanthera philoxeroides</i>

Figura 80 - Plantas que ocorrem na área total do experimento.

Por meio da inspeção visual observou-se que na maior parte dos tratamentos houve diferentes níveis de controle das plantas espontâneas, dependendo da pressão do gás e velocidade do trator. De forma geral, a maior eficiência no controle foi observada com pressões maiores e velocidades menores.

Faz-se importante resgatar o conceito de controle, pois muitas vezes, “controle” é entendido como erradicação, o que se caracteriza por elevado custo econômico e ambiental, tornando-se muitas vezes inviável.

O controle de plantas daninhas consiste na adoção de certas práticas que resultam na redução da infestação, mas não, necessariamente, na sua completa eliminação; essa é a erradicação, controle ideal, porém, dificilmente obtido na grande agricultura.

A erradicação da infestação de plantas daninhas implica na completa remoção, de uma dada área, de todas as sementes e suas estruturas de reprodução vegetativa. Devido ao alto custo, a erradicação só é praticada em pequenas áreas, como em viveiros de plantas frutíferas e ornamentais, em jardins, vasos e eventualmente em pequenas hortas (LORENZI, 2000).

Desta forma é possível afirmar que, no caso das plantas espontâneas que demonstraram rebrota (recuperação), essa ocorreu por volta do décimo dia após a

aplicação do tratamento, tal fato corrobora com os resultados obtidos por Kang (2001) e Ulloa et al. (2010). Também foi possível visualizar que algumas plantas estavam rebrotando de forma mais rápida e outras de forma mais lenta, variando conforme a intensidade das chamas geradas pelos bicos aplicadores de calor, permitindo inferir desta forma que, quanto maior quantidade de gás utilizada mais lenta a rebrota das plantas.

Após a realização dos testes do segundo protótipo (Figura 76) tornou-se possível afirmar que a utilização de dois queimadores por linha é algo indispensável para a manutenção da largura de aplicação de calor entorno de 0,4m por linha.

Constatou-se também que, a utilização de velas gerando faísca constantemente proporcionou maior eficiência ao trabalho realizado, não ocorrendo falhas significativas na faixa de aplicação. Também o sistema pantográfico permitiu a manutenção da altura de aplicação de calor em cada linha de forma individual.

Nos testes realizados com o segundo protótipo (Figura 76) foram detectados alguns problemas que geraram a necessidade de alterações no projeto da câmara de aplicação de calor. O formato utilizado no segundo protótipo (Figura 76) torna inviável a fabricação da câmara por meio da utilização de máquina dobradora, sendo necessário desta forma que, as dobras das chapas sejam confeccionadas somente manualmente. A utilização de lã de rocha isolou o calor, porém não proporcionou total isolamento das partes externas, logo se optou por tirar a lã de rocha e modificar o formato da câmara de aplicação de calor. Estas modificações, bem como acréscimo de sistemas auxiliares foram realizadas durante o ciclo DFF apresentado a seguir.

#### **4.3.4 Aplicação do ciclo DFF**

Nessa etapa os SSCs foram representados conforme figura 81. Para tanto se considerou, às normas e legislações referentes à área de domínio do produto, o quadro de especificações do projeto (Figura 44) e os conhecimentos experimentais com protótipos.

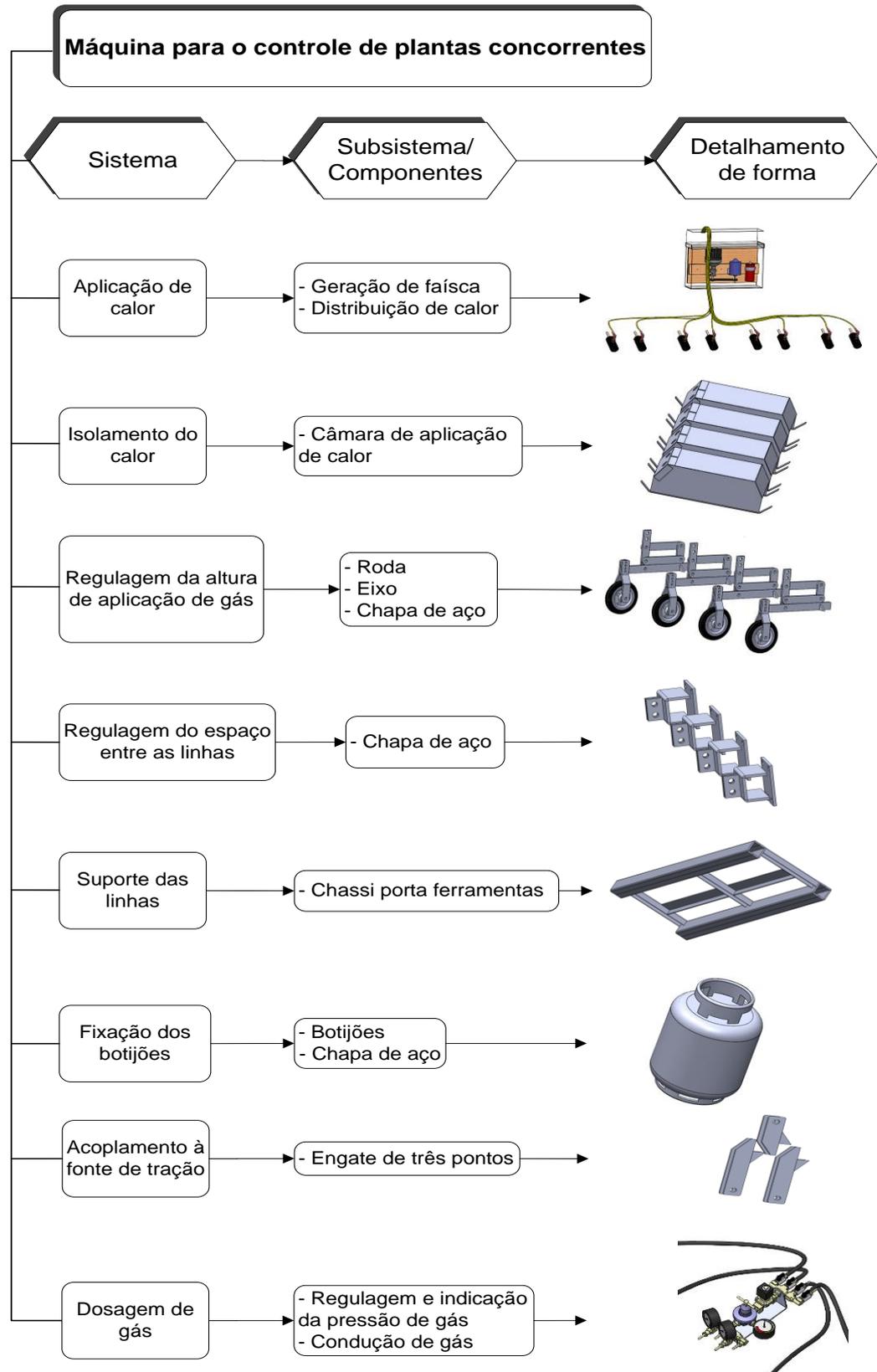


Figura 81 - Representação dos sistemas da máquina para controle de plantas espontâneas.

### 4.3.5 Especificações

O sistema de aplicação de calor é composto de, um motor elétrico, que aciona um distribuidor com oito saídas e, a este, são ligadas oito velas automotivas, com a função de gerar faísca para combustão do gás dentro de cada um dos oito queimadores. A fim de ajustar a relação de transmissão entre o motor elétrico e o distribuidor, foram utilizadas duas polias interligadas por uma correia.

O acionamento do motor elétrico é realizado pela bateria do trator, com tensão de 12 volts, sendo esta bateria responsável também, pela alimentação da bobina, que por sua vez, eleva a tensão antes de ser transmitida ao distribuidor.

O sistema de aplicação de calor é acionado, por um painel de comando, o qual é provido de um relé e duas chaves. Uma delas aciona uma válvula solenoide para a liberação de gás e, libera a segunda chave que, permite o acionamento do motor elétrico, ou seja, as velas não podem ser acionadas sem antes o gás ser liberado. Portanto, o painel de comando permite ao operador do trator domínio tanto da liberação de gás, quanto a ativação e desligamento dos queimadores.

Parte dos componentes do sistema de aplicação do calor pode ser visualizado na figura 82.

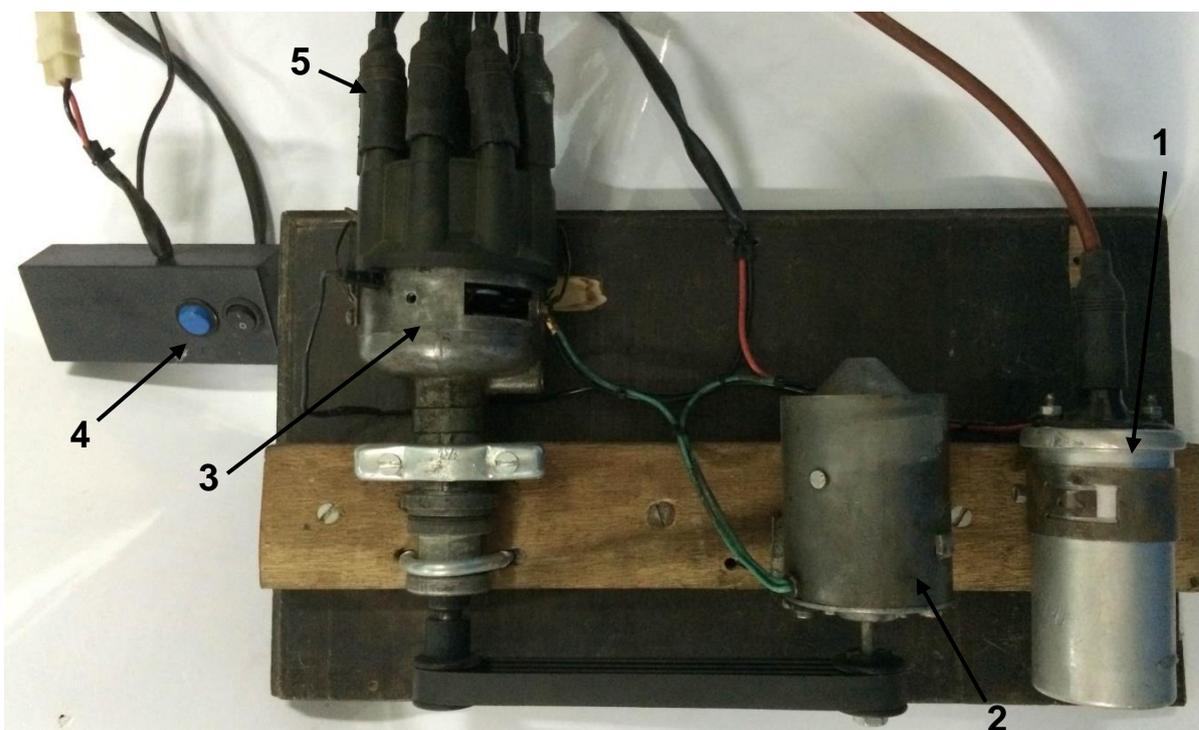


Figura 82 - Componentes do subsistema geração de faísca.  
Onde: 1) bobina; 2) motor elétrico; 3) distribuidor; 4) painel de comando; 5) cabos de vela.

O sistema de isolamento do calor compõem-se de, uma câmara de formato trapezoidal, com 0,35m de largura, 0,75m de comprimento e 0,25m de altura e abas, anterior e posterior, com ângulo de 30°. Na parte inferior possui uma plataforma deslizante cuja finalidade é evitar o desgaste na câmara. A aba anterior é perfurada para a fixação de dois queimadores.

Nos experimentos de campo, observou-se que, as plantas não atingidas de forma direta pelas chamas, continuaram intactas, mesmo ao entrar em contato com as paredes da câmara de aplicação de calor, que apresentava alta temperatura. Fato também observado por Figueiredo et al. (2011), que relatam a necessidade da ação do calor e pressão de contato entre superfície aquecida e as plantas, para que as mesmas sejam controladas.

Logo, a câmara de aplicação de calor (Figura 83), foi concebida sem parede dupla com lã de rocha em seu interior, ao contrário da concepção otimizada (Figura 70) e do segundo protótipo (Figura 75). Como a lã de rocha não foi capaz de isolar a temperatura de forma a promover segurança ao usuário, ao mesmo tempo em que, a temperatura externa da câmara não apresenta prejuízos às plantas, não se faz necessária a sua utilização.

O sistema de regulação da altura de aplicação de gás é composto por, uma roda maciça de borracha com diâmetro de 0,22m, um eixo cilíndrico e sistema pantográfico que possui ao todo 7 chapas com largura de 0,050m e espessura de 0,0095m (3/8”).

O eixo serve de suporte da roda, a qual acompanha as irregularidades do solo a fim de que, a altura de aplicação de calor seja o mais uniforme possível. Na presença de obstáculos, principalmente pedras, a roda aciona o sistema pantográfico, o qual faz com que a câmara de aplicação vença o obstáculo mantendo-se paralela ao chassi, diminuindo o risco de danos devido aos impactos.

A variação de altura da câmara de aplicação de calor, quando em funcionamento, vem a ser de 0 a 0,25m. As chapas que suportam as duas extremidades do eixo são sustentadas por outra, por meio de parafusos, os quais podem ser fixados em diferentes orifícios, permitindo desta forma, a regulação de altura da roda em relação aos patins. Estes últimos localizam-se na base inferior da câmara de aplicação de calor e permitem que a câmara se necessário deslize sobre o solo.

O sistema de regulagem do espaçamento entre linhas compõem-se de 4 chapas das quais, duas formam uma abraçadeira, uma delas tem perfil tipo “U”, envolvendo o perfil quadrado do chassi e a outra é plana com 4 orifícios por onde os parafusos são presos por porcas. As demais chapas são soldadas no perfil tipo “U” possuindo 2 orifícios, onde conecta-se o sistema pantográfico.

A regulagem é feita afrouxando-se as porcas e deslizando-se a abraçadeira para as laterais, movendo toda a linha da máquina. A largura da câmara de aplicação de calor vem a ser de 0,35m, logo juntando-se duas câmaras pelo sistema de regulagem de espaço entre linhas, a máquina poderá ser utilizada em mais de uma cultura, portanto pode ser utilizada, para a cultura de feijão e milho, pois de acordo com Silva (2003), a cultura do feijão é semeada entre 0,4 e 0,6m e segundo Cardoso e Ribeiro (2006), a cultura do milho é semeada com espaçamentos entre 0,5 e 0,9m.

O sistema de suporte das linhas é constituído por um chassi porta ferramentas que tem a função de suportar todos os SSCs. Este é composto por chapa de perfis tipo “U” e tipo “L”.

A fixação dos botijões é feita por meio de sistema de engate rápido, constituído por chapa metálica dobrada e perfurada, fixado por meio de parafusos.

O sistema de acoplamento à fonte de tração compõem-se de 12 chapas ao todo, as quais são soldadas na parte frontal do chassi. Este sistema possui dimensões estabelecidas pela norma NBR ISO 730-1, categoria de engate 1 e 2. Possibilitando que a máquina seja acoplada à diferentes classes de potência de tratores.

O sistema de dosagem de gás possui uma válvula com manômetro analógico da marca Famabras, série GLP, modelo FRG13B, conexões, mangueira de borracha e abraçadeiras.

As conexões que fazem parte do sistema são: 8 niples, 4 curvas, 4 tês, 2 cruzetas e 5 luvas. Ainda compõe o sistema: uma válvula solenoide que é acionada pelo sistema de aplicador de calor, 4 registros para a abertura e fechamento do gás proveniente dos botijões e 2 manômetros responsáveis por indicar a pressão de saída do sistema (Figura 83).



Figura 83 - Sistema de dosagem de gás.

Foi acrescentada a máquina, um sistema auxiliar para suportar o chassi no local de armazenamento da mesma. Tratam-se de 4 sapatas constituídas de chapa plana e perfil “U”. Cada sapata possui 4 orifícios, permitindo a fixação da mesma ao chassi. A disposição dos furos possibilita a regulagem da altura das sapatas, desta forma as mesmas podem ser transportadas mesmo quando a máquina estiver operando.

Para que o leiaute definitivo da máquina (Figura 84) fosse estabelecido, necessitou-se a inclusão de componentes auxiliares, como por exemplo, suporte do sistema de dosagem de gás, parafusos, porcas e arruelas.

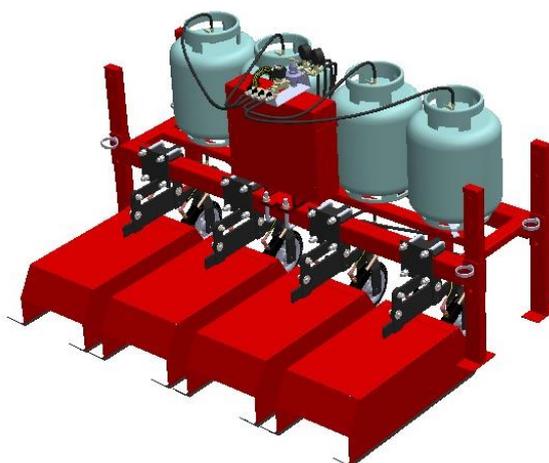


Figura 84 - Leiaute definitivo da máquina para controle de plantas espontâneas.

O custo da máquina foi determinado conforme a figura 85, sem contar com a mão-de-obra, os serviços de corte, dobra, solda e pintura das chapas metálicas. Acrescentando-se estes serviços, pode-se estimar que o custo total da máquina seja inferior a R\$ 3.000,00.

Sistema	Componentes e materiais	Quant. (unid.)	Valor Unit. (R\$)	Valor Total (R\$)
Aplicação de calor	8 Velas, 8 cachimbos, bobina, motor, polia, correia, distribuidor, fio	1	300,00	300,00
	Queimador Jackwal n°8	8	50,00	400,00
Isolamento do calor	Chapa de aço (1010) 1,5 m x 3 m esp. 2 mm	0,7	259,30	181,51
	Prancheta de aço 1" esp. 3 mm	1	17,50	17,50
Regulagem da altura de aplicação de gás	Roda estampada	4	20,00	80,00
	Eixo usinado	4	5,00	20,00
	Chapa de aço (1010) 1,5 m x 3 m esp. 3/8"	0,1	1296,00	129,60
Regulagem do espaço entre linhas	Chapa de aço (1010) 1,5 m x 3 m esp. 3/8"	0,03	1296,00	38,88
Suporte das linhas	Chapa de aço (1010) 1,5 m x 3 m esp. 3/16"	0,06	615,60	10,27
Fixação dos botijões	Botijão de gás	4	90,00	360,00
	Chapa de aço (retalho)	-	-	-
Acoplamento a fonte de tração	Chapa de aço (1010) 1,5 m x 3 m esp. 1/2"	0,04	1645,92	54,87
Dosagem de gás	Manômetros, válvulas com registro, registros, conexões, mangueiras de borracha	1	600,00	600,00
Auxiliares	Suporte do chassi (Chapa de aço (1010) 1,5 m x 3 m esp. 3 mm)	0,2	388,00	77,60
	Tinta esmalte 900 ml	2	12,50	25,00
	Parafusos, porcas, arruelas	1	35,00	35,00
				<b>2330,23</b>

Figura 85 - Custo da máquina.

Nota-se, portanto que o custo da máquina, embora não seja elevado, ficou acima do valor estipulado de conforme especificações do projeto (Figura 44), este fato deve-se principalmente pela utilização de sistema de dosagem de gás e acionamento de calor controlados pelo operador do trator. Entretanto, estes dois sistemas são responsáveis pela manutenção das chamas durante a aplicação de calor e, da forma como se apresentam, proporcionam segurança e confiabilidade ao projeto, fato que os torna indispensáveis.

#### 4.4 Projeto detalhado

Nesta fase do projeto foram finalizados os desenhos de conjunto, desenhos das vistas ortogonais cotadas e especificações dos materiais. Esta documentação é apresentada no Apêndice H.

## **5 Conclusões**

Por meio do presente trabalho foi possível gerar a concepção de um sistema mecanizado para o manejo de plantas espontâneas por meio da aplicação de calor voltado às necessidades dos agricultores familiares que desenvolvem sistemas de produção orgânica.

Foi viável a construção de um equipamento para o manejo de plantas espontâneas, eficiente e de baixo custo de fabricação, confirmando as hipóteses deste estudo.

A implementação dos sistemas de aplicação de calor e dosagem de gás são inovações tecnológicas que, por meio de um painel de comando, possibilitam ao operador do trator ter total controle da aplicação de gás.

Constatou-se que, quanto maior a pressão de gás e menor a velocidade de deslocamento do conjunto trator-implemento, maior foi o controle de plantas espontâneas.

## **6 Recomendações para trabalhos futuros**

As recomendações aqui apresentadas abordam as ações que podem ser implementadas, a fim de complementar e/ou aperfeiçoar este projeto. A seguir, são detalhadas algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Realizar testes com os queimadores utilizados no presente trabalho, em ambiente controlado, com diferentes espécies de plantas e em diferentes estádios de desenvolvimento;
- Executar testes com o protótipo de quatro linhas confeccionado, no presente trabalho, em ambiente com a presença de culturas como milho e feijão;
- Desenvolver de um sistema que possa combater as chamas geradas na presença de palha;
- Otimizar o produto por meio da aplicação do projeto para segurança e responsabilidade civil, incrementando anteparos, proteções e pictogramas, afim de, evitar acidentes durante a utilização e manutenção do produto.

## Referências

ASSISTAT. Disponível em: <<http://www.assistat.com>>. Acesso em: 24 fev. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ABNT NBR ISO 730. **Tratores agrícolas de rodas** — Engate traseiro de três pontos — Categorias 1 N, 1, 2 N, 2, 3 N, 3, 4 N e 4. São Paulo, 2011. 16 p.

BACK, N.; OGLIARI, A. DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri SP: Manole, 2008. 648 p.

BENJAMIN, W. R. **Burner unit principally for flame cultivation of blueberries**. US 5826371. Disponível em: <<http://www.freepatentsonline.com/6257875.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

BRIGHENTI, A. M.; BRIGHENTI, D. M. Controle de plantas daninhas em cultivos orgânicos de soja por meio de descarga elétrica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, nov. 2009.

BRIGHENTI, A. M.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; ADEGAS, F. S. Controle de plantas daninhas em soja orgânica com uso da roçadeira articulada. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 202-204.

CARDOSO, M. J. e RIBEIRO, V.Q. Desempenho agrônômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamentos entre linhas e densidades de plantas sob regime de sequeiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, n. 1, p. 102-105, 2006.

COBUCCI, T.; STEFANO, J.G.; KLUTHCOUSKI, J. **Manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro em plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 56 p. Disponível em: <[http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/circ\\_35ID-Dy3HYAsVoR.pdf](http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/circ_35ID-Dy3HYAsVoR.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2011.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA DO RIO GRANDE DO SUL (CREA). **Conselho em Revista**. Porto Alegre, n. 19, 34 p, 2006.

CORRÊA, V. P.; SILVA, F. F.; NEDER, H. D. Estudo da distribuição de recursos do PRONAF nas regiões Sul e Nordeste do Brasil uma abordagem estatística. In: Antonio Cesar Ortega e Niemeyer Almeida Filho. (Org.). Desenvolvimento territorial, segurança alimentar e economia solidária. 1 ed. **Anais...** Campinas: Átomo e Alínea, 2007, v. 1, p. 80-106.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; KRÜGER, C. A. M. B., COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, (Suplemento), p. 855-864, 2009.

DAROLT, M.R.; SKORA NETO, F. Sistema de Plantio Direto em agricultura orgânica. **Revista Plantio Direto**, v. 70, p. 28-30, 2002.

ESPERANCINI, M. S. T.; COLEN, F.; BUENO, O. de C.; PIMENTEL, A. E. B.; SIMON, E. J. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 110-118, 2007.

DACTA, A.; KNEZEVIC, S. Z. Chapter Six – Flaming as an Alternative Weed Control Method for Conventional and Organic Agronomic Crop Production Systems: A Review. **Advances in Agronomy**. v. 118, p. 399-428, 2013.

DIVER, S. **Flame weeding for vegetable crops**. NCAT Agriculture Specialist. Jun. 2002. Disponível em: [www.attra.ncat.org/attra-pub/PDF/flameweedveg.pdf](http://www.attra.ncat.org/attra-pub/PDF/flameweedveg.pdf). Acesso em: 06 abr. 2010.

EPO. European Patent Office. Disponível em: <http://ep.espacenet.com>. Acesso em: 08 nov. 2011.

FIGUEIREDO, P. R. A.; HOSHINO, R. T.; SILVA, A. L. Avaliação da eficácia do uso de calor e pressão no controle de *raphanus sativus*. In: XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. **Anais...** Cuiabá, MT: SBEA, 2011.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. 2000. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

FORCELLINI, Fernando Antônio. **Projeto conceitual**. Apostila. Nedip, UFSC, Florianópolis, 2003.

GALLANDT, E. **Pedestrian propelled bed flame weeder**. Disponível em: <http://www.merfield.com/research/2010/thermal-weed-management-for-crop-production-2010.pdf>. Acesso em 5 jun. 2010.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999. 207 p.

HEINIGER, R. W.; FARMS, C.; PARKER, R. Controlling weeds in organic crops through the use of flame weeders. **Organic Farming Research Foundation**. North Carolina, p. 1-10, 1998.

HOLLOWAY, J. S. **Flame thrower for cultivating purposes**. US 3164927. Janeiro, 1965. Disponível em: <http://www.freepatentsonline.com/3164927.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2014.

IBGE. Censo Agropecuário 2006. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1466&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1466&id_pagina=1). Acesso em: 12 nov. 2011.

INPI. Instituto nacional de propriedade intelectual. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em: 08 nov. 2011.

JOHNSTONE, I.; SMITH, R. **Torches and burners for flame cultivation and flaming**. US6257875. Julho, 2001. Disponível em: <<http://www.freepatentsonline.com/6257875.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

KANG, W. S. Development of a flame weeder. **American Society of Agricultural Engineers**. v. 44, p. 1065–1070, 2001.

KNEZEVIC, S. Z.; DACTA, A.; NEDELJKOVIC, D.; TURSUN N. Soybean yield and yield components as influenced by the single and repeated flaming. **Crop Protection**. v. 50, p. 1–5, 2013.

KNEZEVIC, S. Z.; ULLOA, S. M. Flaming: potential new tool weed control in organically grown agronomic crops. **Journal of Agricultural Sciences**. v. 52, n. 2, p. 95-104, 2007.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. 5ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 399 p.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - Instrução Normativa nº 64, de 18 de dezembro de 2008. Disponível em: <[http://agroecologia.incaper.es.gov.br/site/images/publicacoes/IN\\_64\\_18dez2008.pdf](http://agroecologia.incaper.es.gov.br/site/images/publicacoes/IN_64_18dez2008.pdf)> Acesso em: 07 jun. 2011.

MARCHI, G.; DA SILVA, M. R.; MARCHI, E. C. S. **Uso de lança-chamas e radiação infravermelha no controle de plantas daninhas**. Documentos Embrapa 225, Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 24 p, set. 2008.

MARCONI M. A.; LAKATOS E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7ed. São Paulo, SP : Atlas, 2010. 320 p.

MCLEMORE, P. C. **Apparatus for flame cultivation of plants**. US2408328. Setembro, 1946. Disponível em: <<http://www.freepatentsonline.com/2408328.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

MCLEMORE, P. C. e KNUDSEN, V. **Apparatus for flame cultivation of plants**. US Re.22836. Janeiro, 1947. Disponível em: <<http://www.freepatentsonline.com/re22836.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

MCLEMORE, P. C. e KNUDSEN, V. **Apparatus for flame cultivation of plants**. US 2528899. Novembro, 1950. Disponível em: <<http://www.freepatentsonline.com/2528899.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

MCLEMORE, P. C. **Flame cultivator of plants**. US2369154. Fevereiro, 1945. Disponível em: <<http://www.freepatentsonline.com/2369154.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

MERFIELD, C.N. **Thermal weed management for crop production**. Disponível em: <<http://www.merfield.com/research/2010/thermal-weed-management-for-crop-production-2010.pdf>> Acesso em: 5 jun. 2010.

MOJZIS, M. Energetic requirements of flame weed control. **Research in Agricultural Engineering**. v. 48, p. 94-97, 2002.

MONEGAT, C. **Plantas de Cobertura de Solo**: Características e manuseio em pequenas propriedades. Chapecó, SC, 1991. 337 p.

MONSONIS, Ortiz Sebastian. **Lançallamas agrícola**. A01M; (IPC1-7): A01M. ES19580239681 19580121. 01 set. 1959. Disponível em: <[http://lp.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=ES&NR=239681A3&KC=A3&FT=D&date=19590901&D B=lp.espacenet.com&locale=pt\\_LP](http://lp.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=ES&NR=239681A3&KC=A3&FT=D&date=19590901&D B=lp.espacenet.com&locale=pt_LP)> Acesso em: 08 nov. 2012.

OGLIARI, A. **Sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetados**. 1999. 349 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

OLDONI, A. **Colhedora-beneficiadora de cebolas para a agricultura familiar**: Projeto conceitual. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

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

PEREIRA, W.; MELO, W. F. **Manejo de plantas espontâneas no sistema de produção orgânica de hortaliças**. Circular Técnica 62. Embrapa Hortaliças, Brasília, 2008.

PIVONKA R. M. **Trailer mounted flame cultivator having resiliently yieldable boom arm assembly**. US 6014835. Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.freepatentsonline.com/6014835.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

POLETO, A.A. **Lança chamas**. BR. MU7102539-1 U2. 01 nov. 1991. Disponível em: <<http://pesquisa.inpi.gov.br/MarcaPatente/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=242510&PesquisaPorTitulo=LAN%C7A%20AND%20CHAMAS&PesquisaPorResumo=&PesquisaPorDep>> Acesso em: 08 nov. 2011.

POMPER, K. W.; CRABTREE, S. B. **Weed control and economic considerations of flame cultivation in pawpaw orchards**. Community research service, Land Grant Program, Kentucky State University, Frankfort, KY, 2006. Disponível em: <<http://organic.kysu.edu/PomperWeed07.pdf>> Acesso em: 5 jun. 2010.

QFD-SACPRO. Software desenvolvido pelo Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos da Universidade Federal de Santa Catarina (NEDIP-UFSC). Disponível

em: <<http://www.nedip.ufsc.br/site/index.php?link=softwares>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

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

REIS, A. V.; FORCELLINI, F. A. Identificação de requisitos de clientes para o projeto de um dosador de precisão para sementes miúdas. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 309-20, 2006a.

REIS, A. V.; FORCELLINI, F. A. Obtenção de especificações para o projeto de um meca-nismo dosador de precisão para sementes miúdas. **Revista Engenharia Rural**, v. 17, n. 1, p. 47-57, 2006b.

ROMANO, L. N. ; BACK, N. ; OGLIARI, A. ; MARINI, V. K. An Introduction to The Reference Model for the Agricultural Machinery Development Process. **Product: Management & Development**, v. 3, n. 2, p. 109-132, 2005.

ROOY, S. C. **Improved efficiencies in flame weeding**. 1992. Tese (Mestrado em Ciência Agrícola) – Uversidade de Lincol, Canterbury, New Zealand.

ROOZENBURG, N. F. M.; EEKELS, J. **Product design: fundamentals and methods**. Chichester: John Wiley and Sons, 1995. 408 p.

ROZENFELD H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do prcesso** - São Paulo, SP.: Saraiva, 2006. 542 p.

SANTOS, G. C.; MONTEIRO, M. Sistema orgânico de produção de alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 1, p. 73-86, 2004.

SERVOSS, W. S. **Weed burner and eradicador**. US1399229. Dezembro, 1921. Disponível em:< <http://www.freepatentsonline.com/1399229.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

SILVA, C. C. Embrapa Arroz e Feijão. **Sistemas de Produção**. ISSN 1679-8869 Versão eletrônica, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/plantio.htm>>. Acesso em: 06 fev. 2014.

SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>>. Acesso em: 21 fev. 2014.

SNIAUKA, P.; POCIUS, A. Thermal weed control in strawberry. **Agronomy Research**, v. 6, p. 359-366, 2008.

STORCH, G.; SILVA, F.F. da; BRIZOLA, R.M. de O.; AZEVEDO, R. de. Caracterização de um grupo de produtores agroecológicos do sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 3, p. 357-362, 2004.

TEIXEIRA, S. S.; MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; OLDONI, A. Caracterização da produção agroecológica do sul do Rio Grande do Sul e sua relação com a mecanização agrícola. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 29 n. 1, 2009.

TEIXEIRA, S.S. **Projeto conceitual de uma semeadora de milho e feijão voltada para a agricultura familiar de base ecológica**. 2008. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

ULLOA, S. M.; DACTAB, A.; KNEZEVIC, S. Z. Tolerance of selected weed species to broadcast flaming at different growth stages. **Crop Protection**, v. 29, p. 1381-1388, 2010.

ULLOA, S. M.; DACTAB, A.; BRUENINGC, C.; NEILSON, B.; MILLER, J.; GOGOS, G.; ARKEBAUERD, T. J.; KNEZEVIC, S. Z. Maize response to broadcast flaming at different growth stages: Effects on growth, yield and yield components. **European Journal of Agronomy**, v. 34, p. 10-19, 2011.

ULLOA, S. M.; DACTAB, A.; BRUENINGC, C.; GOGOS, G.; ARKEBAUERD, T. J.; KNEZEVIC, S. Z. Weed control and crop tolerance to propane flaming as influenced by the time of day. **Crop Protection**, v. 31, p. 1-7, 2012.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. New York: McGraw-Hill. 1995. 289 p.

USPTO. United States Patent and Trademark Office. Disponível em: <<http://www.uspto.gov/>>. Acesso em: 08 nov. 2011.

VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M.; ROMAN, E. S. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. Passo Fundo: Embrapa Trigo. **Documentos Online**, 61. 2006. 20p. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do61.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do61.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2011.

VIRBICKAITE R., SIRVYDAS, A. P.; KERPAUSKAS, P.; VASINAUSKIENE, R. The comparison of thermal and mechanical systems of weed control. **Agronomy Research**, v. 4, p. 441-455, 2006.

WEELER, J. R. **Thermal plant conditioning apparatus and methods**. US 3626636. Dezembro, 1971. Disponível em: <<http://www.freepatentsonline.com/3626636.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

WSZELAKIA, A. L.; DOOHANA, D. J.; ALEXANDROU, A. Weed control and crop tolerance to propane flaming as influenced by the time of day. **Crop Protection**, v. 26, p. 134-144, 2007.

## **Apêndices**

### Apêndice A - Registros de patentes encontrados.

Ano	Autor	Título	N° da patente
1921	Willard Strait Servoss	Weed burner and eradicador	US1399229
1945	Price Chrenleigh McLemore	Flame cultivator of plants	US 2369154
1946	Price Chrenleigh McLemore	Apparatus for flame cultivation of plants	US 2408328
1947	Price Chrenleigh McLemore; Valdemar Knudsen	Apparatus for flame cultivation of plants	US Re.22836.
1949	Price Chrenleigh McLemore	Flame cultivator	US 2487353
1950	Price Chrenleigh McLemore	Apparatus for flame cultivation of plants	US 2528899
1950	Price Chrenleigh McLemore	Flame cultivator	US 2530894
1950	Alvin W. Peck	Apparatus for flame cultivation	US 2531741
1950	Atherton Richards	Flame cultivator	US 2494720
1950	Vivion A. Johnson	Flame cultivator	US 2523953
1956	Sinnon B. Riggs; Walter F. Simpkins	Boll weevil burner	US 2740228
1958	Ortiz Sebastian Monsonis	Lanzallamas agrícola	ES 239681
1964	James W. Gotcher; James W. Gotcher Jr.	Burner carrier for flame cultivators	US 3137289
1965	Richard H. Pardee	Burner for flamer cultivators	US 3177922
1965	Joe S. Holloway	Flame thrower for cultivating purposes	US 3164927
1969	William F. Lalor	Method apparatus for flame cultivating row crops	US 3477174
1970	Milton C. Baxter	Flame cultivation apparatus	US 3543436
1971	Joe R. Weeler	Thermal plant conditioning apparatus and methods	US 3626636
1973	W. Edward Kramer	Oil-fired flame cultivator	US 3727346
1975	Jefferson C. Shannon	Cultivator assembly	US 3866834
1991	Ronald C. Jones	Agriculture burner device	US 5030086
1991	Antonio Ari Poleto	Lança chamas	MU7102539-1
1997	Julius H. Chastain	Agricultural burner implement	US 5682707
1998	William Richard Benjamin	Burner unit principally for flame cultivation of blueberries	US 5826371
2000	Ralph M. Pivonka	Trailer mounted flame cultivator having resiliently yieldable boom arm assembly	US 6014835
2001	Ian Johnstone; Robert Smith	Torches and burners for flame cultivation and flaming	US 6257875
2002	Amom Jecele Machado Leal; Elcio Welzel; Rodrigo Brandalise	Capinadeira a fogo	PI0206020-5

2003	Ian Johnstone; Robert Smith	Weed and plant pests control apparatus and methods	US 6505437
------	-----------------------------	--	------------

**Apêndice B** - Formulário aplicado aos agricultores familiares.

	<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS</p> <p>FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL</p> <p>DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL</p>
---	--

01- Qual a localidade e cidade onde está localizada a propriedade rural?

02- Como considera a forma de produção agrícola utilizada na propriedade?

- Convencional
  Transição Convencional para Orgânica  
 Orgânica

03- Qual o tamanho da propriedade?

04- Qual a área utilizada para a agricultura?

05- Qual o tipo de solo? (marcar as alternativas necessárias para caracterizar o solo)

- argiloso
  de várzea
  com pedras  
 arenoso
  de morro
  outro-  
 especificar:
  de coxilha

06- Qual o tipo tração utilizada?

- humana  
 animal puxada a cavalo (citar número)  
 animal puxada a boi (citar número)  
 trator de rabiças (tipo tobatta) (citar potência e/ou modelo)  
 trator de 4 rodas (citar potência e/ou modelo)  
 outros- especificar:

07- Quais as culturas agrícolas produzidas na propriedade, tipo de cultivo e a área utilizada para cada cultura? Tipo de cultivo:

- C: convencional (aração e gradagens); M: mínimo (escarificação e gradagens); D: direto.
- | Cultivo:                             | ha:                              | Cultivo:                          | ha: |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> milho       | <input type="checkbox"/> uva     | <input type="checkbox"/> salsinha |     |
| <input type="checkbox"/> feijão      | <input type="checkbox"/> pêssego | <input type="checkbox"/> tomate   |     |
| <input type="checkbox"/> soja        | <input type="checkbox"/> maçã    | <input type="checkbox"/> cebola   |     |
| <input type="checkbox"/> batata      | <input type="checkbox"/> figo    | <input type="checkbox"/> repolho  |     |
| <input type="checkbox"/> batata-doce | <input type="checkbox"/> morango | <input type="checkbox"/> pimentão |     |
| <input type="checkbox"/> fumo        | <input type="checkbox"/> laranja | <input type="checkbox"/> vagem    |     |
| <input type="checkbox"/> abóbora     | <input type="checkbox"/> amora   | <input type="checkbox"/> couve    |     |
| <input type="checkbox"/> mandioca    | <input type="checkbox"/> banana  | <input type="checkbox"/> alface   |     |

Outro Especificar:

beterraba

cenoura

8- Quantos dias depois do plantio e/ou em que altura se encontram às plantas da cultura produzida no momento do controle?

Hortaliças:

Milho:

Feijão:

Outras:

9- Quais as formas de controle das plantas espontâneas/nativas/daninhas/invasora utilizadas atualmente?

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Capina manual                               | <input type="checkbox"/> Utilização de grade             |
| <input type="checkbox"/> Arranquio                                   | <input type="checkbox"/> Utilização de calor             |
| <input type="checkbox"/> Rotação de cultura                          | <input type="checkbox"/> Utilização de                   |
| <input type="checkbox"/> pulverizador tratorizado                    | <input type="checkbox"/> Utilização de                   |
| <input type="checkbox"/> Utilização de roçadora mecânica             | <input type="checkbox"/> Utilização de atomizador costal |
| <input type="checkbox"/> pulverizador costal                         | <input type="checkbox"/> outra - especificar:            |
| <input type="checkbox"/> Utilização de roçadora costal               |  |
| <input type="checkbox"/> Utilização de capinadora de tração animal   |  |
| <input type="checkbox"/> Utilização de capinadora de tração mecânica |  |

10- Quais às plantas espontâneas/nativas/daninhas/invasoras presentes nas lavouras e a altura no momento do controle?

Plantas:

Altura:

Plantas

Altura:

- Milhã  
 Papuã  
 Picão Branco  
 Língua de vaca

- Caruru  
 Mio-mio  
 Azevém  
 Picão

- Corda de viola  
 Tiririca/junquinho  
 Outro Especificar:

- Guaxuma

11- Quantas vezes são realizados o controle às plantas espontâneas/nativas/daninhas/invasora durante a safra?

Em hortaliças:

Milho:

Feijão:

Outras:

12- Em sua residência há utilização de gás de cozinha - GLP?

- Sim  Não

13- De que forma o ocorre a recarga de gás GLP?

- O caminhão de gás passa na propriedade  
 Alguém tem que ir até um ponto de recarga

14- A que distância da propriedade fica localizado o ponto de recarga mais próximo?

15- Qual o custo que estaria disposto a pagar por uma máquina/implemento agrícola capaz de controlar as plantas espontâneas/nativas/daninhas/invasora de forma limpa (orgânica)?

16- Quanto pagaria por ano de prestações (financiamento) e em quantos anos poderia pagar uma máquina/implemento agrícola capaz de controlar as plantas espontâneas/nativas/daninhas/invasora de forma limpa (orgânica)?

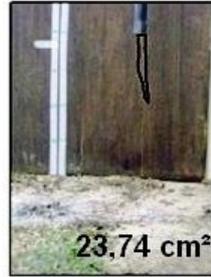
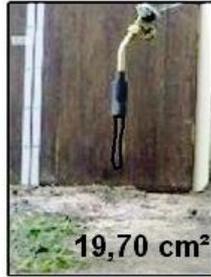
17- Qual a renda mensal bruta da propriedade?

**Obrigado por sua colaboração!**

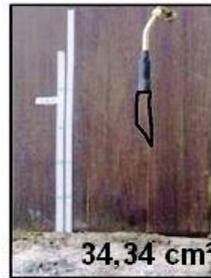
**Apêndice C** - Especificações dos bicos aplicadores de calor utilizados em experimentos.

Aplicador de calor	Consumo médio (g/h)	Diâmetro do bocal (mm)	Diâmetro do bico injetor (mm)	Temperatura máxima da chama (°C)	Distância entre o ponto de temperatura máxima e a extremidade do aplicador (mm)	Peso (g)
N°3	430	26	0,45	1050	45	149
N°4	1200	32	0,75	1050	95	192
N°5	1750	48	1,2	1050	160	495

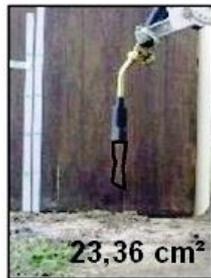
**Apêndice D** - Chama gerada pelo bico aplicador de calor Nº 3 utilizado em experimentos.



Pressão 68kPa



Pressão 98kPa

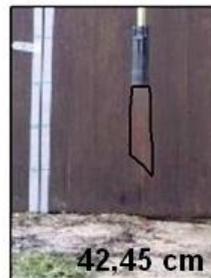


Pressão 147kPa

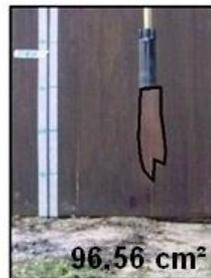


Pressão 196kPa

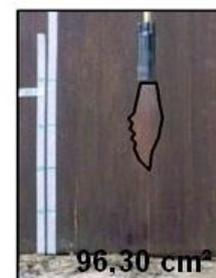
**Apêndice E** - Chama gerada pelo bico aplicador de calor Nº 4 utilizado em experimentos.



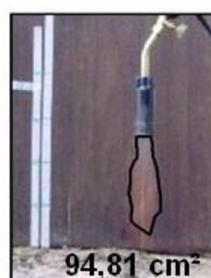
Pressão 68kPa



Pressão 98kPa

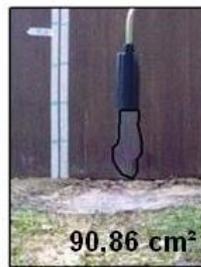


Pressão 147kPa

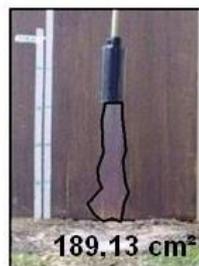


Pressão 196kPa

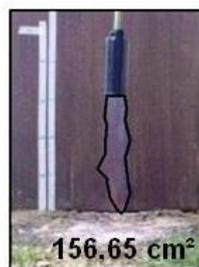
**Apêndice F** - Chama gerada pelo bico aplicador de calor Nº 5 utilizado em experimentos.



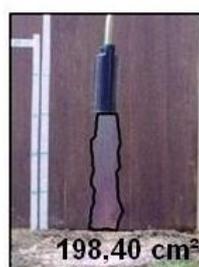
Pressão 68kPa



Pressão 98kPa



Pressão 147kPa



Pressão 196kPa

## Apêndice G - Avaliação visual da eficiência de controle das plantas espontâneas

Local: Embrapa Clima Temperado - Estação Experimental Cascata

Data: 06/12/2013

### Legenda:

N = Não houve nenhum efeito de controle

C = Controle total (erradicação total da espécie)

R = Rebrotou (houve relativo controle, mas as plantas estão rebrotando)

Bloco 1 / Parcela V3P2					
Nome comum	Nome científico	Sem efeito do pneu	Nível de controle	Com efeito do pneu	Nível de controle
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> L.	x	N	x	N
Guaxuma	<i>Sida</i> sp.	x	C		
Nabo	<i>Raphanus</i> sp.	x	N	x	N
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	N	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> L.	x	C	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> L.	x	N	x	N
Tripa de Sapo	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	x	N		
Bloco 1 / Parcela V1P1					
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> L.			x	R
Nabo	<i>Raphanus</i> sp.	x	N	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	N	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> L.	x	N	x	R
Tripa de Sapo	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	x	N		
Leiteiro	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	x	N	x	R
Bloco 1 / Parcela V1P2					
Ervilhaca Comum	<i>Vicia sativa</i>	x	C		
Leiteiro	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	x	R		
Nabo	<i>Raphanus</i> sp.	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> L.			x	C
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> L.	x	R	x	R
Tripa de Sapo	<i>Alternanthera philoxeroides</i>			x	R
Bloco 1 / Parcela V2P2					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	C
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> L.	x	R	x	C
Leiteiro	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	x	R	x	R
Losna	<i>Artemisia verlotorum</i>	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> L.	x	R	x	R
Tripa de Sapo	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	x	R	x	C
Bloco 1 / Parcela V1P3					
Corda-de-violão	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.)			x	C
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	C
Losna	<i>Artemisia verlotorum</i>			x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R		
Bloco 1 / Parcela V2P1					
Corda-de-violão	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.)	x	R	x	R
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	C		
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
Bloco 1 / Parcela V2P3					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>			x	R
Guaxuma	<i>Sida</i> sp.	x	R	x	R
Leiteiro	<i>Euphorbia heterophylla</i> (L.)	x	R	x	R
Nabo	<i>Raphanus</i> sp.	x	R		
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	x	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
Bloco 1 / Parcela V3P1					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R

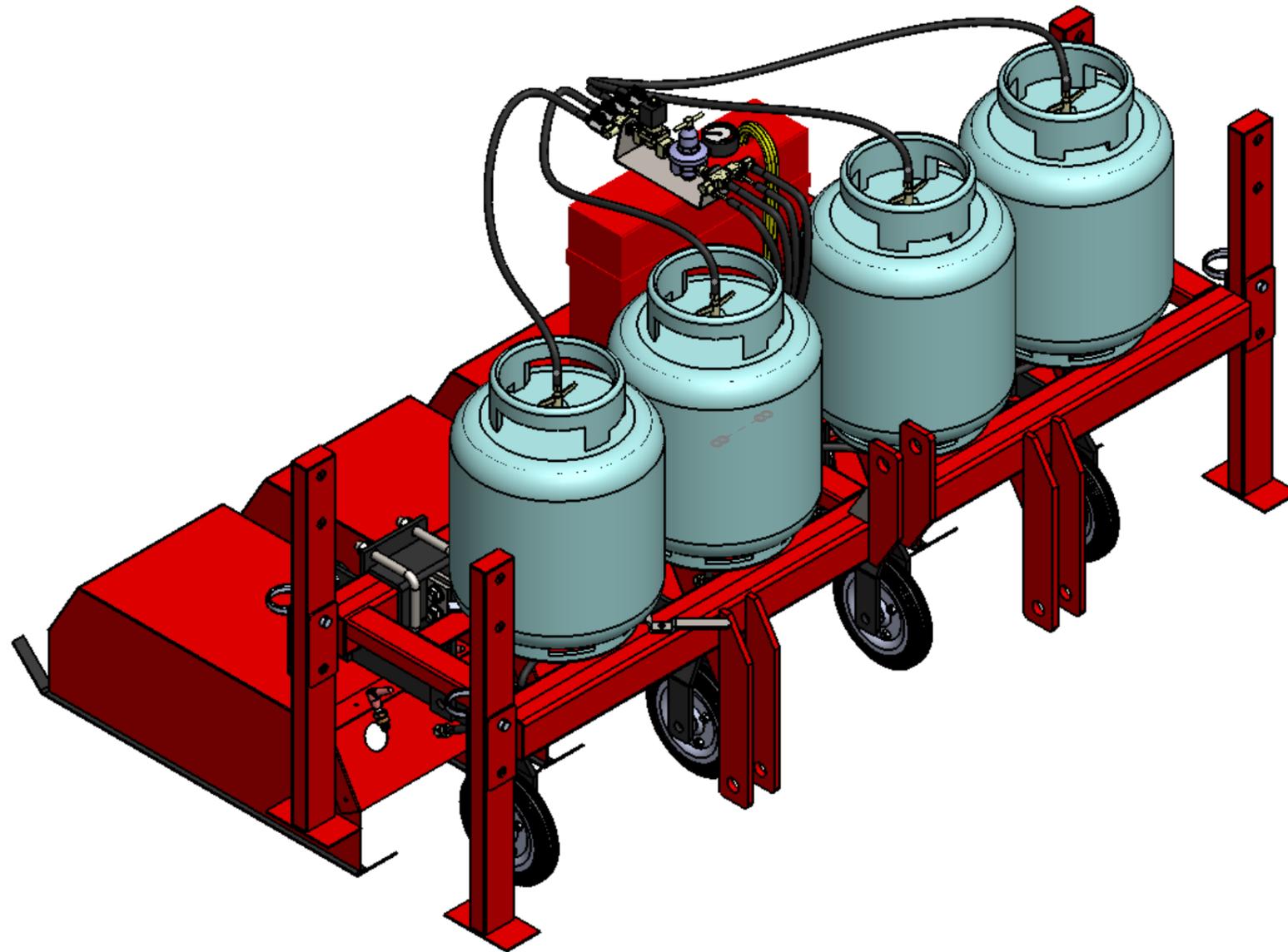
Grama Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)			x	R
Guanxuma	<i>Sida</i> sp.	x	R	x	R
Leiteiro	<i>Euphorbia heterophylla</i> (L.)	x	R	x	C
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	C
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
<b>Bloco 1 / Parcela V3P3</b>					
Chinchilho	<i>Tagetes minuta</i>	x	R		
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R		R
Guanxuma	<i>Sida</i> sp.	X	R	x	C
Leiteiro	<i>Euphorbia heterophylla</i> (L.)	x	C	x	R
Nabo	<i>Raphanus</i> sp.	x	R	x	C
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
Grama Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)			x	R
<b>Bloco 2 / Parcela V3P2</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Losna	<i>Artemisia verlotorum</i>	x	R	x	C
Nabo	<i>Raphanus</i> sp.	x	C		C
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	C
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
<b>Bloco 2 / Parcela V2P3</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Grama Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R		
Guanxuma	<i>Sida</i> sp.	x	R		
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)			x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
<b>Bloco 2 / Parcela V3P1</b>					
Caruru	<i>Amaranthus</i> sp.	x	R	x	R
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Leiteiro	<i>Euphorbia heterophylla</i> (L.)			x	R
Losna	<i>Artemisia verlotorum</i>	x	R		
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)			x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
<b>Bloco 2 / Parcela V2P2</b>					
Caruru	<i>Amaranthus</i> sp.	x	C	x	R
Corda-de-violão	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.)				
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Guanxuma	<i>Sida</i> sp.	x	R	x	R
Losna	<i>Artemisia verlotorum</i>	x	C	x	C
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	C	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	x	R	x	C
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	C
<b>Bloco 2 / Parcela V1P1</b>					
Beldroega	<i>Portulaca oleracea</i>	x	R		
Corda-de-violão	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.)	x	R	x	R
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	X	R	x	R
Grama Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Guanxuma	<i>Sida</i> sp.	x	R	x	C
Nabo	<i>Raphanus</i> sp.	x	R		
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>			x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)			x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
<b>Bloco 2 / Parcela V2P1</b>					
Azevém	<i>Lolium multiflorum</i>	x	C		
Caruru	<i>Amaranthus</i> sp.			x	C
Corda-de-violão	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.)			x	R
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>			x	R
Grama Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Guanxuma	<i>Sida</i> sp.			x	R
Losna	<i>Artemisia verlotorum</i>			x	C
Maria Pretinha	<i>Solanum americanum</i>			x	C
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	x	C		R

Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Joá-bravo	<i>Solanum sisymbriifolium</i>			x	R
<b>Bloco 2 / Parcela V1P3</b>					
Corda-de-viola	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.)	x	C	x	R
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	x	R	x	C
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
<b>Bloco 2 / Parcela V3P3</b>					
Corda-de-viola	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.)			x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)			x	R
Guaxuma	<i>Sida</i> sp.	x	R		
Losna	<i>Artemisia verlotorum</i>			x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Branco	<i>Galinsoga</i> sp	x	R		
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
<b>Bloco 2 / Parcela V1P2</b>					
Caruru	<i>Amaranthus</i> sp.			x	C
Corda-de-viola	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.)	x	R	x	C
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	C
Guaxuma	<i>Sida</i> sp.	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	R	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	C
<b>Bloco 3 / Parcela V1P3</b>					
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Nabo	<i>Raphanus</i> sp.	x	R		
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
Tripa de Sapo	<i>Alternanthera philoxeroides</i>			x	C
<b>Bloco 3 / Parcela V2P1</b>					
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)			x	C
Nabo	<i>Raphanus</i> sp.	x	C	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
Tripa de Sapo	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	x	N	x	N
<b>Bloco 3 / Parcela V2P3</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	C	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	C	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	x	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	C
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
<b>Bloco 3 / Parcela V1P1</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	x	R	x	C
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	C
<b>Bloco 3 / Parcela V3P3</b>					
Corda-de-viola	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.)	X	C		
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	X	R	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	X	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	X	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	X	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	X	R	x	C
<b>Bloco 3 / Parcela V3P1</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	N	x	N
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	N	x	N
Guaxuma	<i>Sida</i> sp.	x	C	x	N
Leiteiro	<i>Euphorbia heterophylla</i> (L.)	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	N	x	N
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	x	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	C
<b>Bloco 3 / Parcela V3P2</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R

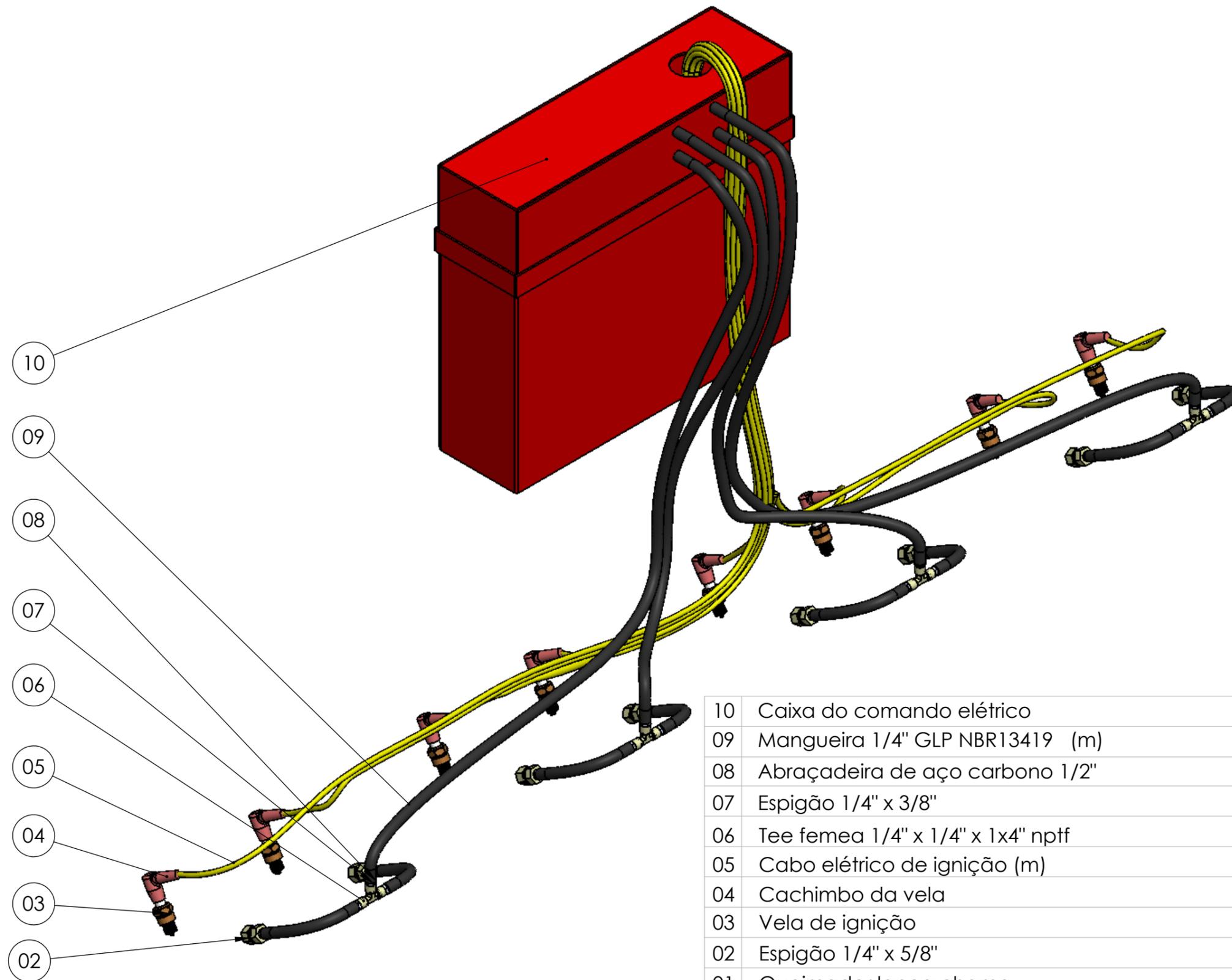
Erva Macaé	<i>Leonurus sibiricus</i>			x	C
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	x	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	C
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
<b>Bloco 3 / Parcela V2P2</b>					
Corda-de-viola	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.)			x	R
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Erva Macaé	<i>Leonurus sibiricus</i>	x	C		
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	x	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	C	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
<b>Bloco 3 / Parcela V1P2</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	x	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	C
<b>Bloco 4 / Parcela V3P1</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	x	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
<b>Bloco 4 / Parcela V2P1</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Losna	<i>Artemisia verlotorum</i>	x	C		
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	C	x	C
<b>Bloco 4 / Parcela V2P3</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)			x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
<b>Bloco 4 / Parcela V1P3</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	C	x	R
<b>Bloco 4 / Parcela V2P2</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	X	R	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	X	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	X	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	X	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	X	R	x	R
<b>Bloco 4 / Parcela V3P2</b>					
Caruru	<i>Amaranthus sp.</i>	x	R	x	C
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Nabo	<i>Raphanus sp.</i>	x	R	x	C
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
<b>Bloco 4 / Parcela V1P1</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Losna	<i>Artemisia verlotorum</i>	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	C
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
<b>Bloco 4 / Parcela V1P2</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Picão Branco	<i>Galinsoga sp</i>	x	R	x	C

Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Nabo	<i>Raphanus sp.</i>	x	C		
<b>Bloco 4 / Parcela V3P3</b>					
Erva-capitão	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	R	x	R
Gramma Seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	x	R	x	R
Leiteiro	<i>Euphorbia heterophylla</i> (L.)	x	R	x	C
Nabo	<i>Raphanus sp.</i>	x	C	x	R
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	x	R	x	R
Picão Preto	<i>Bidens pilosa</i> (L.)	x	R	x	R
Poaia Branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	x	R	x	R
Tirica	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	x	R	x	R
Losna	<i>Artemisia verlotorum</i>	x	R	x	R

**Apêndice H** – Desenhos da máquina para o controle de plantas espontâneas.

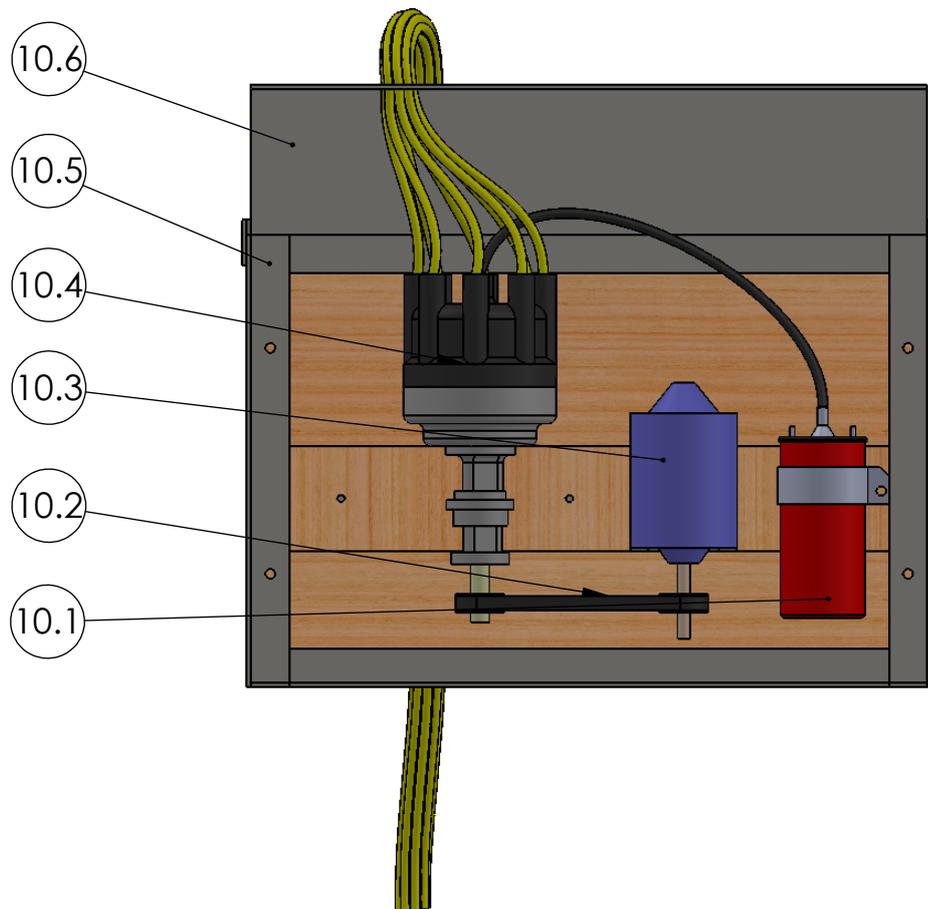


Nº:	DESCRIÇÃO:	Especificação do material:	Q:	Massa kg:	Comp:	Larg:	Alt:
		<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS</b> DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR					
DESENHISTAS: César Silva Morais		RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo				TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes	
DATA: 25/02/2014		ESCALA: 1:10		UNIDADE: (mm)		nº folha: 01 de 24	



10	Caixa do comando elétrico	1
09	Mangueira 1/4" GLP NBR13419 (m)	4,7
08	Abraçadeira de aço carbono 1/2"	20
07	Espigão 1/4" x 3/8"	12
06	Tee femea 1/4" x 1/4" x 1x4" nptf	4
05	Cabo elétrico de ignição (m)	5
04	Cachimbo da vela	8
03	Vela de ignição	8
02	Espigão 1/4" x 5/8"	8
01	Queimador lança chama	8
Nº:	DESCRIÇÃO: S1 - Aplicar calor	Q:

	<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS</b>	
	DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR	
	DESENHISTAS: César Silva Morais RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo	TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes
	DATA: 25/02/2014    ESCALA: 1:5	UNIDADE: (mm)    n° folha: 02 de 24



10.6	Tampa da caixa do comando elétrico	1
10.5	Caixa do comando elétrico	1
10.4	Distribuidor de ignição 8 c/ saidas	1
10.3	Motor elétrico 12v	1
10.2	Correia	1
10.1	Bubina	1
Nº:	DESCRIÇÃO: S1 - 10	Q:



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

DESENHISTAS:  
César Silva Morais

RESPONSÁVEL:  
Roger Toscan Spagnolo

DATA:  
25/02/2014

ESCALA:  
1:5

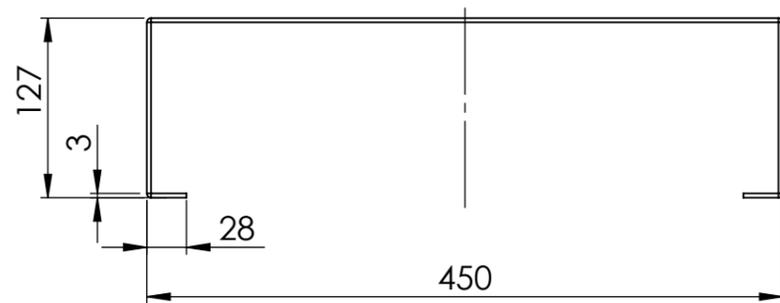
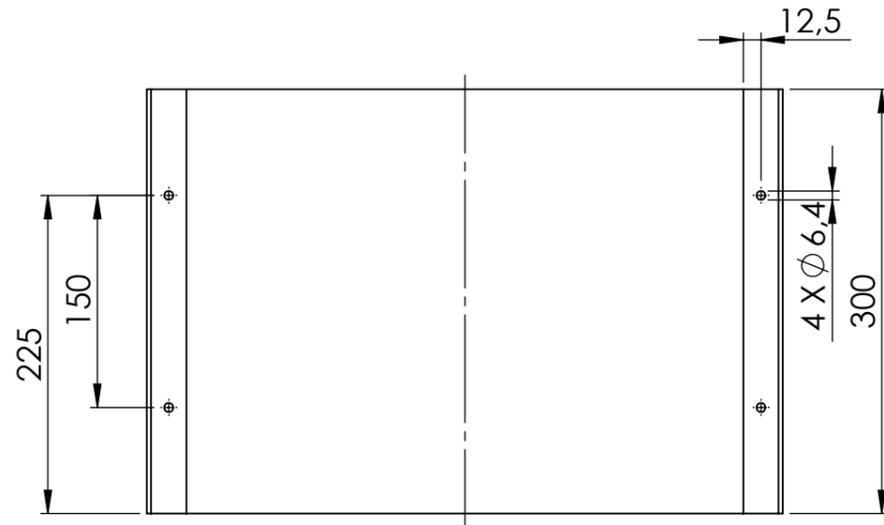
TÍTULO:

Máquina para controle de plantas concorrentes

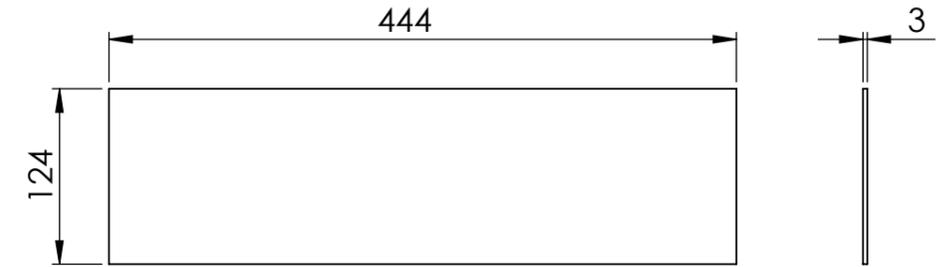
UNIDADE:  
(mm)

nº folha:  
03 de 24

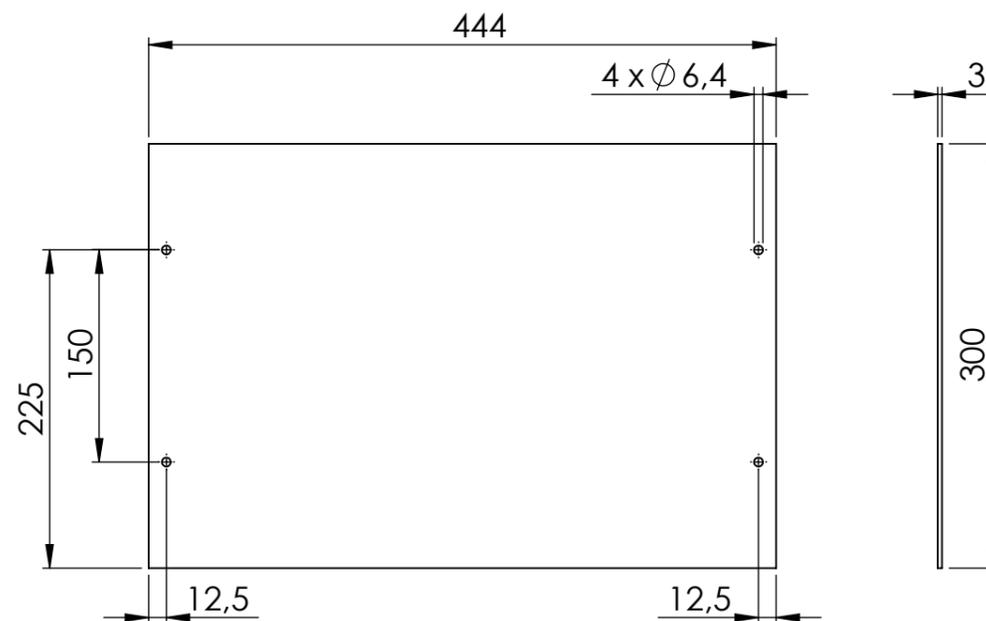
10.5.1



10.5.2



10.5.3



10.5.3	Tampa frontal	Aço SAE 1010	1	3,153	444	300	3
10.5.2	Fundo da caixa	Aço SAE 1010	1	1,304	444	124	3
10.5.1	Estrutura da caixa	Aço SAE 1010	1	5,296	760	300	3
Nº:	DESCRIÇÃO: S1 - 10.5	Especificação do material:	Q:	Massa kg:	Comp:	Larg:	Alt:

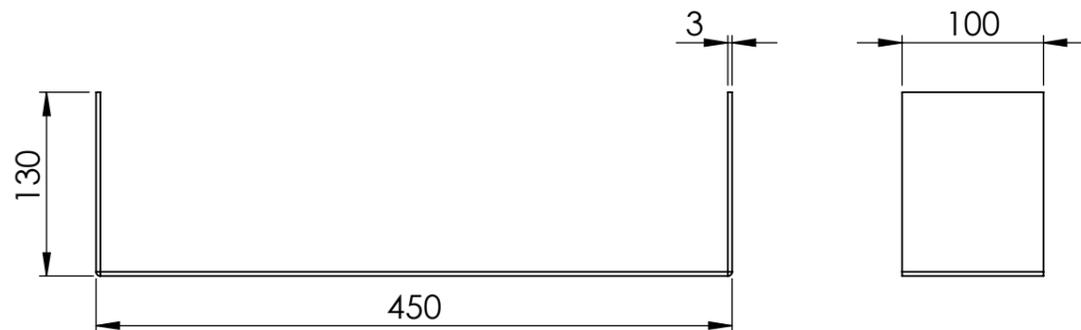


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

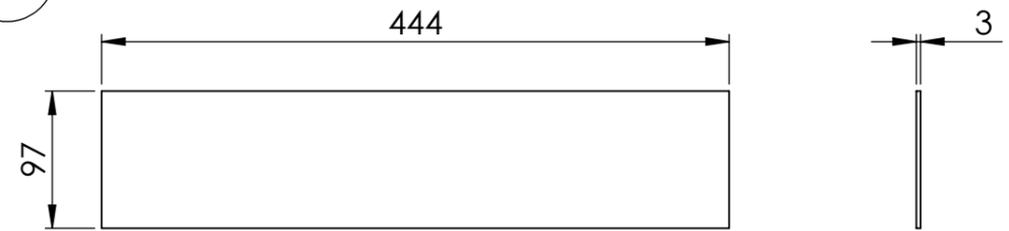
DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

DESENHISTAS:	César Silva Morais	TÍTULO:	Máquina para controle de plantas concorrentes
RESPONSÁVEL:	Roger Toscan Spagnolo	UNIDADE:	(mm)
DATA:	25/02/2014	ESCALA:	1:5
		nº folha:	04 de 24

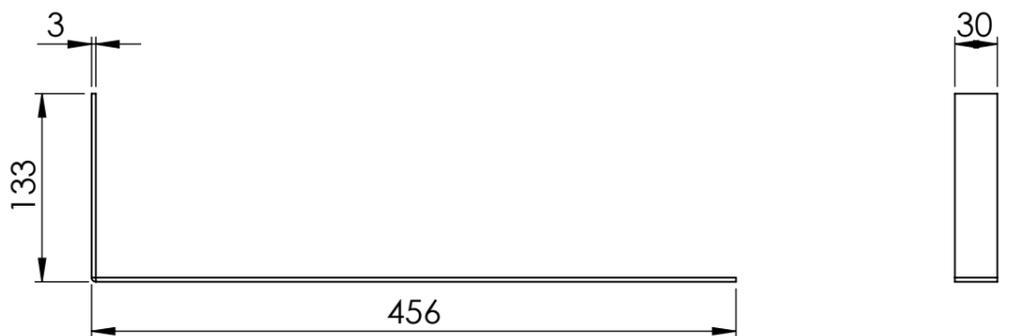
10.6.1



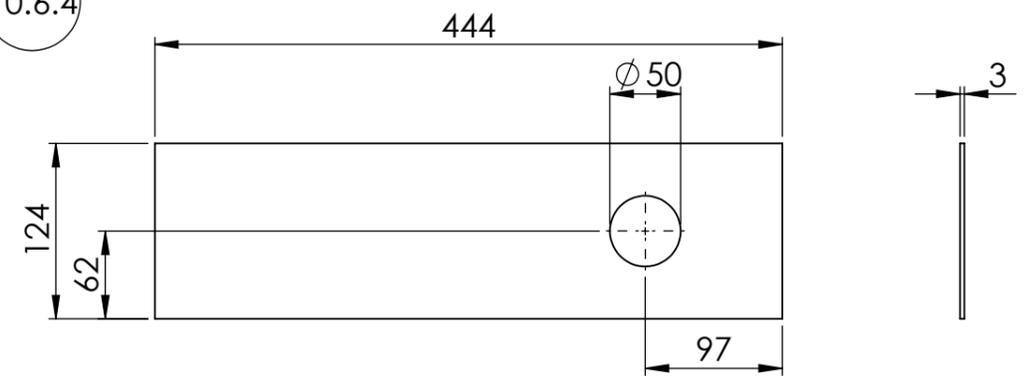
10.6.2



10.6.3



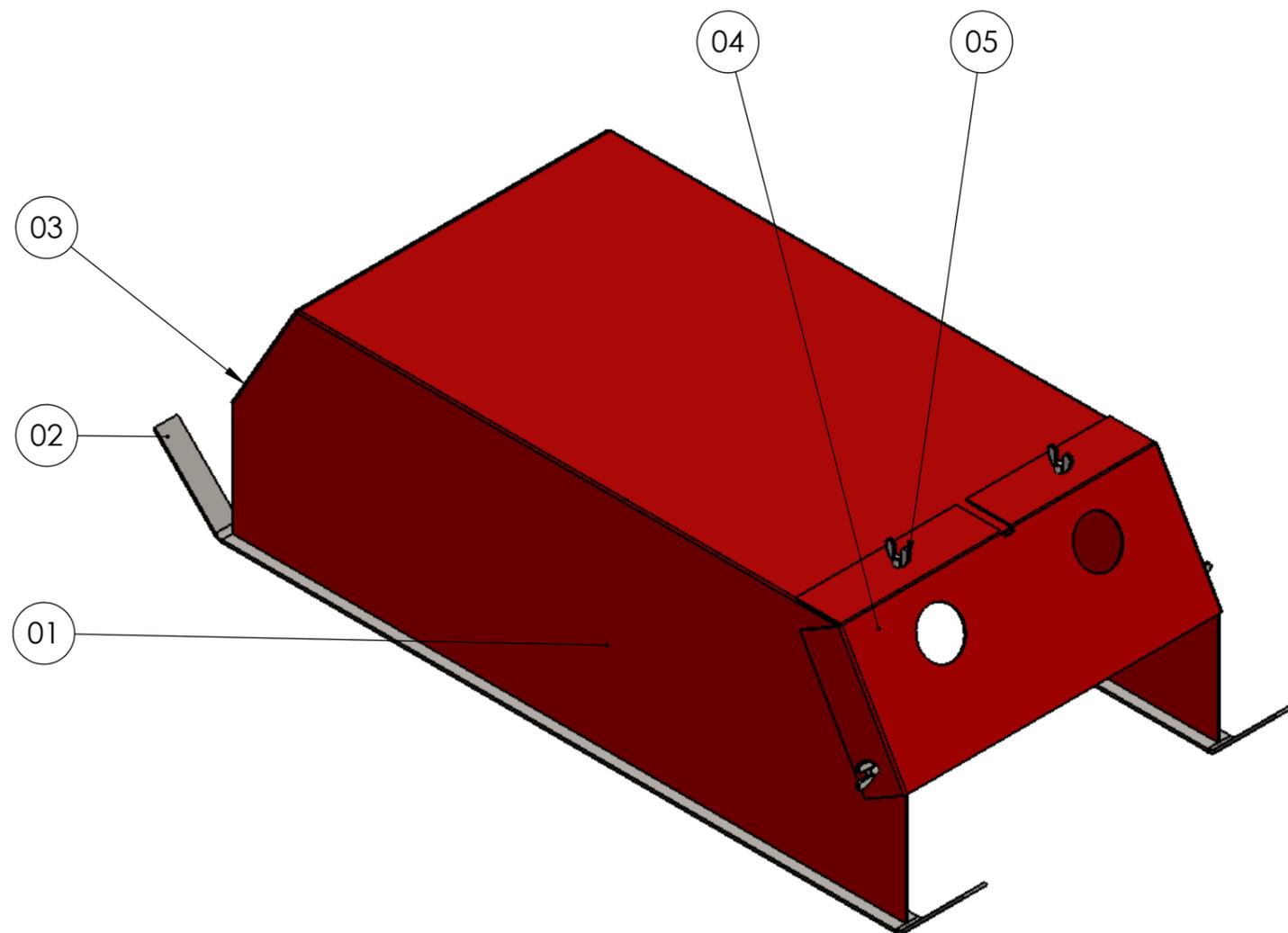
10.6.4



10.6.4	Teto da tampa	Aço SAE 1010	1	1,258	444	124	3
10.6.3	Filete de encaixe	Aço SAE 1010	2	0,416	590	30	3
10.6.2	Lateral da tampa	Aço SAE 1010	1	1,020	444	100	3
10.6.1	Estrutura da tampa	Aço SAE 1010	1	1,665	710	100	3
Nº:	DESCRIÇÃO: S1 - 10.6	Especificação do material:	Q:	Massa kg:	Comp:	Larg:	Alt:



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR**  
 DESENHISTAS: César Silva Morais  
 RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo  
 DATA: 25/02/2014 ESCALA: 1:5  
 TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes  
 UNIDADE: (mm) n° folha: 05 de 24



05	Parafuso borboleta 3/8"- 0.65 ponta conica	24
04	Patins câmara	8
03	Chapa posterior câmara	4
02	Chapa frontal Câmara	4
01	Carcaça câmara dos queimadores	4
Nº:	DESCRIÇÃO:S2 - Isolar calor	Q:



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

DESENHISTAS: César Silva Morais

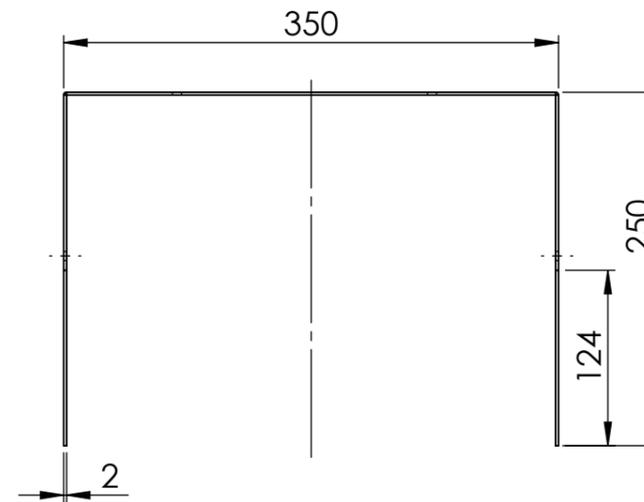
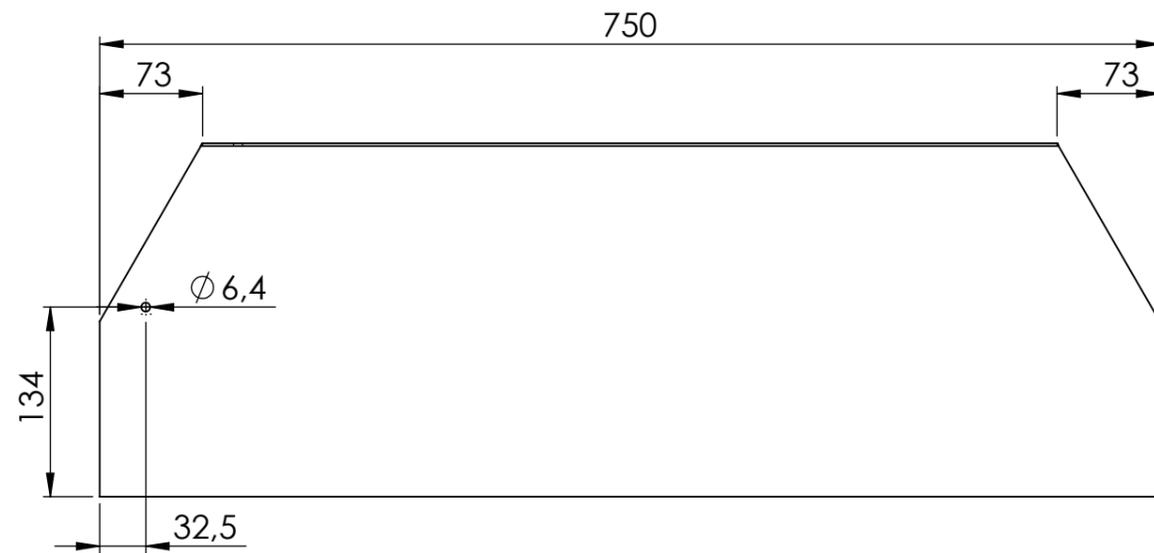
RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo

DATA: ESCALA: 1:5

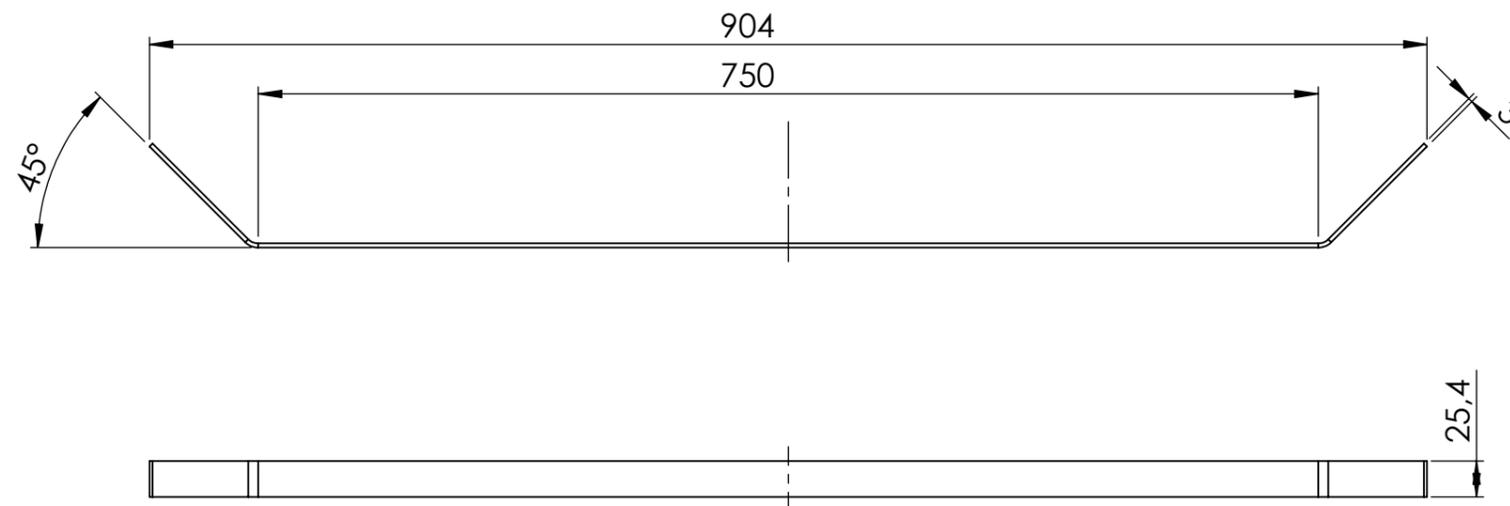
TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes

UNIDADE: (mm) n° folha: 06 de 24

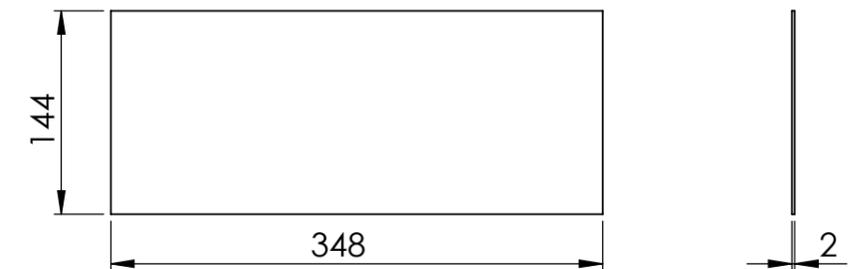
01



02



03



03	Chapa posterior câmara	Aço SAE 1010	4	0,787	348	144	3
02	Patins câmara	Aço SAE 1010	8	0,575	950	25,4	3
01	Carcaça câmara	Aço SAE 1010	4	8,895	850	750	3
Nº:	DESCRIÇÃO: S2 - Isolar calor	Especificação do material:	Q:	Massa kg:	Comp:	Larg:	Alt:

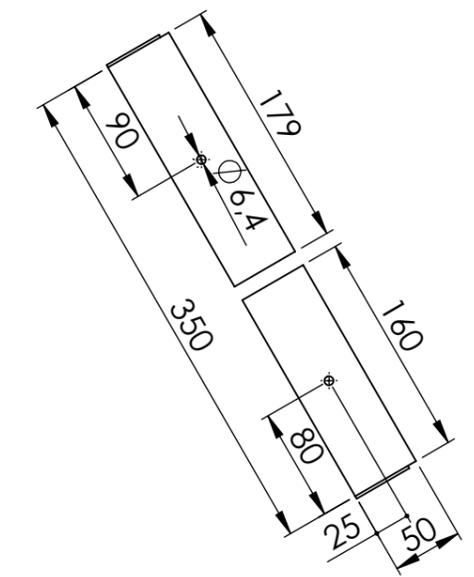
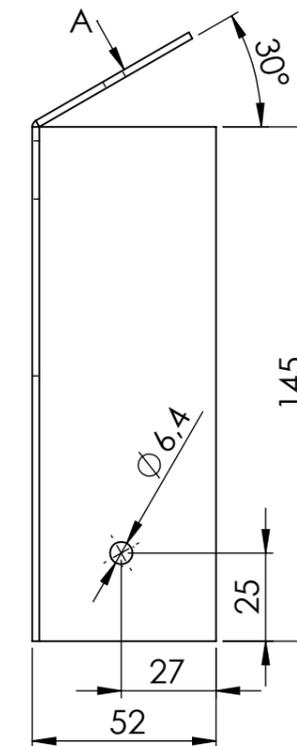
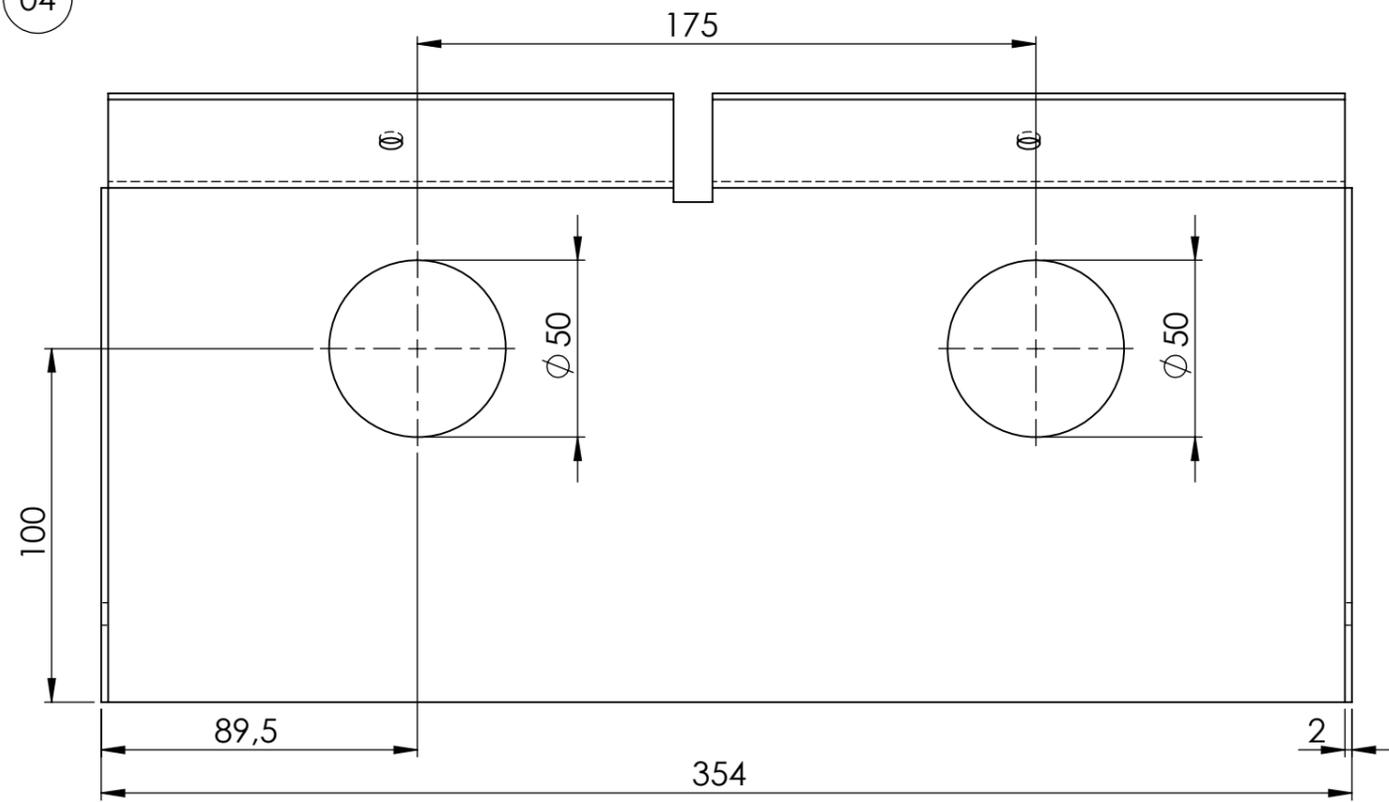


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

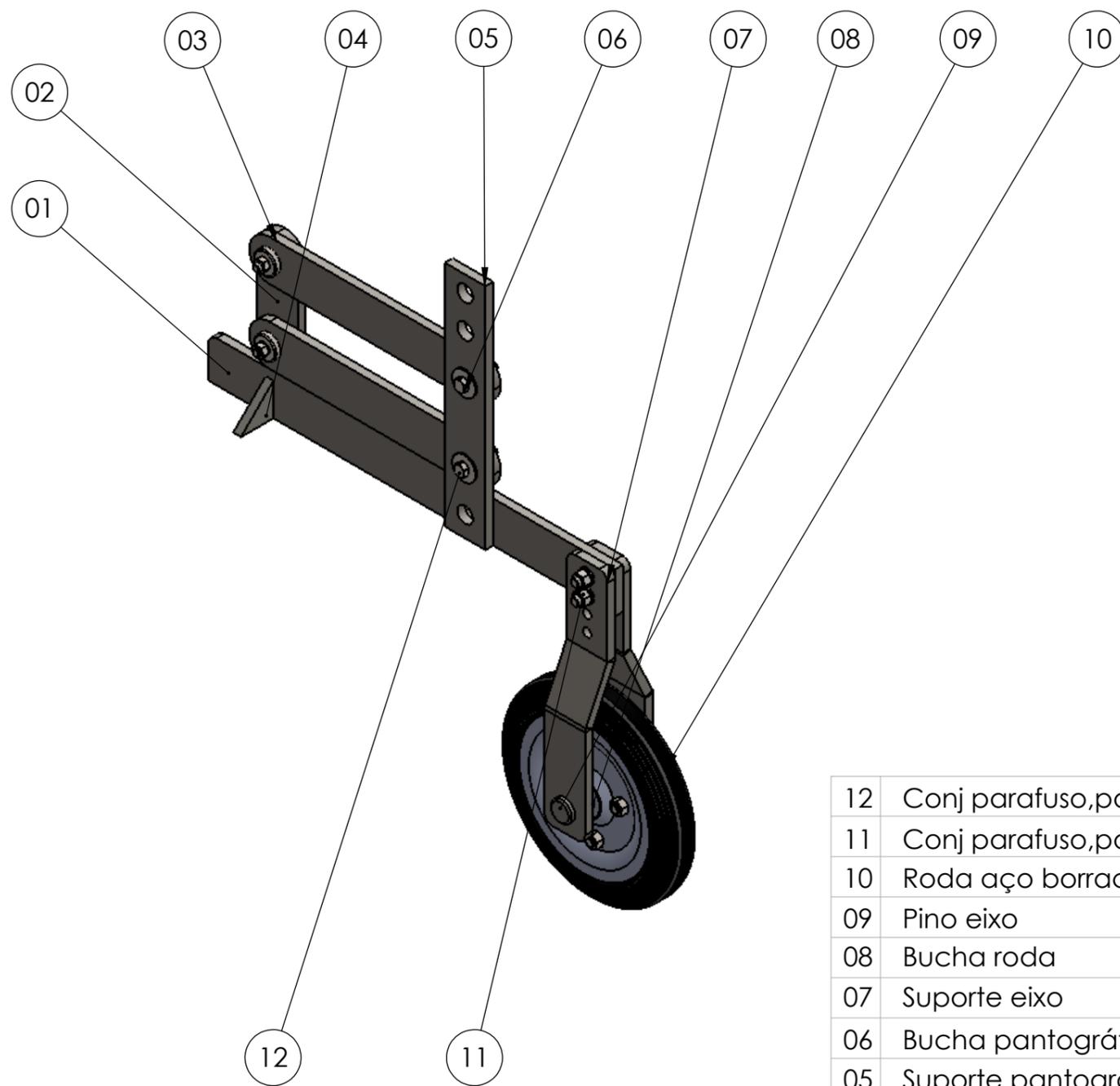
DESENHISTAS:	César Silva Morais	TÍTULO:	Máquina para controle de plantas concorrentes
RESPONSÁVEL:	Roger Toscan Spagnolo	UNIDADE:	(mm)
DATA:	25/02/2014	ESCALA:	1:5
		nº folha:	07 de 24

04



VISTA A

04	Chapa Frontal câmara	Aço SAE 1010	4	1,234	450	195	2
Nº	DESCRIÇÃO S2 - Isolar calor	Especificação do material	Q.	Massa(kg)	Comp.	Larg.	Alt.
		<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS</b> DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR					
DESENHISTAS:		César Silva Morais			TÍTULO:		
RESPONSÁVEL:		Roger Toscan Spagnolo			Máquina para controle de plantas concorrentes		
DATA:		25/02/2014		ESCALA:		1:2	
UNIDADE:		(mm)		nº folha:		08 de 24	



12	Conj parafuso,porca e aruela de pressão 7/16"-24	16
11	Conj parafuso,porca e aruela de pressão 3/8"-24	8
10	Roda aço borracha 220mm dian- eixo 3/4"	4
09	Pino eixo	4
08	Bucha roda	8
07	Suporte eixo	8
06	Bucha pantográfico tecnil	16
05	Suporte pantográfico	4
04	Reforço câmara	4
03	Chapa suporte câmara	4
02	Chapa pantográfico	8
01	Reforço pantográfico	4
Nº:	DESCRIÇÃO: S3 - Regular altura	Q:



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

DESENHISTAS: César Silva Morais

RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo

DATA: 25/02/2014

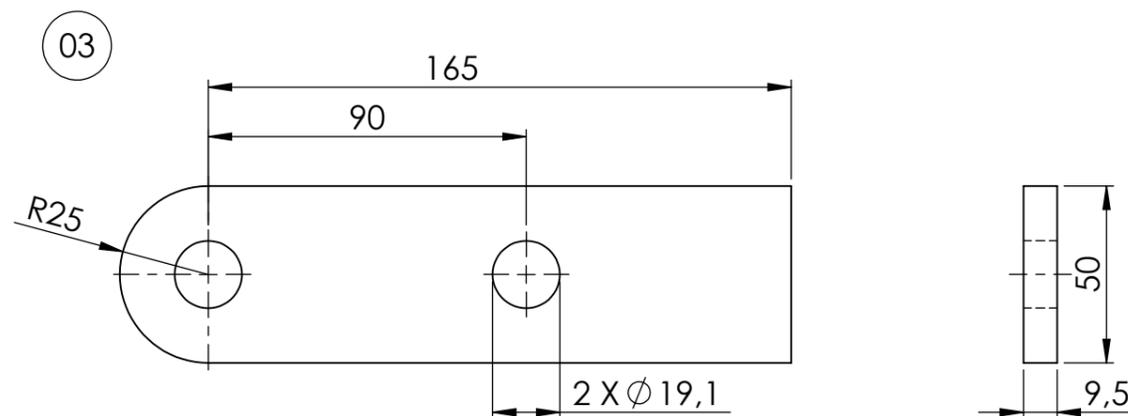
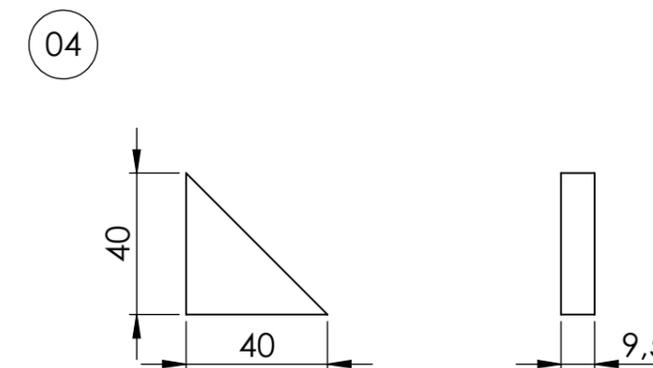
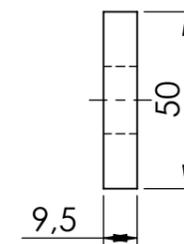
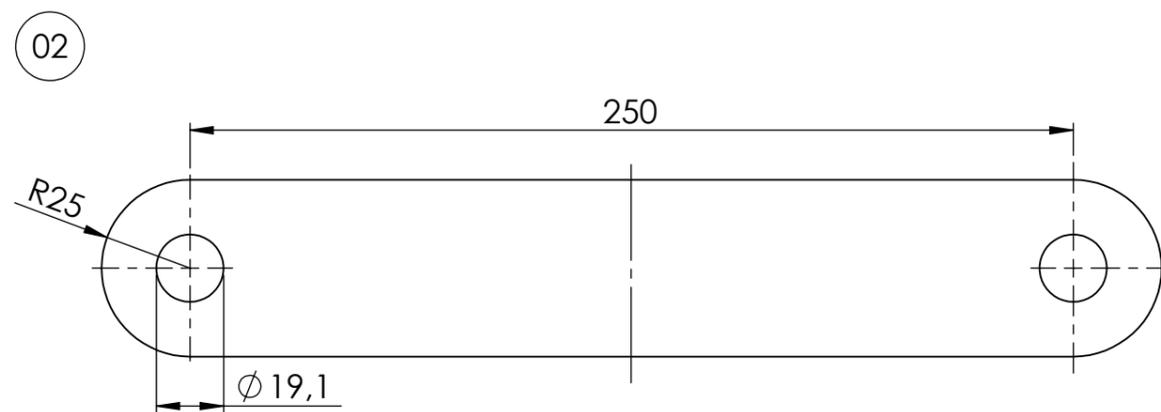
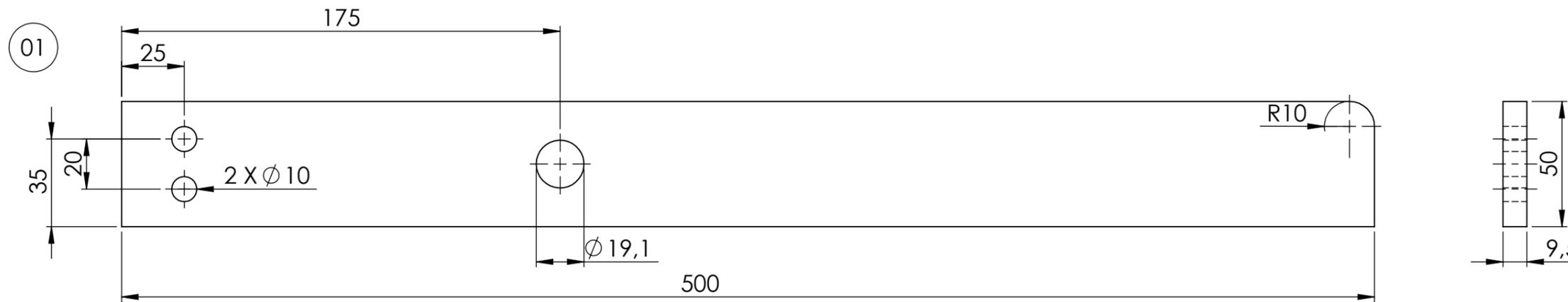
ESCALA: 1:5

TÍTULO:

Máquina para controle de plantas concorrentes

UNIDADE: (mm)

nº folha: 09 de 24



04	Reforço câmara	Aço SAE 1010	4	0,060	40	40	9,5
03	Chapa suporte câmara	Aço SAE 1010	4	0,650	190	50	9,5
02	Chapa pantográfico	Aço SAE 1010	8	1,041	300	50	9,5
01	Reforço pantográfico	Aço SAE 1010	4	1,840	500	50	9,5
Nº:	DESCRIÇÃO: S3 - Regulagem altura	Especificação do material:	Q:	Massa kg:	Comp:	Larg:	Alt:



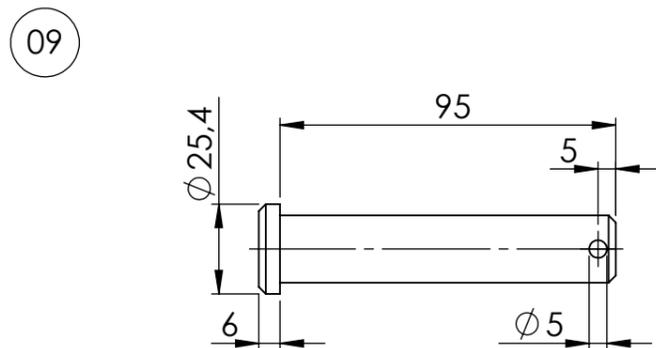
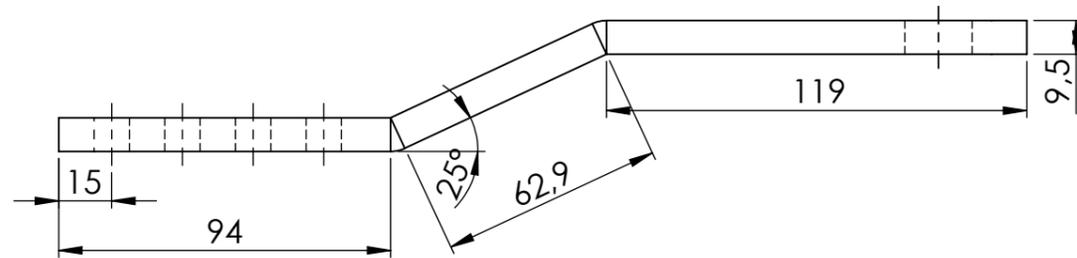
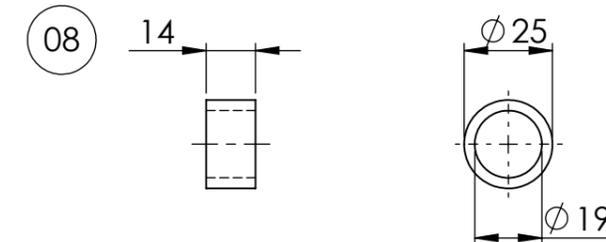
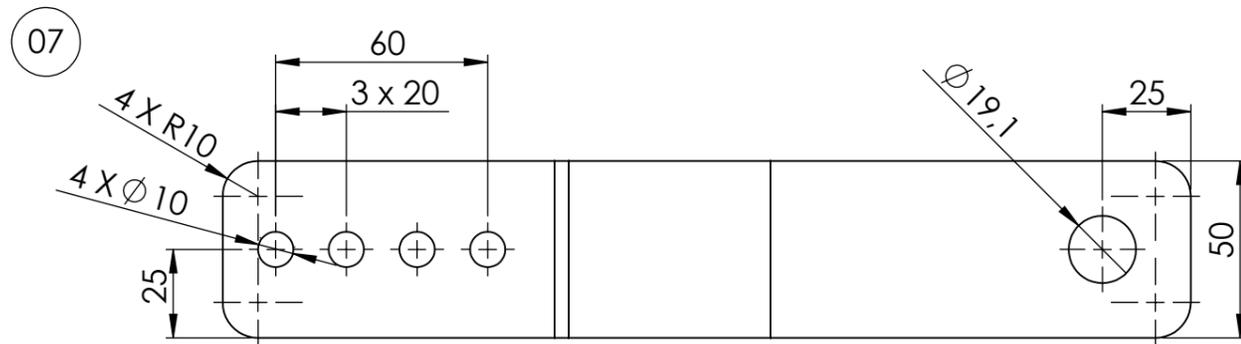
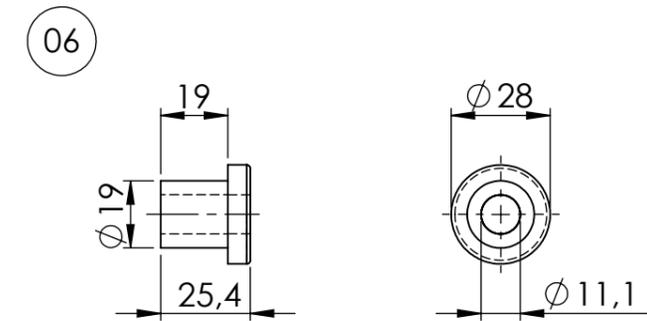
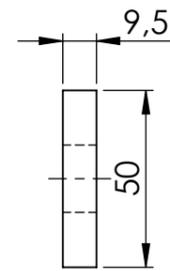
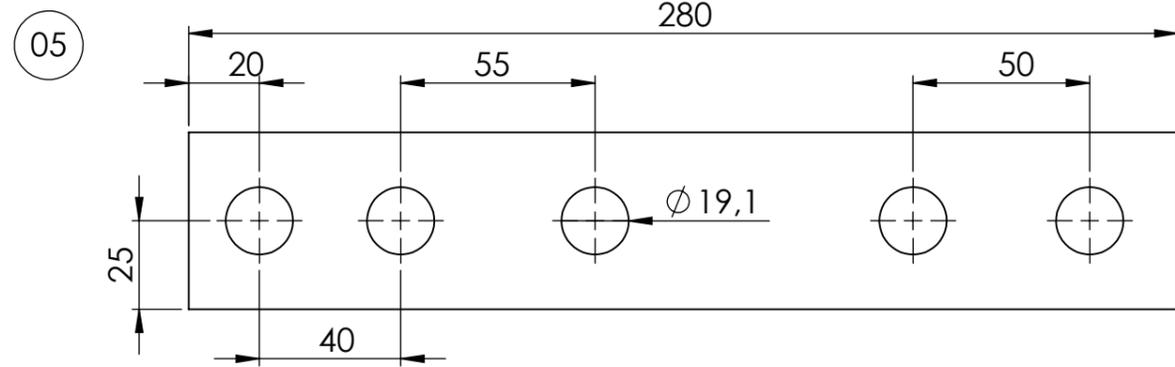
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

DESENHISTAS: César Silva Morais TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes

RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo

DATA: 25/02/2014 ESCALA: 1:2 UNIDADE: (mm) n° folha: 10 de 24



09	Bucha pino roda	Aço SAE 1010	8	0,022	25	14	
08	Pino roda	Aço SAE 1010	4	0,230	100	25,4	
07	Chapa suporte eixo	Aço SAE 1010	8	0,998	276	50	9,5
06	Bucha pantográfico	Tecnil	16		25,4	28	
05	Chapa suportepantográfico	Aço SAE 1010	4	0,942	280	50	9,5
Nº:	DESCRIÇÃO: S3 - Regular altura	Especificação do material:	Q:	Massa kg:	Comp:	Larg:	Alt:



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

DESENHISTAS:

César Silva Morais

RESPONSÁVEL:

Roger Toscan Spagnolo

TÍTULO:

Máquina para controle de plantas concorrentes

DATA:

ESCALA:

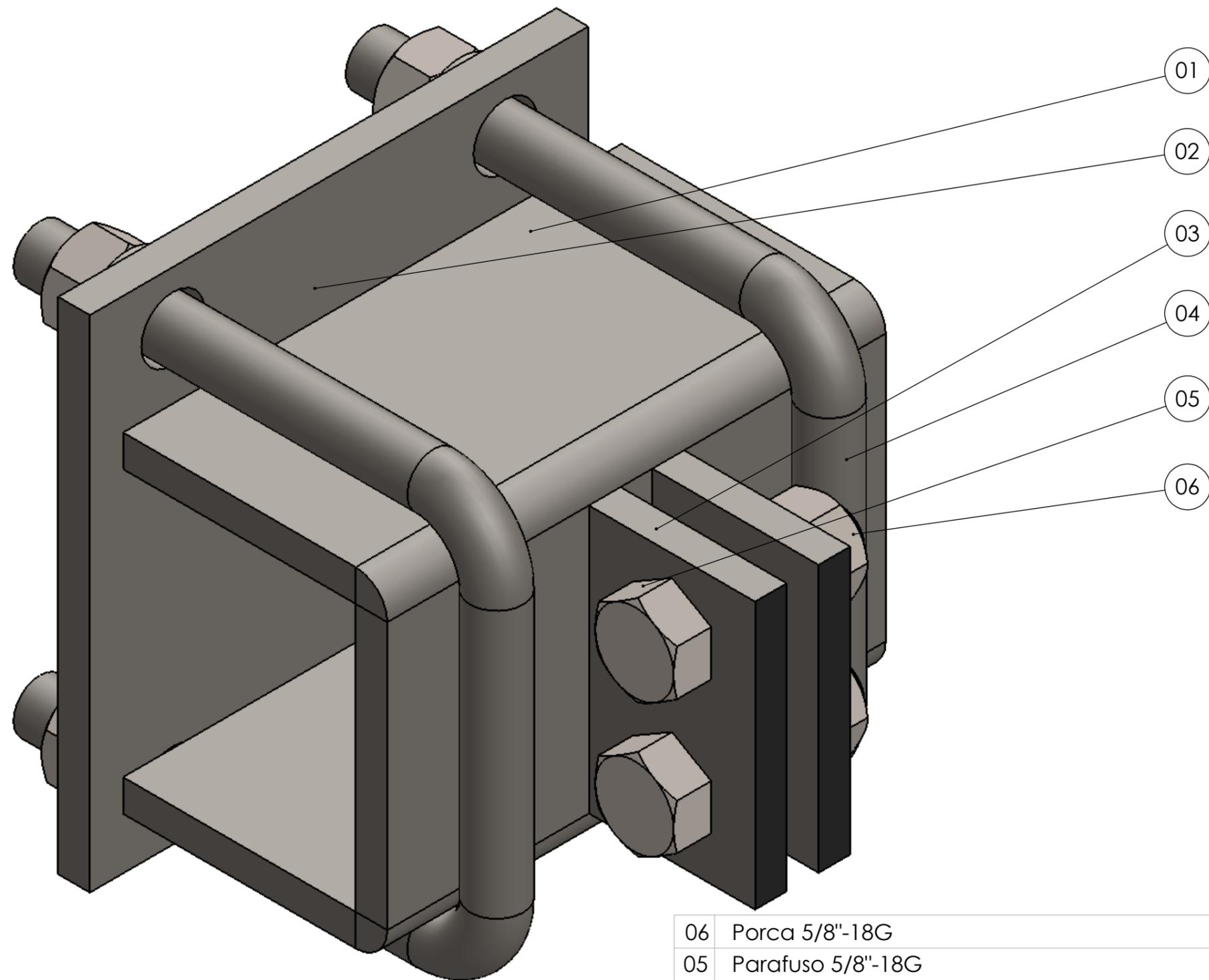
1:2

UNIDADE:

(mm)

nº folha:

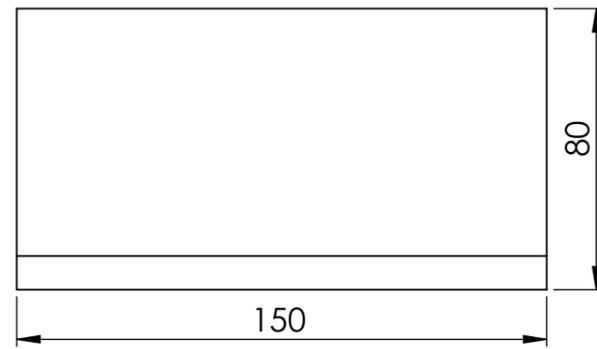
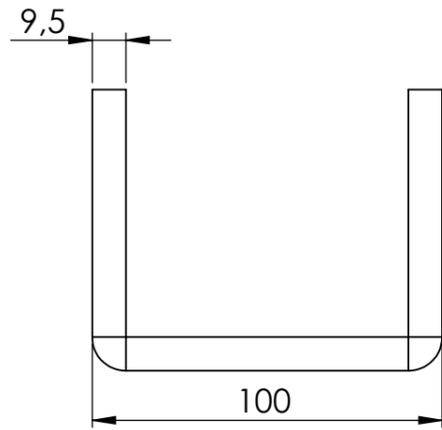
11 de 24



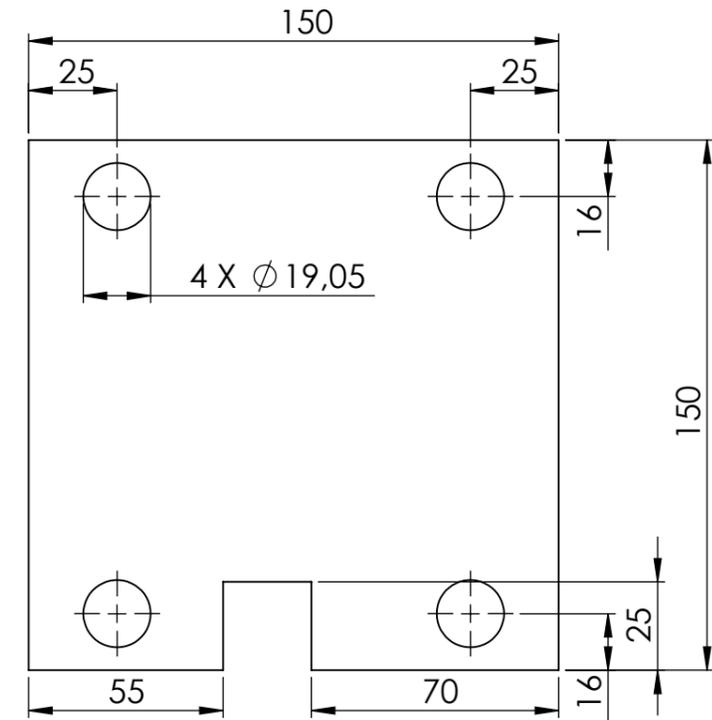
06	Porca 5/8"-18G	24
05	Parafuso 5/8"-18G	8
04	Abraçadeira 3/4"-18G	8
03	Chapa fixação pantografico	8
02	Chapa perfurada de fixação	4
01	Perfil U fixação chassi	4
Nº:	DESCRIÇÃO: S4 - Regular espaçamento entre linhas	Q:

		<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS</b>	
		DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR	
DESENHISTAS:	César Silva Morais	TÍTULO:	Máquina para controle de plantas concorrentes
RESPONSÁVEL:	Roger Toscan Spagnolo	UNIDADE:	
DATA:	ESCALA:	UNIDADE:	nº folha:
	1:2	(mm)	12 de 24

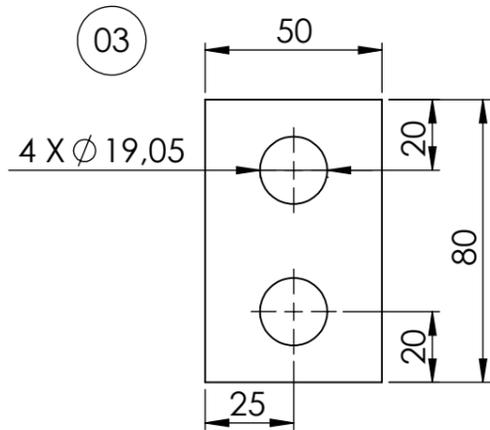
01



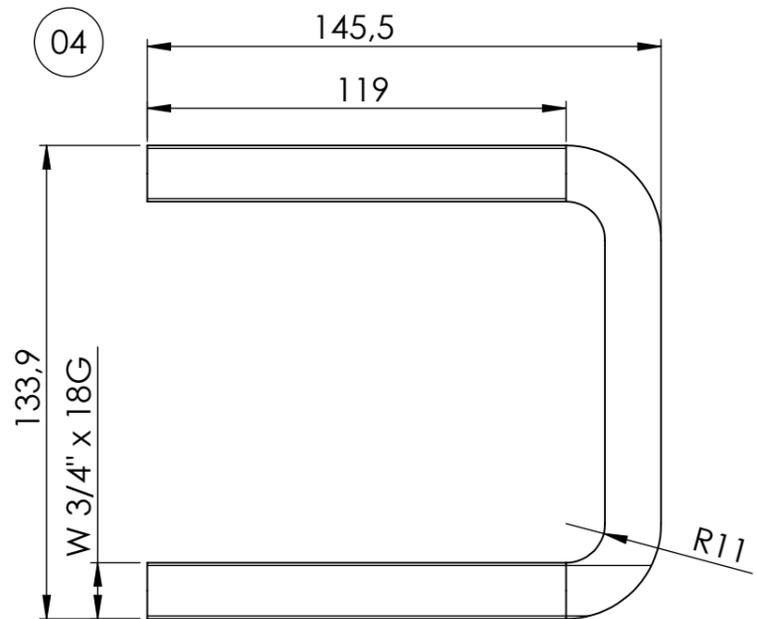
02



03



04



04	Braçadeira	Aço SAE 1010	10	0,586	350	19,1
03	Chapa união pantografico	Aço SAE 1010	4	0,257	80	50 9,53
02	Chapa perfurada fixação	Aço SAE 1010	5	1,554	150	150 9,53
01	Perfil U fixação chassi	Aço SAE 1010	5	2,642	235	150 9,53

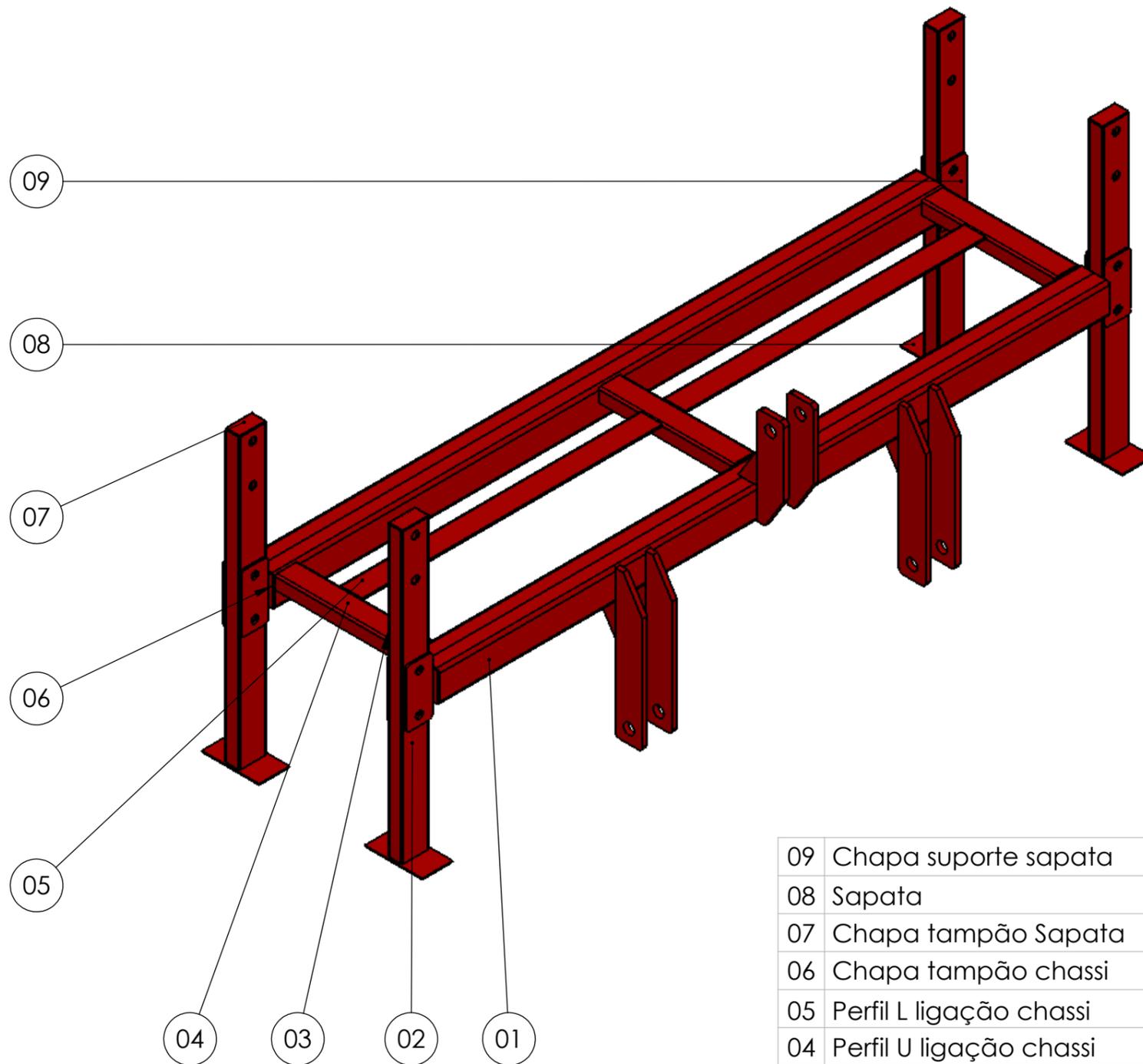
Nº: DESCRIÇÃO: S4 - Regular espaçamento Especificação do material: Q: Massa kg: Comp: Larg: Alt:



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

**DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR**

DESENHISTAS: César Silva Morais	TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes
RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo	
DATA: 25/02/2014	ESCALA: 1:2
UNIDADE: (mm)	nº folha: 13 de 24



09	Chapa suporte sapata	8
08	Sapata	4
07	Chapa tampão Sapata	4
06	Chapa tampão chassi	4
05	Perfil L ligação chassi	2
04	Perfil U ligação chassi	3
03	Chapa corpo sapata	4
02	Perfil U sapata	4
01	Perfil U transversal	4
Nº:	DESCRIÇÃO: S5 - Suportar linhas	Q:



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

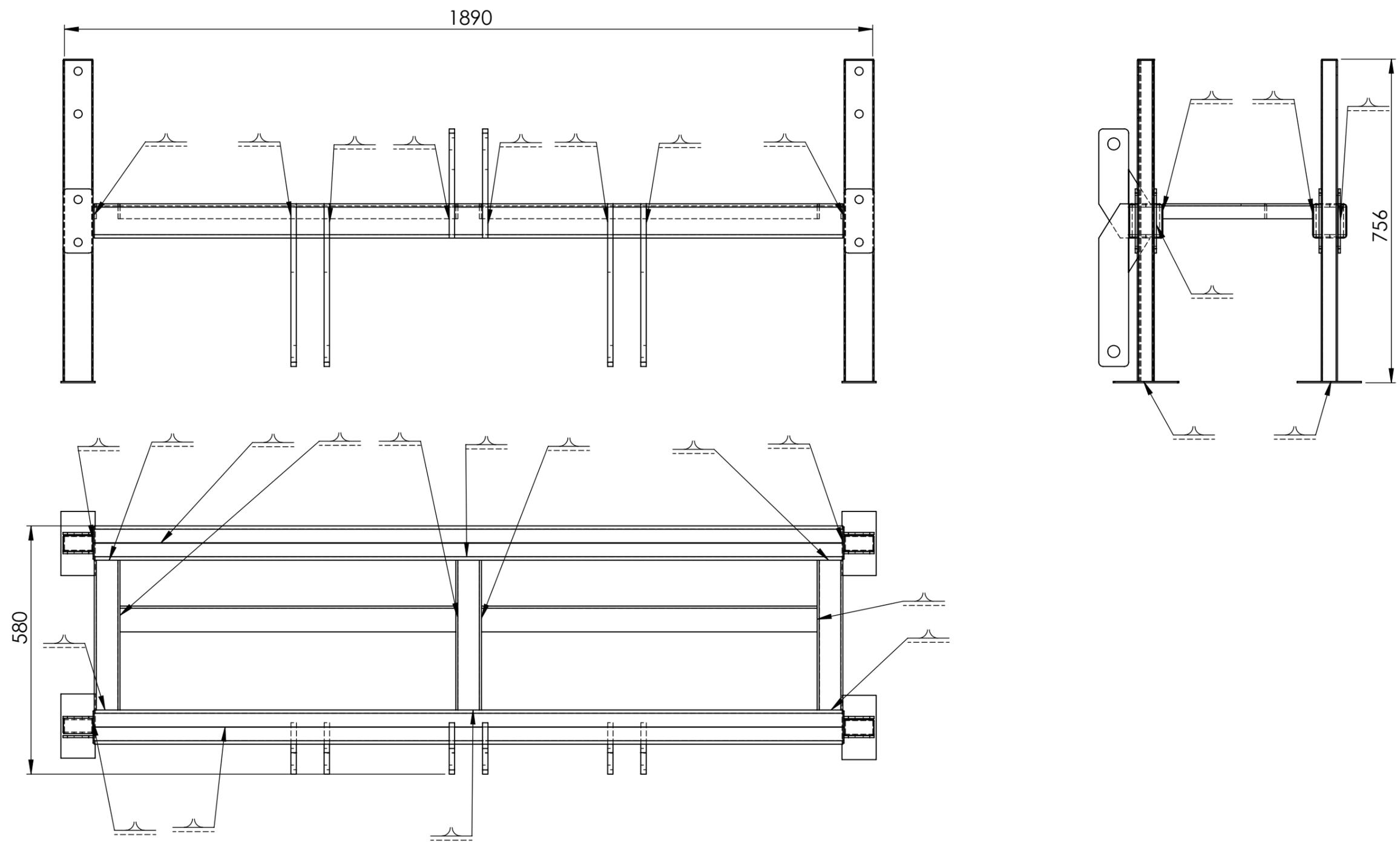
DESENHISTAS:  
César Silva Morais

RESPONSÁVEL:  
Roger Toscan Spagnolo

DATA: 25/02/2014 ESCALA: 1:10

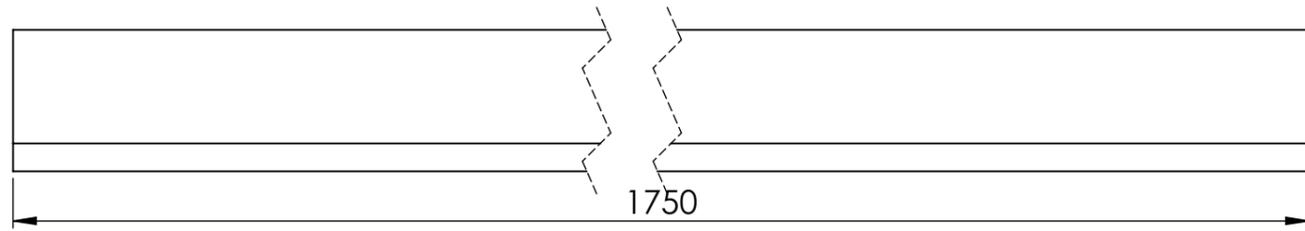
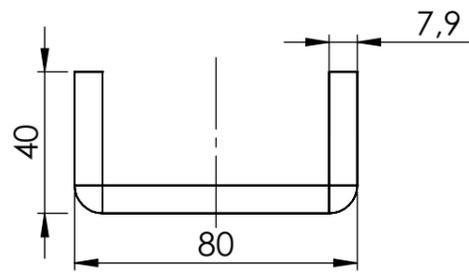
TÍTULO:  
Máquina para controle de plantas concorrentes

UNIDADE: (mm) n° folha: 14 de 24

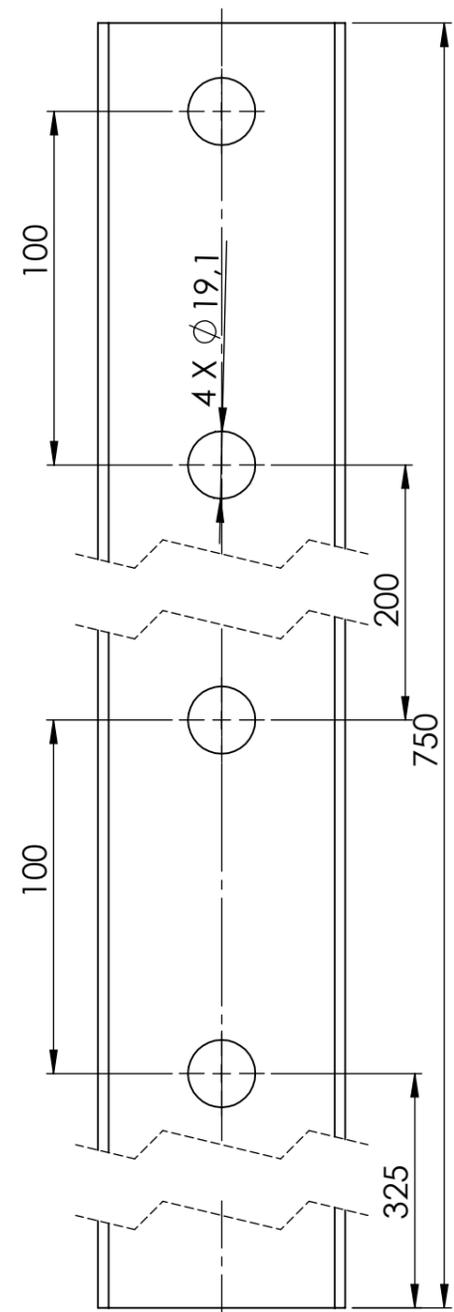
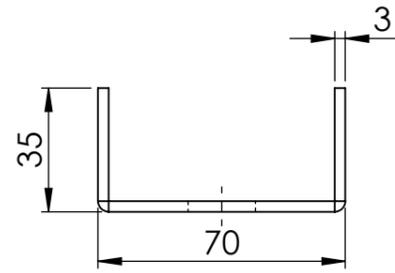


Nº:	DESCRIÇÃO: S5 - Solda de fixação dos componentes		
	<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS</b>		
	DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR		
	DESENHISTAS: César Silva Morais RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo	TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes	
DATA: 25/02/2014	ESCALA: 1:2	UNIDADE: (mm)	nº folha: 15 de 24

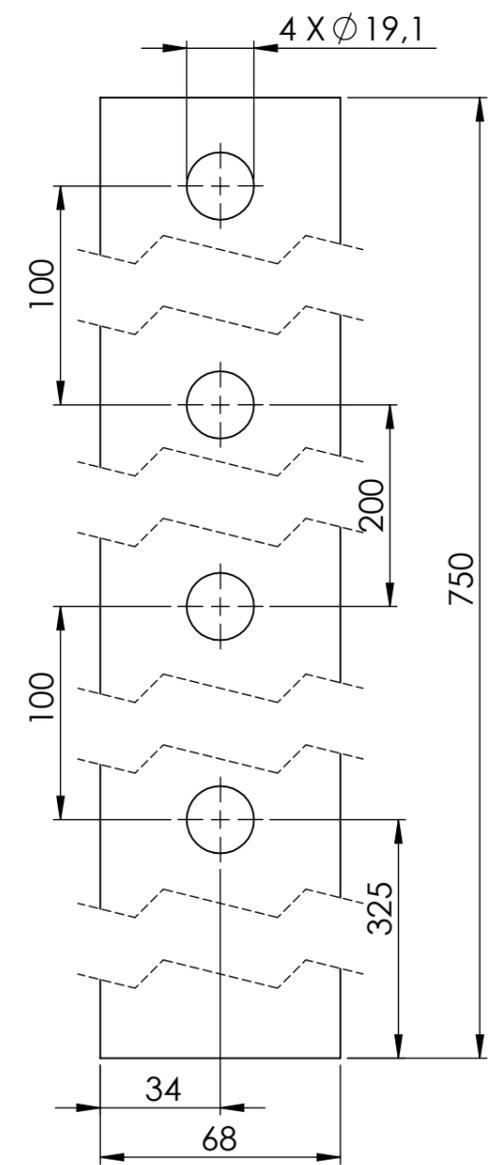
01



02



03



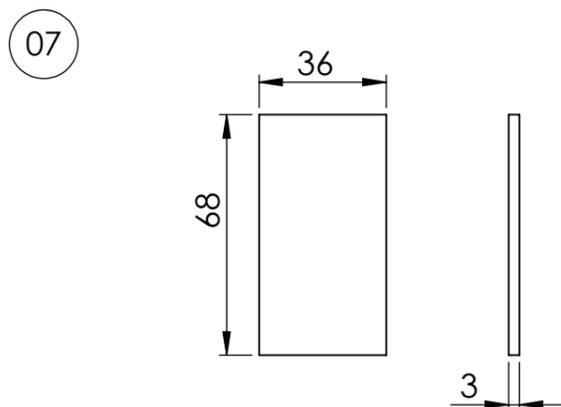
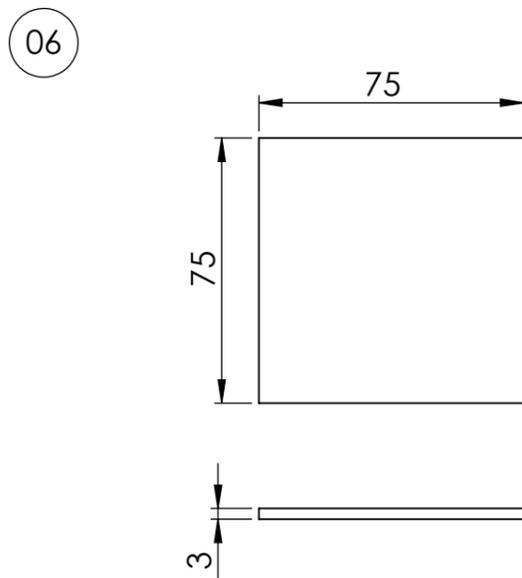
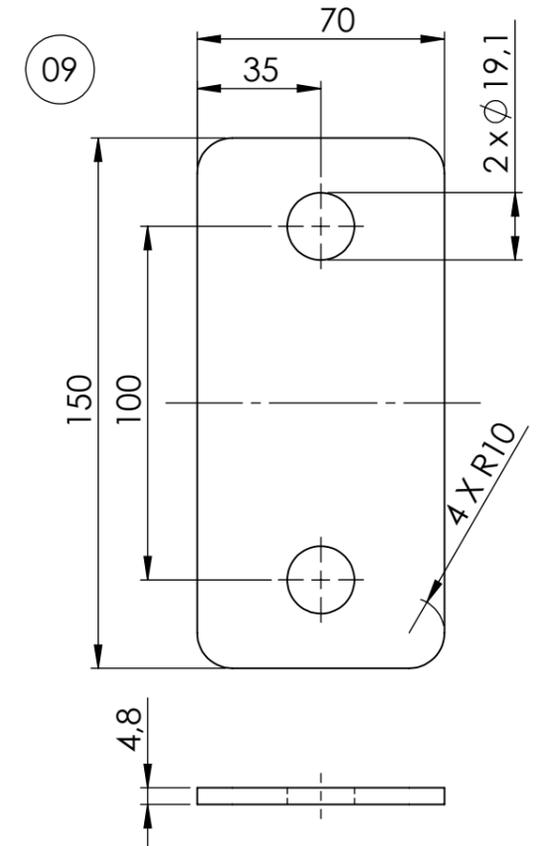
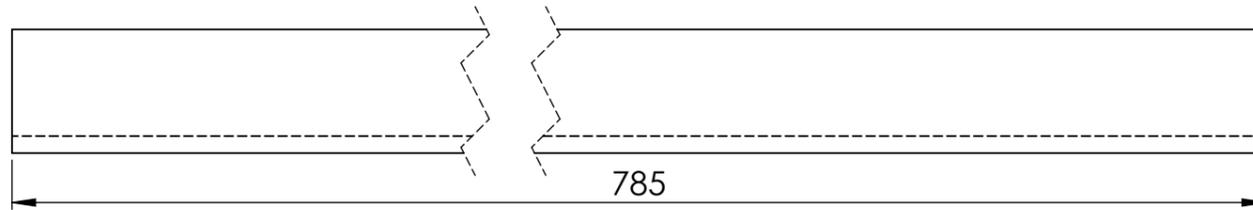
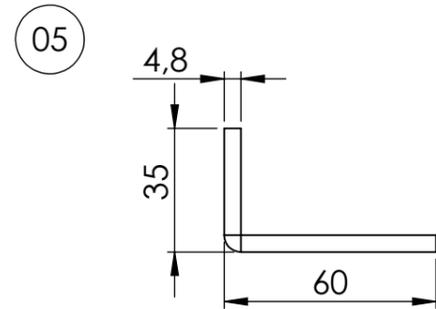
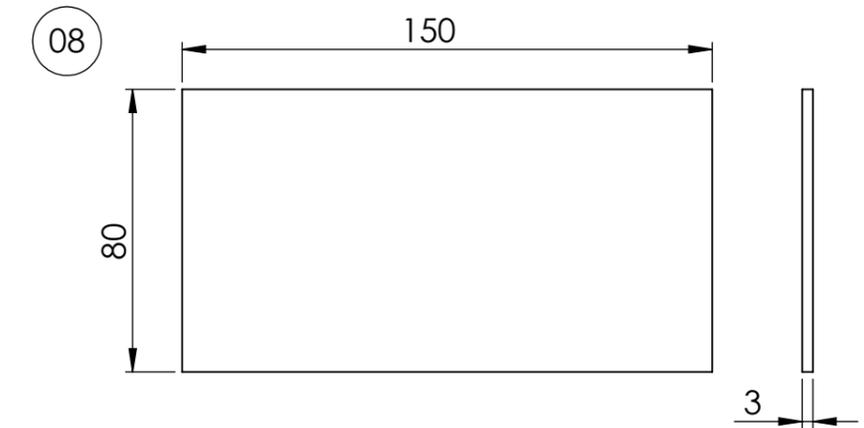
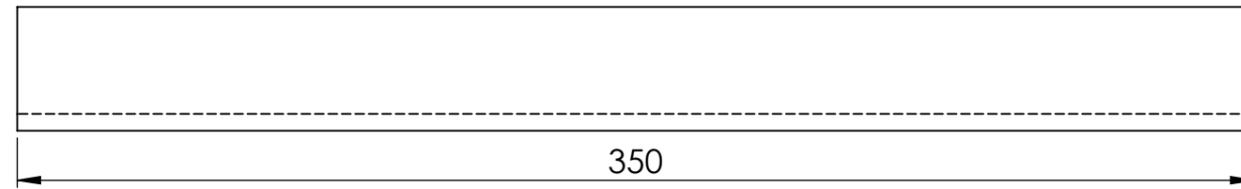
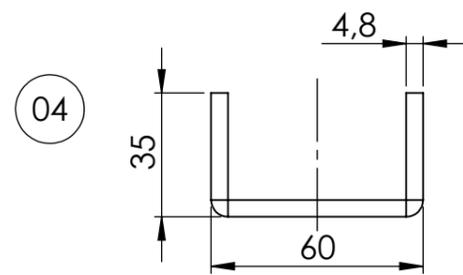
02	Perfil U sapata	Aço SAE 1010	4	2,323	750	132,7	3
01	Perfil U Transversal	Aço SAE 1010	4	15,385	1750	140,7	7,93
Nº:	DESCRIÇÃO: S5 -Suportar linhas	Especificação do material:	Q:	Massa kg:	Comp:	Larg:	Alt:



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

DESENHISTAS: César Silva Morais	TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes
RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo	
DATA: 25/02/2014	ESCALA: 1:2
UNIDADE: (mm)	nº folha: 16 de 24



09	Chapa suporte sapata	Aço SAE 1010	8	0,368	150	70	4,76
08	Sapata	Aço SAE 1010	4	0,283	150	80	3
07	Chapa tampão sapata	Aço SAE 1010	4	0,057	68	36	3
06	Chapa tampão	Aço SAE 1010	4	0,132	75	75	3
05	Perfil L de ligação	Aço SAE 1010	2	2,624	785	89,2	4,76
04	Perfil U ligação	Aço SAE 1010	3	1,550	350	118,4	4,76
Nº:	DESCRIÇÃO: S5 - Suportar linhas	Especificação do material:	Q:	Massa kg:	Comp:	Larg:	Alt:



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

DESENHISTAS: César Silva Morais

RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo

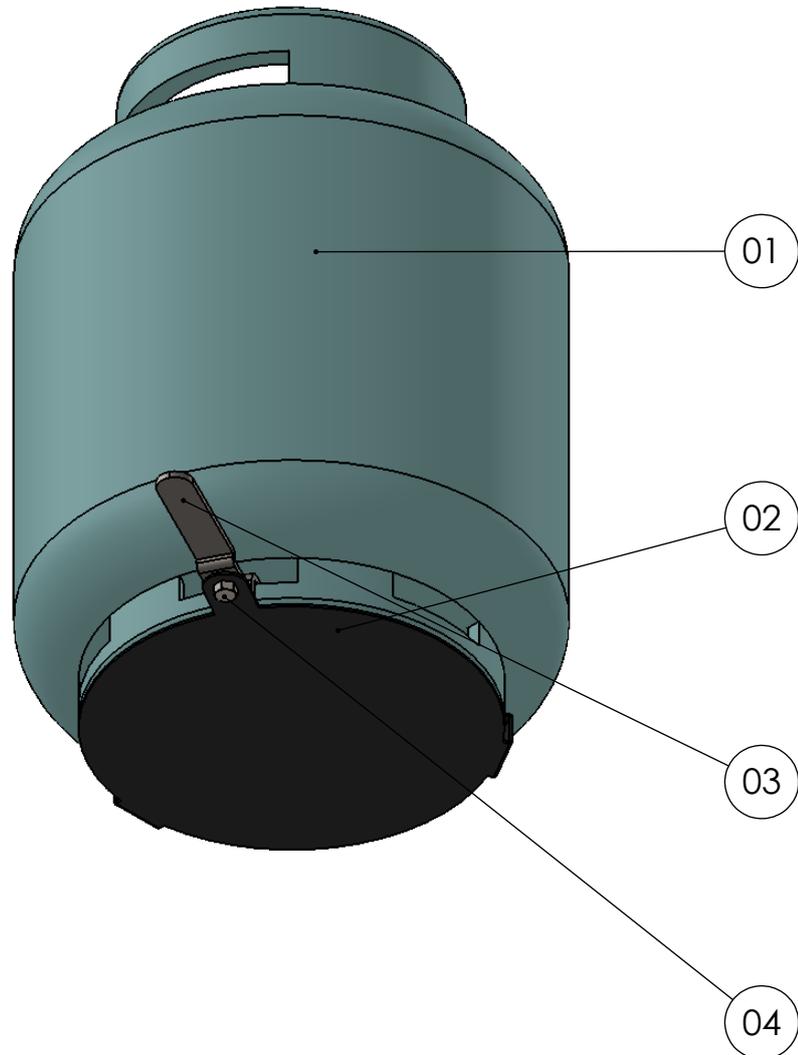
DATA: 25/02/2014

ESCALA: 1:2

TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes

UNIDADE: (mm)

nº folha: 17 de 24



04	Conjunto parafuso e porca 7/16"x 24G	4
03	Trava botijão	4
02	Mesa fixação botijão	4
01	Botijão P13	4
Nº:	DESCRIÇÃO: S6 - Fixação botijões	Q:

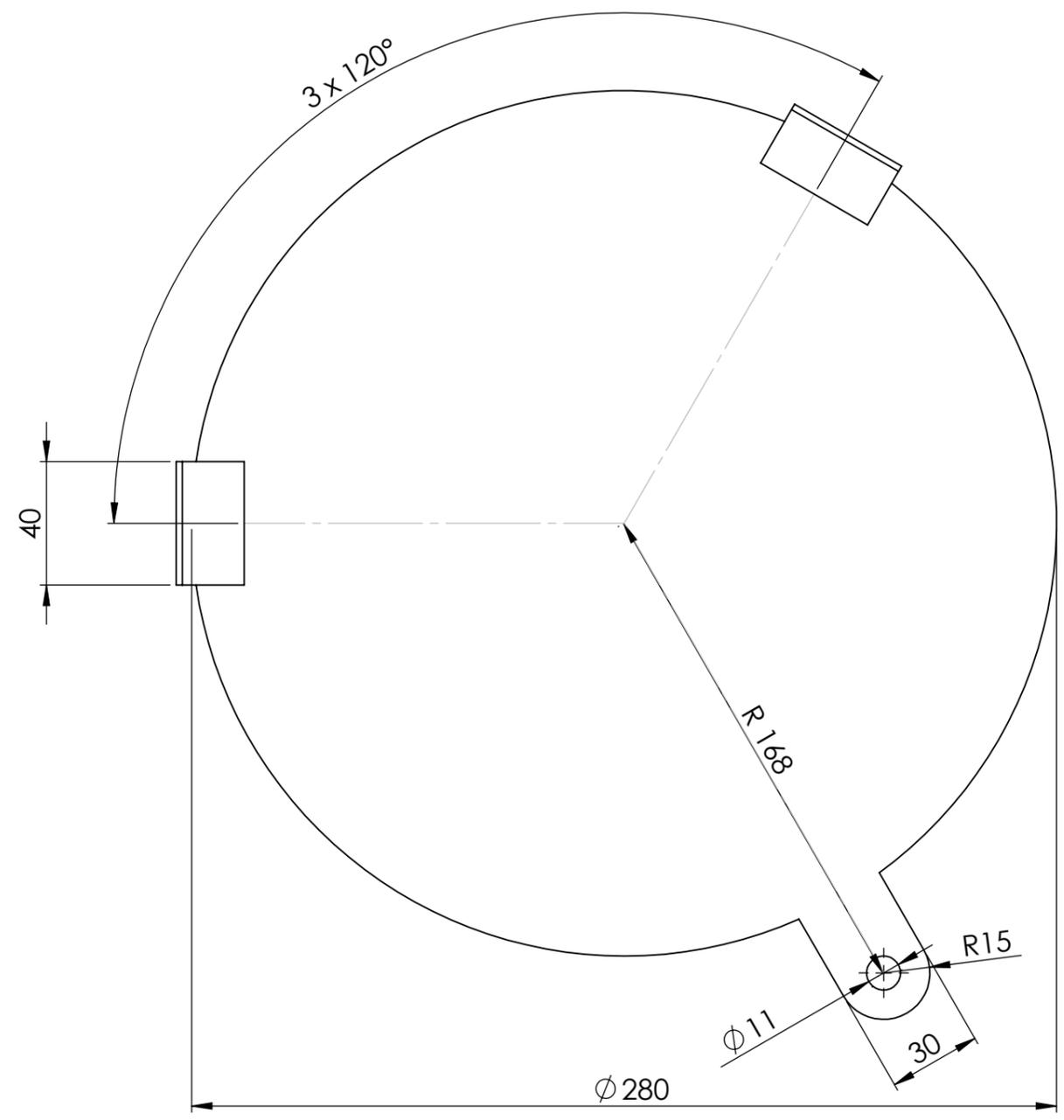


## UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

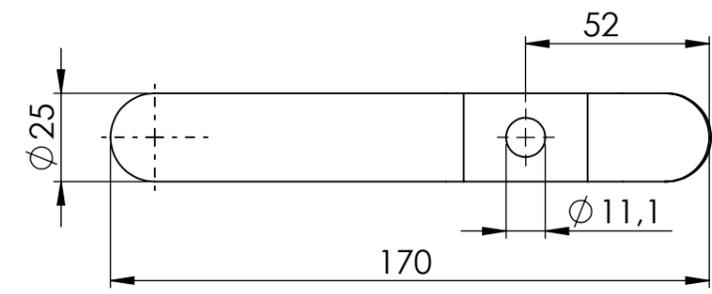
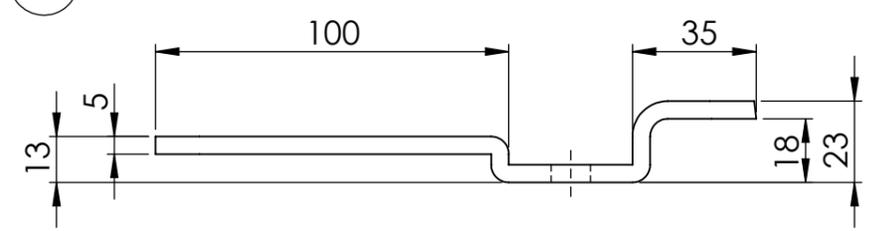
DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

DESENHISTAS: César Silva Morais	TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes
RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo	
DATA: 25/02/2014	ESCALA: 1:5
UNIDADE: (mm)	n° folha: 18 de 24

02



03



03	Trava botijão	Aço SAE 1010	4	0,177	190	25	5
02	Mesa fixação botijão	Aço SAE 1010	4	1,045	325	320	2
Nº:	DESCRIÇÃO: S6 - Fixação botijões	Especificação do material:	Q:	Massa kg:	Comp:	Larg:	Alt:

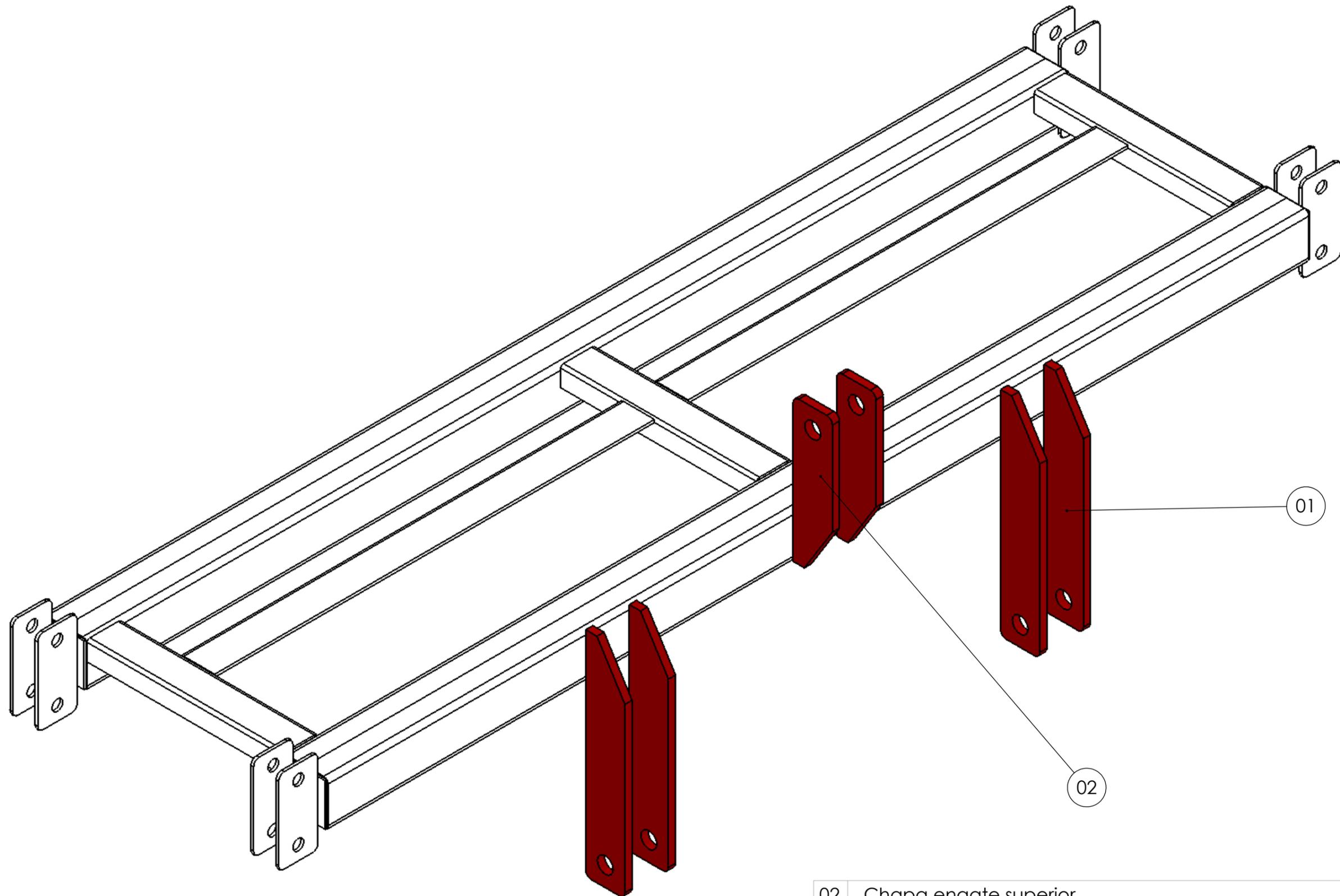


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

DESENHISTAS: César Silva Morais  
 RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo  
 DATA: 25/02/2014 ESCALA: 1:2

TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes  
 UNIDADE: (mm) n° folha: 19 de 24

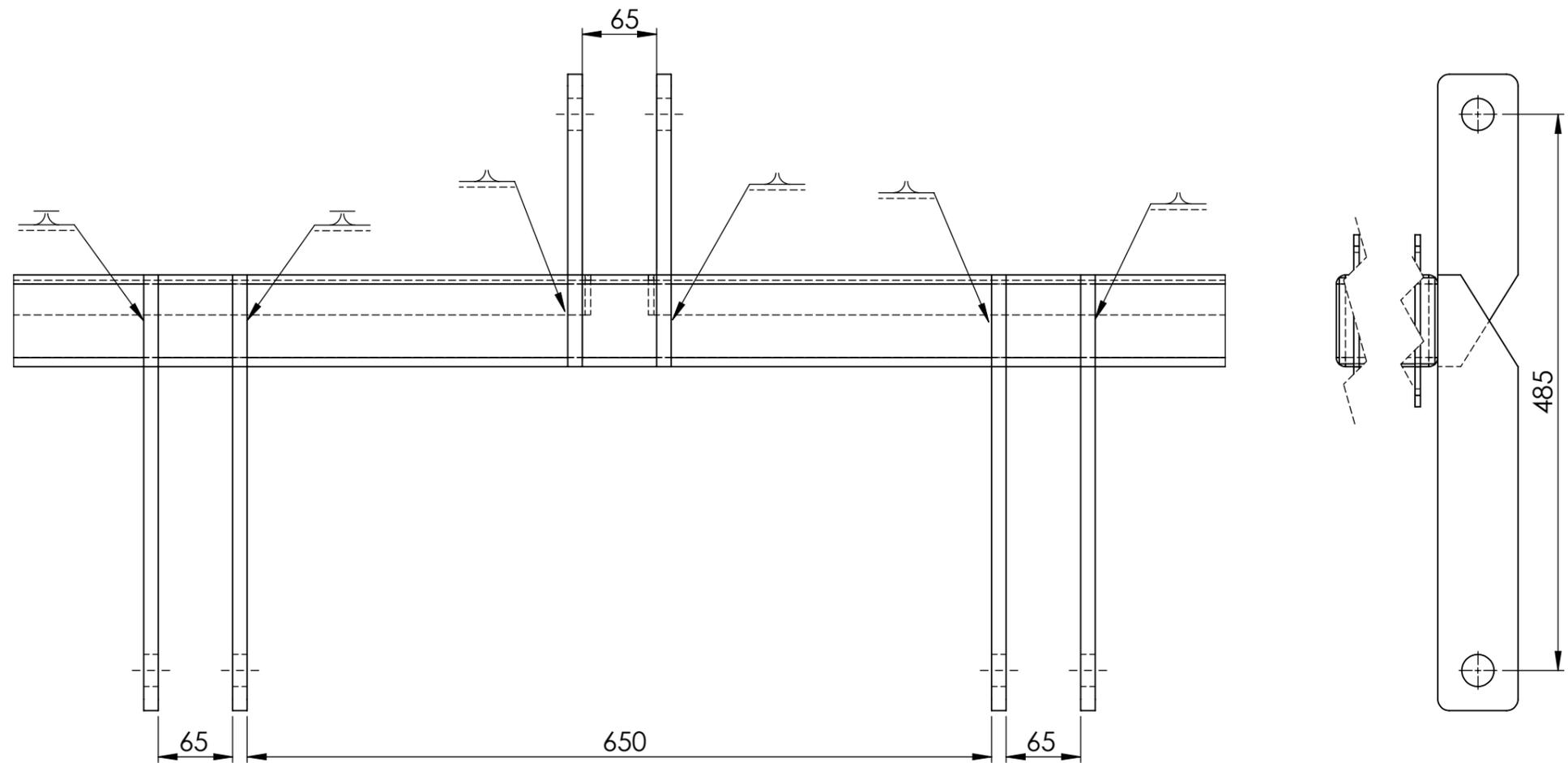


02	Chapa engate superior	2
01	Chapa engate inferior	4
Nº:	DESCRIÇÃO: S7 - Acoplar a fonte de tração	Q:

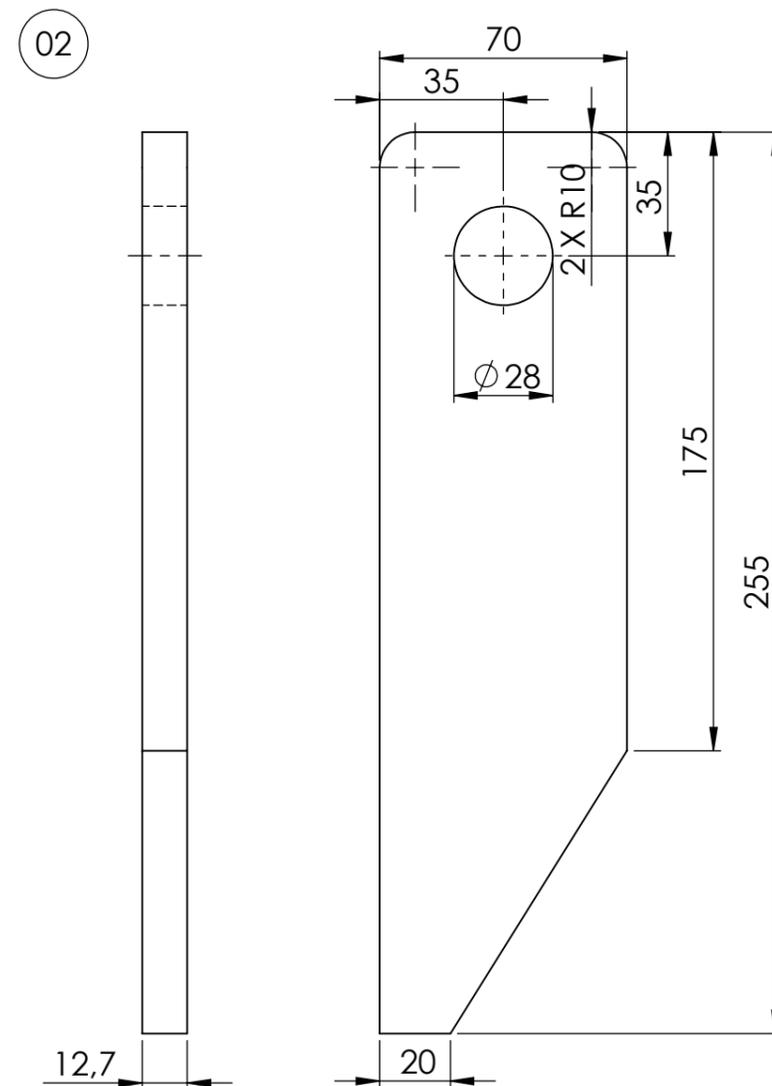
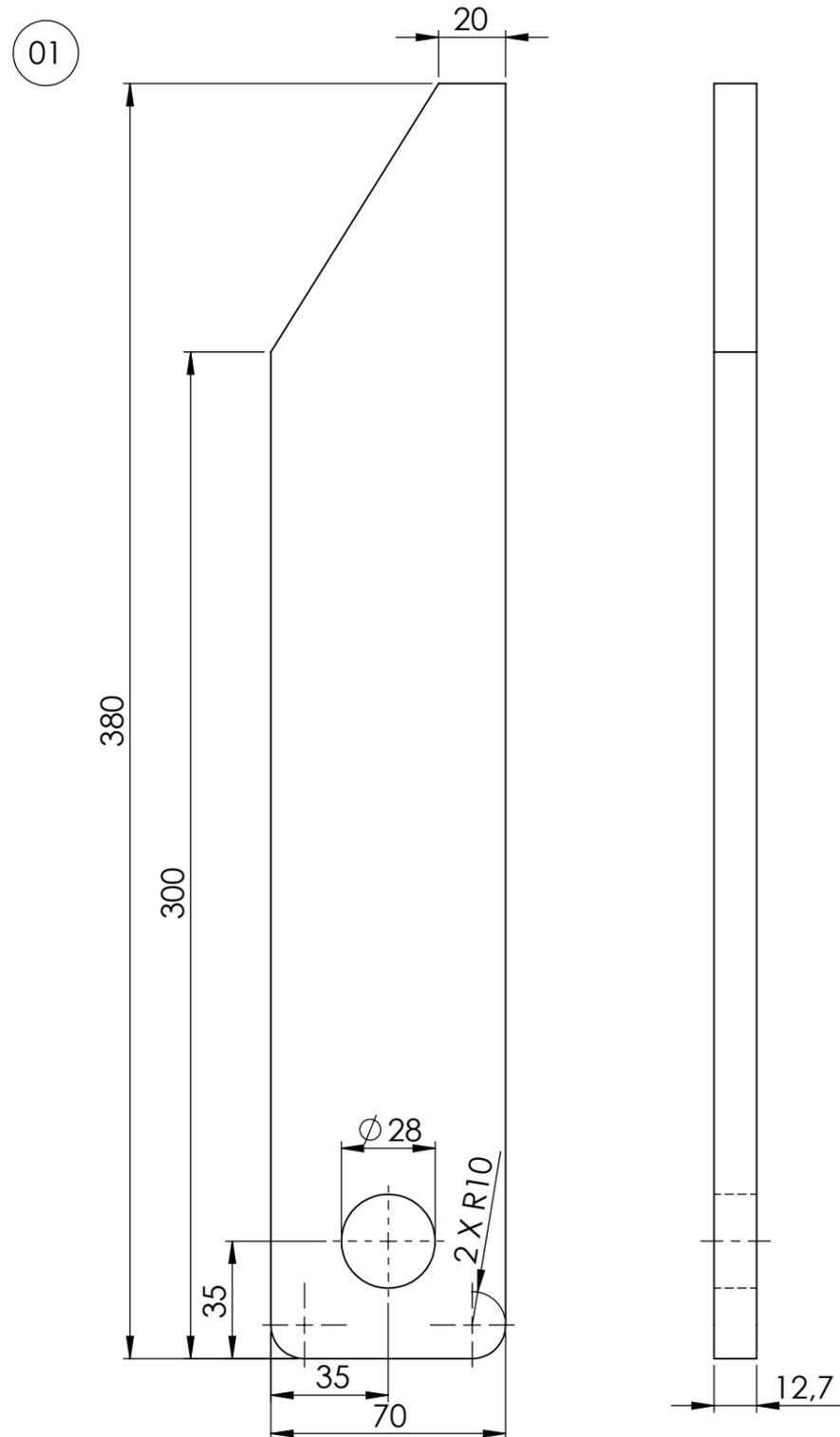
## UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

DESENHISTAS: César Silva Morais	TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes
RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo	
DATA: 24/02/2014	ESCALA: 1:2
UNIDADE: (mm)	nº folha: 20 de 24



Nº:	DESCRIÇÃO: S7 - Solda de fixação dos componentes		
	<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS</b>		
	DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR		
	DESENHISTAS: César Silva Morais RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo	TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes	
DATA: 25/02/2014	ESCALA: 1:5	UNIDADE: (mm)	n° folha: 21 de 24



02	Chapa engate superior	Aço SAE 1010	2	1,518	255	70	12,7
01	Chapa engate inferior	Aço SAE 1010	4	2,392	380	70	12,7
Nº: DESCRIÇÃO: S7 - Acoplar a fonte de tração		Especificação do material: Q: Massa kg: Comp: Larg: Alt:					

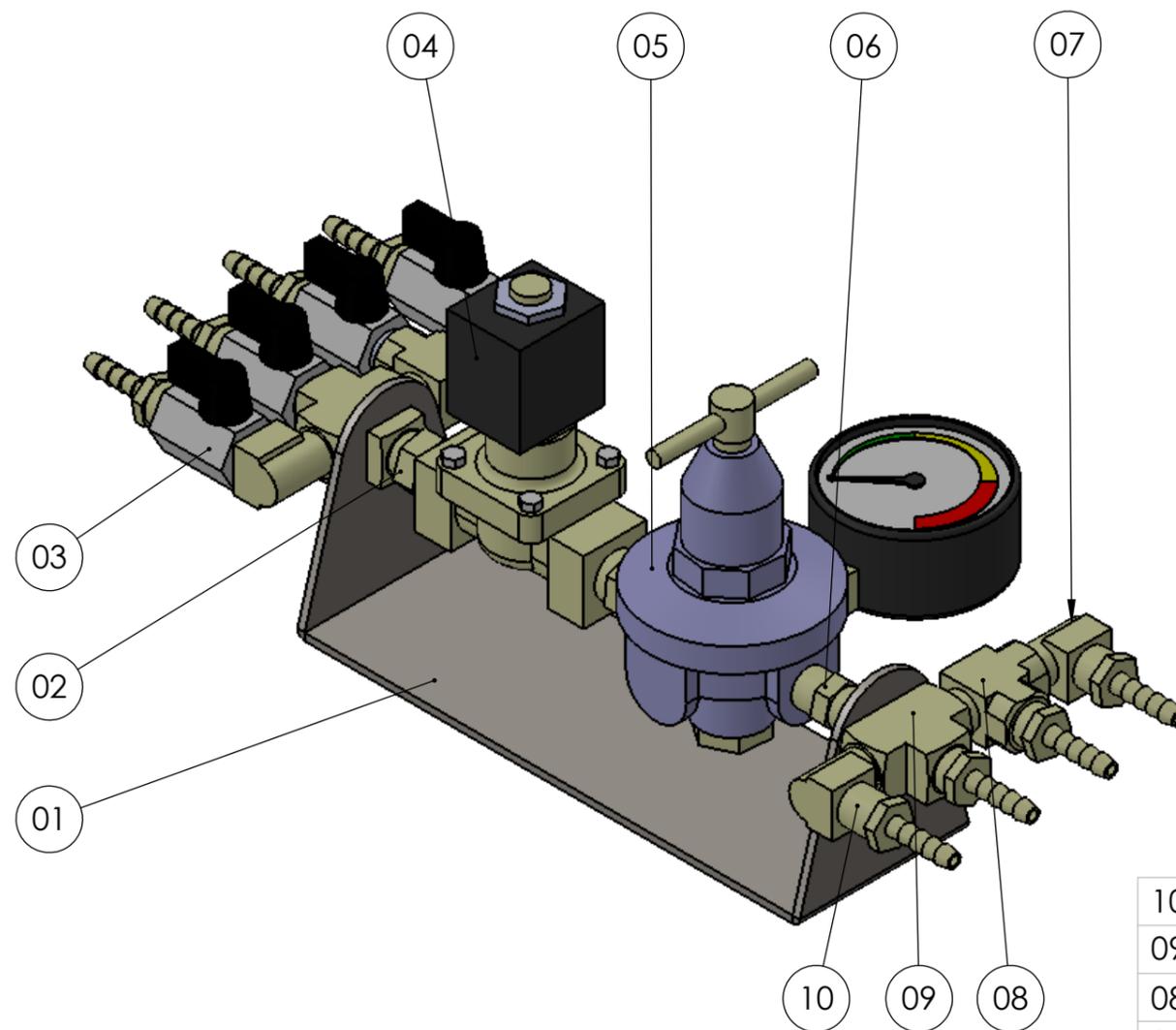


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR**

DESENHISTAS: César Silva Morais  
RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo

DATA: 25/02/2014 ESCALA: 1:2

TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes  
UNIDADE: (mm) n° folha: 22 de 24



10	Bico para magueira de latão W1/2" x 1/4"	8
09	Cruzeta de latão 1/2" x 1/2" x 1/2" x 1/2"	2
08	Tee de latão 1/2" x 1/2" x 1/2"	2
07	Niple de latão 1/2" x 1/2"	1
06	Cotovelo macho-femea de latão 1/2" x 1/2"	4
05	Válvula de regulagem com manômetro anlaógico Famabras série GLP mod: FRG13B	1
04	Válvula solenoide de segurança 5/8" mod: PARKER K593-701 12v 10watts	1
03	Válvula esférica 1/2" x 1/2"	4
02	Niple de latão 1/2" x 5/8"	2
01	Suporte comando de gás	1
Nº:	DESCRIÇÃO: S8 - Regular gás	



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

DESENHISTAS: César Silva Morais

RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo

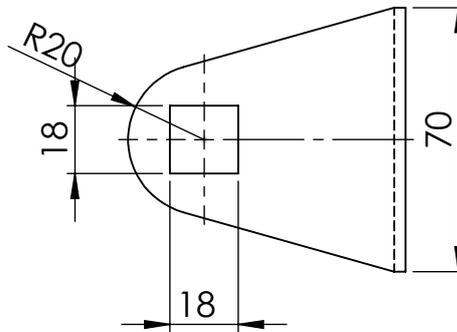
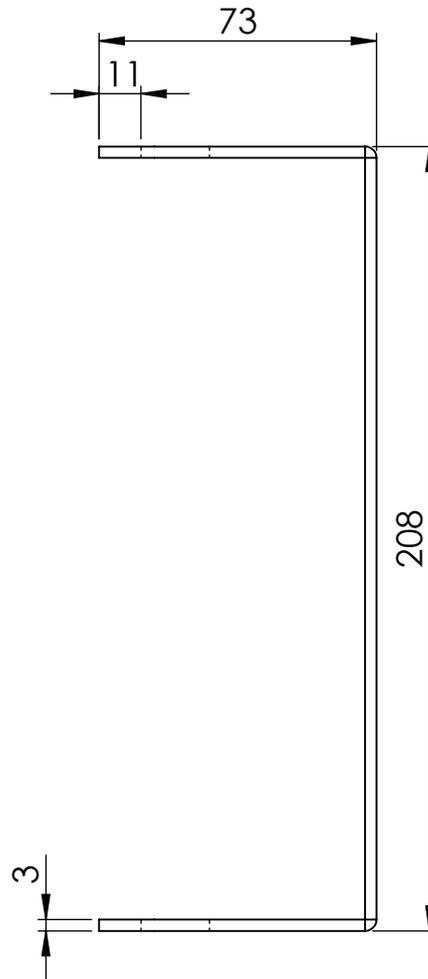
DATA: 25/02/2014

ESCALA: 1:2

TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes

UNIDADE: (mm)

nº folha: 23 de 24



01	Suporte comando de gás	Aço SAE 1010	1	0,487	350	70	3
Nº:	DESCRIÇÃO: S8 - Regular Gás	Especificação do material:	Q:	Massa kg:	Comp:	Larg:	Alt:



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

DOUTORADO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

DESENHISTAS: César Silva Morais	TÍTULO: Máquina para controle de plantas concorrentes
RESPONSÁVEL: Roger Toscan Spagnolo	
DATA: 25/02/2014	ESCALA: 1:2
UNIDADE: (mm)	nº folha: 24 de 24