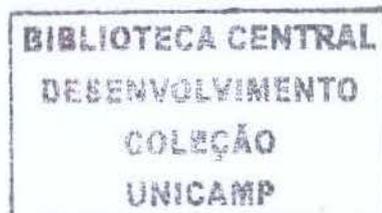


UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**EFICIÊNCIA DE FLAMEJADORES NO CONTROLE DE
PLANTAS DANINHAS**

MARCOS ROBERTO DA SILVA

Campinas – SP
Agosto de 2008



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

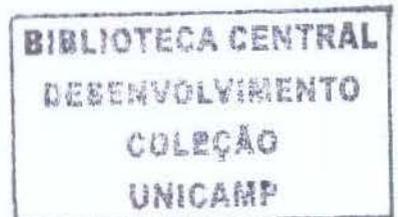
EFICIÊNCIA DE FLAMEJADORES NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

Tese submetida à banca examinadora para
obtenção do título de Doutor em Engenharia
Agrícola, na área de concentração de
Engenharia de Água e Solo.

MARCOS ROBERTO DA SILVA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Antonio Daniel

Campinas – SP
Agosto de 2008



UNIDADE BC
Nº CHAMADA _____
T/UNICAMP Si38e
V _____
TOMBO BCI 82867
PROC. 16-148-09
C _____ D X
PREÇO 11,00
DATA 07/07/09
CÓD. TIT. 444833

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Si38e Silva, Marcos Roberto da
Eficiência de flamejadores no controle de plantas daninhas / Marcos Roberto da Silva. --Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: Luiz Antonio Daniel.
Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Erva daninha - Controle. 2. Chama (Combustão).
3. Radiação infravermelha. 4. Altas temperaturas. I.
Daniel, Luiz Antonio. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III.
Título.

Titulo em Inglês: Efficiency of flammers in the weeds control

Palavras-chave em Inglês: Weed control, Flame, Infrared radiation, High temperatures

Área de concentração: Engenharia de Água e Solo

Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Arno Udo Dallmeyer, Claudio Bianor Sverzut, Giuliano Marchi,
Luiz Lonardoni Foloni

Data da defesa: 22/08/2008

Programa de Pós Graduação: Faculdade de Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Marcos Roberto da Silva**, aprovada pela Comissão Julgadora em 22 de agosto de 2008, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



Prof. Dr. Luiz Antonio Daniel - Orientador
FEAGRI/UNICAMP



Dr. Giuliano Marchi - Membro Titular
CPAC/EMBRAPA-CERRADOS/Planaltina-DF



Prof. Dr. Arno Udo Dallmeyer - Membro Titular
UFSM/Santa Maria-RS



Prof. Dr. Luiz Lonardoni Foloni - Membro Titular
FEAGRI/UNICAMP



Prof. Dr. Claudio Bianor Sverzut - Membro Titular
FEAGRI/UNICAMP

A minha esposa Luciana pela dedicação incondicional;

Aos meus pais José e Edna, pois a vida inteira estiveram sempre no mesmo lugar esperando, onde eu pudesse encontrá-los para chorar, para rir, para um conselho, para um estímulo ou simplesmente para encontrar um colo;

Ao Sérgio Augusto Hiroaki Kurachi pelo exemplo de vida e abnegação;

dedico.

AGRADECIMENTOS

A Coordenadoria de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

Ao amigo e orientador Luiz Antonio Daniel pela confiança depositada, pelas oportunidades proporcionadas, pelo espírito arrojado transmitido e, principalmente por ter me inserido neste universo fantástico que deu origem a esta Tese.

A Mara Vaccaro, nossa querida “*Maroca*”, pelos vários momentos alegres que nos proporciona a sua companhia, e pela amizade – “*fala fofa*”.

Ao Centro de Engenharia e Automação do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, na pessoa do seu diretor Hamilton Humberto Ramos, pela abertura e incentivo na realização do projeto “FLAMER”.

Ao Afonso Peche Filho, pelos ensinamentos, pela sabedoria, e em especial por me mostrar que as coisas devem ser realizadas de forma simples, sem complicações, assim como é o “*feijão com arroz*” e, por ser simplesmente meu amigo de todos os momentos.

Ao amigo Sérgio Augusto Hiroaki Kurachi, por fazer parte da minha história profissional, por ser parte fundamental na realização deste trabalho e por ser um norte no que diz respeito à sabedoria, humildade e dedicação.

Ao César Hideo Nagumo, pela enorme contribuição dada durante os ensaios, pelo otimismo sempre transmitido e pela parceria construída desde o seu tempo de graduação.

Ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – CCETEC e a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação – PRPPG da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

Ao amigo Celso Luiz Borges de Oliveira, pelo auxílio, pelo desprendimento, pela preocupação contínua para que tudo desse certo e por me ensinar que “*quem tem amigo não se governa*”.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo apoio financeiro ao projeto (Processo nº 06/52125-8) do programa de “Pesquisa Inovativa na Pequena e Micro Empresa (PIPE)”.

A empresa Antoniosi Tecnologia Agroindustrial, ao senhor Adélio Antoniosi e ao Alex Antoniosi, pela oportunidade, pela parceria de sucesso e pela credibilidade depositada para o desenvolvimento do projeto “FLAMER”.

A Cia Ultragaz empresa do Grupo Ultra, através dos engenheiros Marcelo Palmieri e Washington Flávio Pereira, pelo estímulo ao desenvolvimento do projeto “FLAMER”, pelo apoio, pelo financiamento de várias etapas e, mais, por acreditar na viabilidade da aplicação do método na agricultura.

Ao Silas Ferreira Donadeli da Cia Ultragaz, pela amizade, pelas conversas francas, pelas experiências trocadas, por me transmitir todos os conhecimentos sobre GLP e por estar sempre de prontidão para contribuir.

A Fazenda Sant’Anna, na pessoa do seu proprietário Sr. Plínio Antônio Lion Salles Souto e dos amigos Paulo Henrique Crivellari e Ivair “*meu peixe*”, pela amizade construída ao longo dos anos, pela confiança e por encontrar sempre a “*porteira aberta*”.

A empresa Athenas, na pessoa do Eng. Felipe José Neves Pereira, pela doação dos materiais para isolamento térmico utilizados para o desenvolvimento dos trabalhos com os flamejadores.

A Soraia Barreto Aguiar Fonteles, pelas palavras de otimismo, pela torcida e por todas as vezes que me socorreu em Cruz das Almas.

Ao Augusto Sanches, pela confecção das ilustrações.

Em especial para a minha esposa Luciana, pela paciência, contribuição, carinho, por ser um porto seguro...

SUMÁRIO

Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas.....	xii
Resumo.....	xiv
Abstract.....	xvi
1 Introdução.....	1
2 Hipóteses	5
3 Objetivos.....	7
3.1 Objetivo Geral	7
3.2 Objetivos Específicos	7
4 Revisão de Literatura.....	9
4.1 Controle físico de plantas daninhas.....	9
4.1.1 Controle físico de plantas daninhas com altas temperaturas	9
4.2 Flamejamento – Máquinas, métodos de aplicação e culturas utilizadas	15
4.2.1 Flamejadores.....	15
4.2.2 Métodos de flamejamento	18
4.2.2.1 Fatores técnicos que influenciam no flamejamento	20
4.2.2.2 Fatores biológicos que influenciam no flamejamento.....	24
4.2.2.3 Fatores ambientais que influenciam no flamejamento	26
4.2.3 Culturas em que o flamejamento pode ser empregado.....	27
4.3 Ação do fogo sobre os organismos não alvo, banco de sementes e matéria orgânica ..	28
.....	28
4.4 Potencial de uso do flamejamento na agricultura brasileira.....	30
4.5 Legislação e normas que reconhecem o controle térmico.....	34
5 Material e Métodos.....	37
5.1 Etapa I – Construção e adequação dos dispositivos de ensaios, componentes do sistema de alimentação de GLP e desenvolvimento dos modelos experimentais de flamejadores	37
5.2 Etapa II – Seleção das plantas daninhas e condução das espécies	47
5.3 Etapa III – Ensaios preliminares com queimadores	49
5.4 Etapa IV – Ensaios finais com os modelos experimentais de flamejadores.....	53

5.4.1.1	Delineamento estatístico e avaliação dos tratamentos.....	60
6	Resultados e Discussão.....	63
6.1	Resultados dos ensaios preliminares com queimadores.....	63
6.1.1	Ensaio estático com queimadores de chama direta.....	63
6.1.2	Ensaio estático com queimadores de radiação infravermelha.....	67
6.2	Ensaio final dos modelos experimentais de flamejadores.....	71
6.2.1	Modelo experimental de flamejador do tipo chama direta.....	71
6.2.2	Modelo experimental de flamejador do tipo infravermelho.....	76
6.2.3	Análise de variância.....	81
6.2.3.1	Capim-braquiária.....	81
6.2.3.2	Capim-colonião.....	82
6.2.3.3	Corda-de-viola.....	83
6.2.3.4	Picão-preto.....	86
6.2.4	Classificação do controle das espécies de acordo com a escala adaptada da ALAM	86
6.2.5	Avaliação Visual.....	87
7	Conclusões.....	91
8	Bibliografia.....	93
9	Anexos.....	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelos de flamejadores: (A) Manual com radiação infravermelha e (B) Sobre roda/costal de chama direta; (C) Tratorizado com queimadores de chama direta, sem cobertura; e (D) Tratorizado misto de chama direta e radiação infravermelho, com cobertura.	15
Figura 2. Tipos de queimadores usados para o controle térmico de plantas daninhas.	18
Figura 3. Posicionamento dos queimadores em ambos os lados das fileiras.	19
Figura 4. Queimadores posicionados paralelamente às fileiras de plantas.	19
Figura 5. Queimador direcionado na rua entre as linhas de plantas.	20
Figura 6. Tipos de flamejadores.	22
Figura 7. Dispositivo de ensaio para avaliação do desempenho de flamejadores em condições de laboratório, LePori (2001).	24
Figura 8. Dispositivo para realização dos testes estáticos.	38
Figura 9. Detalhes da possibilidade de montagem com dois queimadores, altura em relação à superfície e inclinação.	39
Figura 10. Montagem da estrutura na barra porta ferramentas da ponte rolante.	40
Figura 11. Esquema simplificado do sistema de suprimento de GLP.	41
Figura 12. Esquema completo dos componentes do sistema de suprimento de GLP.	41
Figura 13. Sistemas de alimentação construídos para os ensaios: (A) Estáticos e (B) Dinâmicos.	42
Figura 14. Reservatório de GLP utilizado nos testes.	43
Figura 15. Botoeira utilizada e esquema.	43
Figura 16. Queimador do tipo chama direta.	44
Figura 17. Modelo experimental de flamejador do tipo chama direta.	45
Figura 18. Queimador do tipo fibra de metal tricotada – Acotech.	46
Figura 19. Modelo experimental de flamejador do tipo infravermelho.	46
Figura 20. Semeadura das espécies: enchimento dos tubetes, semeadura e cobertura das sementes.	48
Figura 21. Estrutura adaptada para o cultivo das plantas daninhas em tubetes.	49
Figura 22. Variações de temperatura ao longo da chama em um queimador cilíndrico.	50

Figura 23. Sonda de Temperatura de até 1250°C e instrumento (Data Logger) Testo 400 para aquisição e armazenamento dos dados.....	51
Figura 24. Termopar montado no suporte e a malha utilizada para definição dos pontos de medição.....	51
Figura 25. Ilustração da malha de pontos para aquisição dos dados de temperatura: (A) queimador de chama direta (B) queimador infravermelho.....	52
Figura 26. Exemplos das espécies para tratamento.....	55
Figura 27. Ponte rolante e canteiro experimental.....	55
Figura 28. Tela metálica e estrutura do canteiro experimental.....	56
Figura 29. Ilustração da fixação dos tubetes e corte transversal da estrutura com detalhe da montagem da tela, madeira e tubetes.....	56
Figura 30. Colocação dos tubetes nos furos de referência, detalhe da tela, da chapa de madeira perfurada e do substrato colocado sobre a chapa.....	57
Figura 31. Distribuição das plantas daninhas no canteiro experimental.....	57
Figura 32. (A) Ilustração da instalação dos termopares; (B) Detalhe da instalação dos termopares; (C) Detalhe da distribuição dos termopares ao longo do canteiro experimental...	58
Figura 33. Termopar posicionado na unidade flamejadora para medição contínua de temperatura durante o deslocamento da ponte rolante para aplicação dos tratamentos.....	59
Figura 34. Detalhe do termo-higrômetro, anemômetro e data logger.....	59
Figura 35. Aplicação dos tratamentos - Modelo experimental do tipo chama direta.....	60
Figura 36. Distribuição das temperaturas geradas nos diferentes pontos da malha de pontos, no perfil da chama, em três pressões de trabalho.....	65
Figura 37. Distribuição dos valores máximo, médio e mínimo das dimensões da chama em função das diferentes pressões de trabalho.....	66
Figura 38. Seqüência de imagens originais geradas a pressão de: (A) 0,21 MPa, (B) 0,28 MPa e (C) 0,34 MPa e tratadas no programa Image J.....	67
Figura 39. Distribuição das temperaturas geradas nos diferentes pontos da malha proposta no perfil da chama nas diferentes pressões de trabalho.....	69
Figura 40. Distribuição dos valores máximo, médio e mínimo das dimensões da chama em função das diferentes pressões de trabalho.....	70

Figura 41. Seqüência de imagens originais geradas a pressão de: (A) 0,10 MPa, (B) 0,15 MPa e (C) 0,20 MPa e tratadas no programa ImageJ.	71
Figura 42. Comparação entre as temperaturas geradas pelos queimadores do tipo chama direta nos 4 tratamentos realizados: 2, 3, 4 e 5 km h ⁻¹	73
Figura 43. Temperaturas máximas e a média obtida nos termopares.....	74
Figura 44. Imagem das plantas tratadas aos 28 dias nos 4 tratamentos como o modelo experimental do tipo chama direta.	75
Figura 45. Distribuição percentual do controle por espécie em função do tratamento.	76
Figura 46. Comparação entre as temperaturas geradas pelos queimadores do tipo infravermelho nos 4 tratamentos realizados: 2, 3, 4 e 5 km h ⁻¹	78
Figura 47. Temperaturas máximas e médias obtidas nos termopares.	79
Figura 48. Distribuição percentual do controle por espécie em função do tratamento.	80
Figura 49. Imagem das plantas tratadas aos 28 dias nos 4 tratamentos como o modelo experimental do tipo infravermelho.	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Mão-de-obra e custo das operações de controle das infestantes.	32
Tabela 2. Especificações do queimador do tipo tocha líquida.	44
Tabela 3. Adaptação da escala de avaliação visual da eficiência de controle das plantas daninhas com as respectivas descrições de acordo com o valor de porcentagens de controle..	61
Tabela 4. Classificação e critérios das avaliações de controle das plantas daninhas.	62
Tabela 5. Temperaturas observadas nos sentidos transversal e longitudinal da chama de acordo com a malha de amostragem, num total de 25 pontos de amostragem para cada pressão de trabalho.	63
Tabela 6. Consumo de GLP em função das diferentes pressões de trabalho.	65
Tabela 7. Valores médios, máximos e mínimos de comprimento e de largura em função das diferentes pressões de trabalho, de um conjunto de imagens tratadas no programa Image J....	66
Tabela 8. Temperaturas observadas tanto no sentido transversal como no sentido longitudinal de acordo com a malha descrita, num total de 25 pontos de amostragem para cada pressão de trabalho.	68
Tabela 9. Consumo de GLP em função das diferentes pressões de trabalho.	69
Tabela 10. Valores médios, máximos e mínimos de comprimento e de largura em função das diferentes pressões de trabalho, de um conjunto de imagens tratadas no programa Image J....	70
Tabela 11. Temperaturas máximas observadas através dos termopares ao longo do canteiro experimental durante a execução dos testes definitivos a 2, 3, 4 e 5 km h ⁻¹ do modelo experimental de chama direta.	72
Tabela 12. Porcentagem de controle das espécies daninhas utilizadas, em função dos tratamentos do modelo experimental de chama direta.	75
Tabela 13. Temperaturas máximas observadas através dos termopares ao longo do canteiro experimental durante a execução dos testes definitivos a 2, 3, 4 e 5 km h ⁻¹ do modelo experimental infravermelho.	77
Tabela 14. Porcentagem de controle das espécies daninhas utilizadas em função dos tratamentos do Modelo experimental do tipo infravermelho.	80
Tabela 15. Porcentagem de controle da espécie capim-braquiária de acordo com o modelo experimental.	82

Tabela 16. Análise de variância de acordo com o esquema fatorial 2 x 4 para a porcentagem de controle de capim-colonião.	82
Tabela 17. Porcentagem de controle da espécie capim-colonião de acordo com o modelo experimental.	83
Tabela 18. Porcentagem de controle da espécie capim-colonião de acordo com as velocidades de operação.	83
Tabela 19. Análise de variância de acordo com o esquema fatorial 2 x 4 para a porcentagem de controle de corda-de-viola.	84
Tabela 20. Porcentagem de controle da espécie corda-de-viola de acordo com o modelo experimental.	84
Tabela 21. Desdobramento da interação de B dentro A.	85
Tabela 22. Desdobramento de A dentro B.	85
Tabela 23. Porcentagem de controle da espécie corda-de-viola de acordo com as velocidades de operação para o desdobramento de B dentro de A.	85
Tabela 24. Porcentagem de controle da espécie corda-de-viola de acordo os modelos experimentais para o desdobramento de A dentro de B.	86
Tabela 25. Classificação dos controles de acordo com o modelo experimental de flamejador	87
Tabela 26. Notas atribuídas pelo AVALIADOR 1 para o controle da população de plantas das espécies de acordo com os tratamentos para cada modelo experimental.	88
Tabela 27. Notas atribuídas pelo AVALIADOR 2 para o controle da população de plantas das espécies de acordo com os tratamentos para cada modelo experimental.	89

RESUMO

Várias técnicas vêm sendo empregadas nos sistemas de produção agrícola para alcançar os objetivos focados na sustentabilidade. Táticas ou ferramentas de manejo são adotadas a fim de propiciar maior produtividade, menor impacto sobre os recursos naturais e melhor desenvolvimento humano. O controle de plantas daninhas nestes sistemas tem demandado constantes estudos para melhoria de desempenho onde várias práticas são adotadas, dentre elas o controle biológico, químico e físico. No caso do controle físico podem ser considerados, além do método mecânico, os métodos que utilizam altas temperaturas, denominados flamejamento. O flamejamento tem como objetivo a exposição das plantas daninhas ao calor, por um espaço de tempo, suficiente para evaporar a água presente nas células das plantas. Com isso as células se rompem e a movimentação de água fica comprometida, causando assim o seu murchamento e morte. O método no passado foi muito utilizado no exterior, principalmente nos EUA e na Europa, e atualmente a sua aplicação ressurgiu entre os produtores desses países que de alguma forma não utilizam ou diminuíram o uso de defensivos, seja por filosofia ou por necessidade. No Brasil os flamejadores praticamente inexistem e não se encontram registros sobre a sua utilização ou fabricantes desse tipo de equipamento. Este trabalho teve como objetivo principal avaliar a eficiência do uso de dois diferentes protótipos experimentais de flamejadores no controle de plantas daninhas. O estudo foi desenvolvido no Centro de Engenharia e Automação de Jundiaí do IAC onde foi adaptada uma estrutura existente para ensaios com semeadoras. Durante o desenvolvimento do plano de pesquisa foram realizados vários ensaios para caracterização funcional dos queimadores de chama direta e infravermelho. Posteriormente, foram construídos dois modelos experimentais de flamejadores, um de chama direta e outro de chama indireta (infravermelho) baseados nos resultados obtidos na fase de caracterização. Foram utilizadas quatro espécies de plantas daninhas consideradas de importância econômica para determinar a eficiência dos flamejadores. Os ensaios permitiram obter inúmeras informações acerca do funcionamento dos flamejadores em diferentes condições e testar vários procedimentos. Foi também realizada uma análise da influência do calor sobre as espécies vegetais em função dos tratamentos adotados. As plantas expostas ao flamejamento apresentaram um melhor controle quando as velocidades de deslocamento foram menores (2 e 3 km h⁻¹), enquanto que em velocidades

maiores (4 e 5 km h⁻¹) as plantas sofreram injúrias o suficiente para o controle ser considerado satisfatório. As temperaturas a que foram expostas as plantas (135 a 409 °C) em todos os tratamentos foram acima do recomendado na literatura como letais e prejudiciais ao desenvolvimento dos organismos vegetais. As espécies capim-braquiária e capim-colonião apresentaram maior resistência ao calor e as espécies corda-de-viola e picão-preto praticamente não apresentaram resistência. Conclui-se, de acordo com os resultados, que o controle de plantas daninhas com flamejadores é uma tecnologia aplicável às condições brasileiras, porém outros trabalhos precisam ser realizados como estudar a aplicação do calor nas plantas daninhas em diferentes estádios e densidade populacional; estudar a resistência de outras espécies ao calor; estudar outros tipos de queimadores; realizar estudos de dose-resposta; aplicar o flamejamento em condições reais (no campo) para avaliar o efeito sobre a população de plantas daninhas, sobre as plantas cultivadas e sobre o solo.

Palavras-chave: Controle físico, métodos térmicos, altas temperaturas, chama, radiação infravermelha.

ABSTRACT

In agricultural production systems have been employed various techniques to achieve the goals focused on sustainability. Tactics or tools of management are adopted in order to provide greater productivity, lower impact on natural resources and better human development. The control of weeds in these systems has sued constant studies for improving performance where several practices are adopted, among them the control biological, chemical and physical. In the case of physical control may be considered in addition to the mechanical method, which use high temperatures, called flaming. The flaming aims to expose the weeds to heat, for a time, enough to evaporate the water present in the cells of plants. With so rupture the cells and movement of water is compromised, thereby shriveling it and causing his death. In the past the method has been widely used abroad, mainly in the U.S. and Europe, and currently its application resurfaces among the producers of those countries that do not use in any way or reduced the use of defensive, either by philosophy or by necessity. In Brazil the flame practically does not exist and are not records on its use or manufacturers of such equipment. This study aimed to evaluate the efficiency of the primary use of two different experimental flaming prototypes in controlling weeds. The study was conducted at the Center for Engineering and Automation Jundiaí IAC which an existing structure was adapted for testing with seeders to work with flaming. During the development of the research was conducted several tests in order to determinate the functional characterization of a direct flame burners and infrared. Later, two experimental flaming models were constructed, one direct and another one indirect (infrared), based on the results obtained at the characterization. We used four species of weeds considered of economic importance in determining the efficiency of the flaming. The tests led to numerous details about the operation of flaming in different conditions and test several procedures. It was also carried out an analysis of the influence of heat on the plant species on the basis of adopted treatments. Plants exposed to flame had a better control when the speed of displacement were lower (2 e 3 km h⁻¹), while in higher speeds (4 e 5 km h⁻¹) plants injuries were considered satisfactory enough for its control. The temperatures at which the plants were exposed (135 to 409 ° C) in all treatments were above the recommended in the literature as lethal and harmful to the development of plants. The species of grass braquiária and grass coloniao showed more resistance to heat and the species

corda-de-viola and pick black hardly showed resistance. According to the results, it conclude that the control of weeds with flaming is a technology applicable to Brazilian conditions, but other studies must be conducted to study the application of heat in the weeds at various stages and population density; studying resistance to heat from other species; studying other types of burners; carry out studies of dose-response; apply the flaming in real conditions (at field) to evaluate the effect on the population of weeds on the cultivated plants and on the ground.

Key words: Physical control, thermal methods, high temperatures, flame, infrared radiation.

1. INTRODUÇÃO

A modernização na agricultura contemporânea, mundial e brasileira, tem ocorrido a passos largos. A necessidade de adequação às demandas econômicas, sociais e ambientais tem forçado os administradores a repensarem o modelo de produção de alimentos. A produção agrícola, aos poucos, vem tomando uma postura empresarial buscando melhorar os processos com foco nos detalhes para obtenção de informações importantes para auxiliar a tomada de decisão, promover melhorias contínuas e aumentar a competitividade. Quando as ações administrativas e táticas são focadas na melhoria dos processos percebe-se que todos são interdependentes configurando um sistema. Um sistema produtivo é composto por vários processos funcionando ao mesmo tempo, como se fossem organismos em atividade, por isso há necessidade de se identificar relações de causas e efeitos sobre o produto, o homem e o ambiente. Na produção encarada com uma visão sistêmica, ou seja, de forma orgânica, onde qualquer atividade desenvolvida é dependente da outra se deve, portanto, adotar diferentes táticas de manejo que sejam complementares e auxiliares.

Os objetivos traçados pelas empresas agrícolas modernas quanto à produção, são focados no mercado consumidor, na agregação de valor e em ações publicitárias. Portanto, estão adotando táticas mais adequadas para atingir as metas de produtividade, rentabilidade e, conseqüentemente, buscando a sustentabilidade. Um dos principais entraves e desafios na exploração agrícola tanto em áreas de culturas anuais como perenes é o controle das plantas daninhas que competem por nutrientes, água e luz com as plantas cultivadas comercialmente comprometendo o desenvolvimento e a produtividade. Entre esses problemas e dificuldades está a eficácia de controle, a diminuição do uso dos herbicidas, a resistência das espécies aos produtos, os impactos causados no ambiente e nos seres humanos e as dificuldades para o manejo em áreas não convencionais de produção como é o caso da agricultura orgânica.

Pensando em manejo de plantas daninhas a maior preocupação quanto ao seu controle esta sendo demandado pelos produtores que não utilizam produtos químicos, porém algumas empresas que adotam um manejo integrado buscando diminuir a quantidade de aplicação de herbicidas, também necessitam aperfeiçoar a produção e lançam mão de várias táticas para o controle das plantas daninhas.

Nos sistemas convencionais de produção o controle de plantas daninhas é realizado basicamente por meio do uso de substâncias químicas por conveniência, facilidade de uso, efetividade, flexibilidade e custos econômicos razoáveis, porém o consumidor final dos produtos agropecuários vem questionando o uso destas substâncias principalmente no que diz respeito à segurança alimentar e ambiental.

Portanto as ferramentas disponíveis para comporem um programa de controle carecem de estudos aprofundados de modo a subsidiar a escolha da opção mais ajustada aos objetivos da produção. Nesse contexto, especialistas citam várias ferramentas além do controle químico como o controle biológico e vários métodos de controle físico que podem auxiliar no manejo de plantas daninhas de forma a promover um equilíbrio aceitável e obter boas produtividades protegendo as plantas cultivadas.

No caso do controle físico, este compreende todas as técnicas de manejo de plantas daninhas que excluem os processos biológicos e bioquímicos para o controle. O uso de métodos de controle físico precisa ser incorporado numa estratégia de manejo integrado, pois muitas vezes estes métodos apresentam algumas dificuldades para se obter um controle ideal em função da espécie, desenvolvimento das plantas, densidade populacional, tipo de manejo, cobertura do solo (palhada) e pelos efeitos secundários sobre a fauna e flora que podem ocorrer. Pensando no controle físico num contexto integrado é possível alcançar um equilíbrio melhor e não ficar dependente de uma única forma de controle que pode ser um entrave.

Como exemplos de métodos de controle físico podem ser citados, a cobertura morta, a inundação, os métodos térmicos que consistem em aplicar baixas temperaturas (congelamento) e altas temperaturas como microondas, água quente, vapor e flamejamento por meio de chama direta ou indireta com radiação infravermelha.

O controle de plantas daninhas pela técnica do flamejamento foi idealizado por um agricultor americano e foi utilizado efetivamente na agricultura, na década de 40, para destruir as plantas daninhas presentes nas culturas de milho e algodão.

A partir de então, o uso do flamejamento expandiu-se como técnica de controle sendo aplicada principalmente em faixas sobre as plantas daninhas que se desenvolviam nas entrelinhas das plantas cultivadas. Estima-se que nos Estados Unidos no início da década de 60 existiam no campo, cerca de 15.000 flamejadores, operando principalmente nas culturas de algodão, milho e soja. Neste período, o interesse era executar o controle não seletivo aplicado

em área total em pré-emergência. Nos anos seguintes, pesquisas provaram que o flamejamento para o controle de plantas daninhas podia ser usado em 30 ou 40 culturas com bons resultados (FLAME ENGINEERING INCORPORATED, 2003).

A partir de 1960, houve uma queda na utilização da técnica do flamejamento em consequência ao surgimento dos herbicidas, cuja utilização se espalhou rapidamente por todo o mundo. Segundo Diver (2002), entre os anos 80 e 90, o uso do flamejamento como técnica não-química de controle de plantas daninhas foi retomado principalmente entre os agricultores orgânicos. Sullivan (2005) relatou no seu trabalho, que no final dos anos 90, a aplicação da técnica estava ressurgindo em partes dos Estados Unidos em substituição ao controle químico.

Na Europa, especificamente na Alemanha e na Suíça, a técnica foi impulsionada somente a partir da década de 70, quando os agricultores orgânicos começaram a usá-lo com maior frequência. De acordo com Ascard (1995) o flamejamento é usado em países europeus principalmente para o controle não seletivo de plantas daninhas nas culturas de hortaliças, nas culturas semeadas em fileiras e a espaçamentos largos, na dessecação das ramas de batata e em áreas urbanas.

Os flamejadores usados no controle seletivo de plantas daninhas utilizam queimadores dispostos numa barra, geralmente em número de dois, e não possuem uma cobertura sobre eles. Esse equipamento é utilizado para aplicar uma chama dirigida sobre a planta daninha, ou ainda, em algumas culturas, como é caso do milho, dependendo da altura das plantas uma chama pode ser aplicada na linha de semeadura. No caso do controle em faixas em área total os flamejadores possuem queimadores que ficam situados debaixo de uma cobertura. Esse tipo de equipamento também é utilizado no controle de insetos na cultura de alfafa, na dessecação das ramas de batata, no desfolhamento térmico das plantas de algodão, no controle de doenças de diversas culturas e controle de plantas daninhas nos sulcos e canais de drenagem.

O uso de flamejadores é pouco conhecido entre os produtores brasileiros. Os poucos produtores que utilizam esses equipamentos raramente conhecem sobre os tipos, aplicação, eficiência e segurança. Os equipamentos utilizados são geralmente construídos de forma artesanal e representam perigo quando empregados sem tomar as devidas precauções quanto aos itens de segurança. Alguns trabalhos foram realizados no Brasil aplicando o flamejamento em áreas agrícolas pelo Professor Luiz Antonio Daniel da FEAGRI/UNICAMP em parceria com a empresa Ultragaz do setor de GLP e recentemente por iniciativa da empresa Antoniosi

Tecnologia Agroindustrial iniciou-se o desenvolvimento dos equipamentos para aplicação nas condições brasileiras com projeto financiado pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

O trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do uso de dois tipos de flamejadores, sendo um de chama direta e outro de chama indireta por irradiação (infravermelho), desenvolvidos pela empresa Antoniosi, no controle de quatro espécies de plantas daninhas.

2. HIPÓTESES

- O flamejador é eficiente no controle de plantas daninhas.
- O controle eficiente de plantas daninhas pela técnica do flamejamento é influenciado pela velocidade de deslocamento;
- O flamejamento é uma alternativa no controle de plantas daninhas.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência do uso de dois tipos de flamejadores, sendo um de chama direta e outro de chama indireta por irradiação (infravermelho), no controle de quatro espécies de plantas daninhas.

3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver proposta de procedimentos para ensaio;
- Estimular o uso de flamejadores e a adoção de técnicas térmicas de controle de plantas daninhas por meio de chama e irradiação;
- Adaptar e/ou construir dispositivos de ensaios para avaliação do desempenho de flamejadores em laboratório;
- Estudar a influência de fatores técnicos sobre a eficiência do flamejamento no controle de plantas daninhas:
 - Avaliar o consumo do gás combustível;
 - Avaliar o efeito de variações na velocidade de deslocamento no controle de plantas daninhas;
 - Analisar a temperatura produzida pelos queimadores em movimento e estático e, sua influência no controle de plantas daninhas;
 - Analisar o efeito do flamejamento em diferentes grupos de plantas daninhas.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Controle físico de plantas daninhas

Segundo Panneton e Fleurat-Lessard (2001) os métodos físicos de controle de plantas daninhas são os principais métodos usados na agricultura orgânica sendo também aplicados na agricultura convencional. As técnicas de controle físico não causam efeitos prejudiciais ao meio ambiente, porém a sua aplicação geralmente é limitada em função das áreas tratadas (cobertura vegetal do solo e manejo) e dos períodos (condições climáticas) aos quais são aplicados. É um método de controle que não envolve substâncias químicas e biológicas e, portanto não deixa resíduos nos alimentos.

Ascard (1995) comenta que entre os métodos físicos destacam-se o mecânico (arranquio, capina manual e cultivo mecânico), ação das temperaturas baixas (congelamento), temperaturas elevadas (chama, radiação infravermelha, água quente e vapor) e diferentes métodos eletrotérmicos (descarga elétrica). Entretanto, o principal método de uso prático, além do método mecânico que é largamente aplicado, é o que utiliza altas temperaturas.

4.1.1 Controle físico de plantas daninhas com altas temperaturas

O controle das plantas daninhas nos cultivos por meio de altas temperaturas tem sido estudado por especialistas e aplicado por produtores no mundo ao longo do tempo (HOLMØY & NETLAND, 1994).

As altas temperaturas causam alterações no estado físico-químico das biomembranas e na conformação das moléculas de proteína. As membranas internas do cloroplasto denominados de tilacóides, onde se localiza a clorofila e ocorrem as reações de luz da fotossíntese, são especialmente sensíveis ao calor, portanto os distúrbios na fotossíntese são as primeiras evidências do estado de estresse ao calor. O resultado do dano causado nos cloroplastos é a inibição da fotossíntese e, eventualmente, dependendo da temperatura, essa situação resulta na morte da planta (LARCHER, 2000).

Este método, mais conhecido como controle por meio de chamas ou flamejamento, tem como objetivo a exposição das plantas daninhas ao calor por um curto espaço de tempo, o suficiente para romper as membranas e evaporar a água contida nas células das plantas, destruindo a habilidade das plantas em movimentar a água e realizar a fotossíntese, causando

assim o seu murchamento e morte (FLAME ENGINEERING INCORPORATED, 2003; ORGANIC AGRICULTURE INFORMATION, 2007). Para Deuse e Lavabre (1979) além do rompimento das membranas o calor mata as células provocando a coagulação do protoplasma e a inativação de enzimas. Estes autores ainda comentam que o tempo de exposição para que isso ocorra é curto, mas as temperaturas de tratamento são altas.

Segundo Ellwanger Junior, Bingham e Chappell (1973) e Rifai et al. (2003) as plantas são aquecidas rapidamente pela chama o suficiente para que as membranas celulares se rompam. Assim sendo, o flamejamento não deve ser confundido com a queima. Para Thermoweed (2006) o calor deve ser o suficiente para aquecer partes da planta, especialmente as folhas até 70 °C, para causar um dano à proteína. Se uma planta for aquecida até 100 °C, todas as estruturas celulares também serão destruídas, em ambos os casos a respiração vesicular cessa e a planta murcha. O tempo requerido de exposição da planta a chama para ser efetivo no controle depende de vários fatores como características da morfologia e arquitetura da espécie e das condições climáticas ambientais (vento e umidade relativa).

Para Taiz e Zeiger (2004), Pitelli (1987) a maior parte dos tecidos das plantas superiores é incapaz de sobreviver a uma prolongada exposição às temperaturas acima de 45 °C, porém células que não estão em crescimento ou tecidos desidratados (sementes e pólen) podem sobreviver a temperaturas mais altas do que as células hidratadas, vegetativas e em crescimento. Já para Parish (1990) para romper as membranas das células, o tecido da planta deverá ser elevado a temperatura de 100 °C por pelo menos 1 segundo, mas a coagulação da proteína ocorre entre 50 a 70 °C.

O interesse pela capina com chama, nos Estados Unidos, teve seu auge durante os anos 50, mas a sua aplicação reduziu na maioria das áreas em meados dos anos 70 com o aparecimento do herbicida químico mais eficiente no controle e também devido à elevação do preço do petróleo (KERPNER; BAINER; BARGER, 1978). Porém, de acordo com a Officine Mingozzi (2007), a tecnologia foi desenvolvida nos Estados Unidos, em 1852, pelo Sr. John Craig de Columbia em Arkansas, que utilizou um equipamento de capina com chama pela primeira vez e, posteriormente patenteou a invenção. Os equipamentos utilizavam óleo combustível para produzir a chama nos queimadores e em 1943 passou-se a usar o gás liquefeito de petróleo (GLP) devido a produção em grande quantidade e o baixo custo do produto.

Segundo a National Academy of Sciences (1968) a existência de máquinas com queimadores para queimar produtos derivados de petróleo, gerando chamas com altas temperaturas em torno 1.100 °C eram utilizados para eliminação de plantas daninhas jovens.

Parish, Porter e Vidrine (1997) comentam que existia um interesse constante na aplicação do controle físico com métodos térmicos como complemento ao cultivo mecânico ou substituição parcial/total de herbicidas em cultivos de hortaliças. Esse interesse ocorria por três fatores: aumento da procura por alimentos sem a utilização de herbicida; limitação de moléculas registradas para hortaliças; limitação da eficácia de alguns dos herbicidas registrados.

Pesquisadores têm experimentado diversas formas de controle térmico no cultivo de hortaliças, entre elas a aplicação de chama, radiação infravermelha e o vapor quente. Segundo Rifai et al. (2003) e Rifai, Lacko-Bartoová e Brunclík (2000) o flamejamento mata as plantas daninhas com uma onda intensiva de calor, sem ferir a cultura comercial e sem perturbar o solo. A aplicação do calor pode ser realizada antes ou após a emergência das culturas.

No Brasil a aplicação do controle físico é pouco comum entre os produtores e pesquisadores; tanto os especialistas em fisiologia, como os especialistas em desenvolvimento de máquinas agrícolas. Os poucos produtores que utilizam o flamejamento não possuem máquinas especializadas. Geralmente são equipamentos “artesaniais”, muitas vezes equipados com botijões de GLP residenciais improvisados, sem nenhum mecanismo de segurança e, a chama, é produzida por um tipo de lança-chamas comumente usado para desinfecção de galpões avícolas. Hayashi e Stoltenborg (2003), dois produtores de batata orgânica, recomendam que as plantas daninhas sejam eliminadas junto com a operação de amontoa, mas no caso de aparecimento de novas sementeiras recomendam o uso de um lança-chamas ou maçarico no controle destas plantas.

O texto a seguir relata as recomendações do produtor Stoltenborg no sistema orgânico quanto à construção e utilização de um equipamento lança-chamas: *“A lança-chama serve para culturas semeadas que nasce devagar como cenoura, cebola, salsa, alho poró (semeado direto). Para ganhar experiência com este sistema é recomendável comprar primeiro um pequeno botijão de 3 litros com mangueira e lança-chama (são vendidos para desinfecção de granjas e eliminação de pêlos na matança de porcos). Com investimento barato pode-se experimentar e aprender o momento certo da aplicação, velocidade, para que tipo de mato*

serve (tiririca é controlado, mas volta no dia seguinte), etc. Este foi o primeiro tipo manual que usamos por 2 anos com bom resultado. Atualmente temos o mesmo modelo melhorado atrás do trator. Ele trabalha com 6 bocais para um canteiro normal de 1 a 1,10 metros de largura. As rodas do trator ficam em 1,50 metro (centro da roda até centro). O tipo do bocal do lança-chamas merece atenção. A chama deve sair azul, com pressão, e não avermelhada com baixa pressão. Logo atrás do bocal soldamos um prego grosso que divide a chama e fica incandescente para ascender o fogo durante o serviço. A chama apaga muito fácil com vento traseiro. A máquina trabalha com 2 botijões de gás de cozinha. As mangueiras de saída do botijão se unificam para uma mangueira com torneira que abre e fecha com um quarto de volta. A torneira fica perto, atrás do tratorista, por motivo de segurança, em caso de vazamento. Da torneira a mangueira volta para trás e se divide em 6 para ser ligada aos bocais. Esta montagem das mangueiras permite esvaziar e trabalhar com pressões diferentes nos botijões. A capa protetora serve para guiar e manter o calor perto do chão e evitar que o vento apague as chamas. Na capa protetora são fixadas 2 rodas guia para a regulagem da altura e para manter a máquina certinho no canteiro nas curvas. Os pinos das barras estabilizadoras ficam retirados para facilitar o movimento lateral.” (STOLTENBORG, 2007).

Os flamejadores não são fabricados em escala comercial no Brasil e esse fator também é um limitante ao desenvolvimento da técnica. Para Souza e Rezende (2006) o desenvolvimento de equipamentos para o controle físico de plantas daninhas é uma possibilidade emergente, reforçada pela carência de equipamentos específicos e em função da adoção crescente do sistema de produção orgânica de alimentos. Os mesmos autores apresentam um equipamento flamejador que vem sendo utilizado para teste pela empresa Ultragaz, mas não apresentaram nenhum detalhe sobre o mesmo.

De uma forma geral, a literatura brasileira sobre o assunto apresenta o controle físico com altas temperaturas no sentido de queima, ou seja, pelo calor gerado na combustão dos restos culturais ou para limpeza das pastagens. Portanto, esse calor é produzido ao atear fogo na área, diferentemente do preconizado no flamejamento onde a planta é exposta a uma chama gerada por equipamento sem a intenção de queimá-la, mas sim causar um distúrbio fisiológico.

Zambolim (2000) cita que o “fogo” pode ser utilizado em situações específicas para destruição de restos culturais e plantas daninhas em pastagens, mas faz um alerta quanto aos aspectos negativos pelo impacto ambiental que pode causar. Segundo Nunes (2001), o controle com fogo ou queimada é uma prática bastante utilizada no Brasil em áreas de pastagens. O autor afirma ainda que é um processo pouco eficiente e com restrições ao uso.

Deuber (1992) relata que a utilização da chama no combate das plantas daninhas já foi realizada no Brasil, no passado, utilizando-se equipamentos lança-chamas, porém na prática ocorreram alguns problemas, como custo elevado do combustível (SILVA e SILVA, 2007), riscos aos operadores, restrição do uso por queimar também os cultivos comerciais e baixo rendimento.

Pitelli (1987) afirma que a aplicação do fogo por meio de lança-chamas é uma técnica interessante, pois não é influenciada por condições ambientais, não tem efeito deriva sobre áreas vizinhas, contribui no controle de pragas e doenças e por ser um método que não deixa qualquer resíduo no solo ou na planta. A grande desvantagem deste método é o fato de eliminar muitos animais e vegetais úteis. Porém faz uma consideração importante, que o método é mais eficiente quando utilizado integrado com outros métodos, como uma tática de manejo.

Para Oliveira Júnior e Constantini (2001) o fogo destrói as plantas daninhas existentes e dependendo da situação pode ocorrer um efeito indesejável promovendo a quebra de dormência das espécies daninhas na área. Citam ainda que as queimadas, devido ao seu efeito nocivo sobre o solo e o ambiente, não devem ser utilizadas continuamente.

Apesar da ocorrência de algumas citações na literatura nacional sobre o assunto nenhum dos autores citados anteriormente relatam experiências ou aplicações práticas do método físico no Brasil. A partir de 2000 teve início um trabalho para verificar a viabilidade técnica de aplicação do método por iniciativa de uma empresa do setor privado, a Companhia Ultragas, distribuidora de GLP (DANIEL, 2001). Inicialmente o trabalho teve como objetivo a adequação de dois equipamentos importados às condições das culturas de interesse por meio da realização de testes preliminares. As primeiras experiências foram realizadas nas culturas de citros, cana-de-açúcar e em áreas com diferentes espécies de plantas daninhas. A partir das observações realizadas durante os testes foram propostas modificações e melhoramento no design dos equipamentos. As mudanças foram de tal forma, que praticamente do equipamento

original somente foram utilizados as mangueiras para condução do GLP, as botoeiras e os queimadores do tipo sino achatado. Surge, então, um equipamento protótipo para ser usado em culturas perenes e anuais em função do ajuste na distância entre os queimadores, porém, vale ressaltar, era apenas um protótipo com todas as suas limitações. Com este equipamento, a equipe técnica, em conjunto com várias instituições parceiras, públicas e privadas, realizou testes em diferentes culturas, como: soja, batata, café, pastagem, milho, mamona e hortaliças.

Segundo Silva e Daniel (2006) o protótipo flamejador, denominado “Flamer”, era um equipamento montado sobre um chassi onde havia instalado um sistema para suprimento de gás, composto por um cilindro reservatório de GLP, componentes, tubulações e um comando eletromagnético de controle da liberação do gás para os queimadores. Na parte posterior deste chassi uma barra porta-ferramenta era equipada com um conjunto de queimadores de chama direta, de formato achatado, com bicos difusores do tipo leque, dispostos paralelamente.

Segundo Daniel (2002) a aplicação do GLP na agricultura não é novidade, porém não tem sido substancialmente utilizada. Suas principais aplicações se verificam na secagem de grãos e na ambiência zootécnica. No entanto, a mecanização agrícola passa a ser um foco importante dessa aplicação, não visando o combustível para motores de combustão interna, mas sim como a viabilização de procedimentos para controle de plantas daninhas, pragas e doenças, como uma tecnologia ecológica de aplicação fitossanitária, reduzindo tecnicamente o uso de agroquímicos, tais como herbicidas, inseticidas e fungicidas. A Cia. ULTRAGAZ S.A. através do Departamento de Tecnologia e Aplicação vem desenvolvendo um projeto de melhoramento de equipamentos moto mecanizados para o controle térmico de plantas daninhas, denominado "Projeto Flamer". Visando principalmente o mercado da "agricultura orgânica" onde a utilização e aplicação de herbicida não é permitida no controle de plantas daninhas. De acordo com o autor, o método físico tem como consequência a dessecação da planta daninha sem, contudo gerar resíduos que provoquem impactos negativos ao meio ambiente, pelo contrário, proporciona a formação de cobertura morta sobre a superfície do solo.

Fruto de um acordo de cooperação entre a Cia Ultragaz, a Companhia Paulista de Força Luz – SP e a UNESP de Botucatu, os pesquisadores Marchi, Velini e Corrêa (2005) publicaram a experiência da aplicação da chama para o controle de plantas daninhas aquáticas em reservatórios de usinas hidrelétricas. Os autores concluíram que mesmo não tendo sido

efetivo o controle nas plantas estudadas, o flamejamento pode representar uma alternativa viável como opção para o manejo integrado de plantas daninhas em ambientes aquáticos, pois possibilita reduções significativas na produção de biomassa seca por um período de até 30 dias após a aplicação.

Volpato et al. (2006) testaram o mesmo equipamento apresentado por Silva e Daniel (2006) para avaliação do controle físico em área de café em cultivo orgânico e os resultados demonstraram que o equipamento é uma excelente alternativa para o controle de plantas daninhas e formação da cobertura morta sobre o solo nas entrelinhas da lavoura de café.

Outra experiência interessante com flamejamento foi realizada para dessecação das ramas de batatas em lavoura comercial. Segundo Silva (2007) os testes comprovaram a eficiência do método para dessecação utilizando o equipamento “Flamer”, porém de acordo com o trabalho, o consumo elevado de GLP poderia inviabilizar a sua aplicação.

4.2 Flamejamento – Máquinas, métodos de aplicação e culturas utilizadas

4.2.1 Flamejadores

Conforme relatado por Diver (2002), Bowman, (1997) e Peruzzi et al. (2007) existem diversos modelos de flamejadores no mercado internacional, que podem ser manuais (portáteis, costais e sobre rodas com propulsão humana), (Figura 1A e B); ou tratorizados, para o tratamento nas culturas semeadas em linhas (culturas anuais) e entre as fileiras de uma cultura perene (Figura 1C e D).

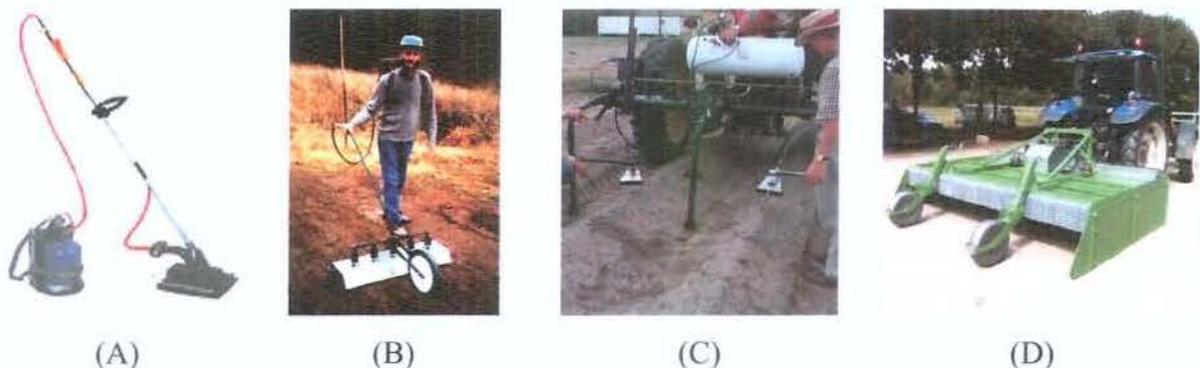


Figura 1. Modelos de flamejadores: (A) Manual com radiação infravermelha e (B) Sobre roda/costal de chama direta; (C) Tratorizado com queimadores de chama direta, sem cobertura; e (D) Tratorizado misto de chama direta e radiação infravermelho, com cobertura.

De acordo Flame Engineering Incorporated (2003), um flamejador tratorizado padrão sem cobertura para o controle de plantas daninhas em culturas anuais é constituído por um tanque de combustível, linhas de alimentação, válvulas de controle e o chassi. O chassi possui suportes tubulares, com sapatas deslizantes, onde estão fixados os queimadores (Figura 1C). Os queimadores possuem várias opções de regulagens de ajustes verticais e horizontais (ângulos variáveis entre 30° e 45°) e de altura em relação ao solo, sendo possível direcionar a chama o mais próximo do solo sobre as plantas daninhas localizadas entre as plantas cultivadas. A chama também deve ser regulada de forma a manter pelo menos 5 cm de distância da cultura evitando queimá-la e causando injúrias. Na aplicação da chama com este tipo flamejador, necessariamente as plantas cultivadas devem ser maiores e mais resistentes ao calor do que as plantas daninhas a serem destruídas.

Segundo Bainer, Kerpner e Barger (1963) o combustível utilizado para produção da chama pode ser propano ou butano ou uma combinação dos dois, neste caso o GLP. O GLP é uma mistura de hidrocarbonetos leves, gasosos, predominantemente propano e butano, armazenados no estado líquido em cilindros. Também é conhecido como gás engarrafado, gás envasilhado ou gás de cozinha. Ainda de acordo com os autores, o gás é carregado em um tanque de alta pressão, equipado com válvulas de controle e conexões de linhas de combustível. No funcionamento do sistema o combustível na fase líquida é retirado do fundo do tanque. Há uma válvula com um pequeno orifício interno, que permite a passagem de combustível o suficiente para manter uma chama piloto acesa nos queimadores; uma válvula de fechamento rápido ao alcance do operador para que os queimadores sejam alimentados de gás durante a operação de aplicação; e uma válvula situada no tanque para apagar completamente os queimadores no término da operação. Normalmente, o equipamento é montado na traseira do trator, por causa da elevada quantidade de calor liberado pelo conjunto de queimadores, evitando assim danos ao operador e para o próprio trator. Por questão de segurança, muitas vezes, o tanque de gás é montado na parte dianteira do trator.

Conforme relatado no “*Agricultural Flaming Guide*”, publicado pela Flame Engineering Incorporated (2003), uma das modificações realizadas no projeto inicial do flamejador padrão sem cobertura foi a adição, entre as “pernas” suportes dos queimadores, de outro queimador. Esse queimador auxiliar às vezes era montado sob uma capota para o cultivo de plantas daninhas entre as fileiras da cultura. A partir desta modificação houve uma

evolução para os flamejadores com cobertura (Figura 1D) para o controle não seletivo de plantas daninhas nas ruas das culturas perenes (ASCARD, 1995).

De acordo com Ascard (1995), no comércio existiam dois tipos de flamejadores com concepções diferentes, ambos usando como combustível o GLP.

No primeiro, do tipo chama direta, método mais comumente utilizado, a queima do GLP pelos queimadores gera chamas com temperaturas de até 1.900 °C. Os flamejadores de chama direta podem ser abertos onde os queimadores não estão sob uma cobertura ou cobertos montados sob uma cobertura isolante. O projeto de cobertura é importante para manter o calor gerado momentaneamente próximo do solo na área de tratamento para melhorar a eficiência. O controle térmico das plantas pelos flamejadores de ação direta é realizado diretamente pela chama, por isso convencionou-se chamá-lo de tipo chama direta (ASCARD, 1995; BOND & GRUNDY, 2001).

O segundo tipo de flamejador é o de radiação infravermelha, que segundo Bond & Turner (2005) tem queimadores que aquecem superfícies cerâmicas ou metálicas que irradiam calor em direção ao alvo, portanto de chama indireta, produzindo temperaturas em torno de 900 °C. Rifai et al. (2003) comentam que o queimador infravermelho não direciona a energia térmica diretamente para as plantas daninhas, porém a energia possui um padrão mais uniforme de distribuição e por essa razão são mais aplicados em tratamentos de pré-emergência e em área total, aplicado em faixas.

Diversos tipos de queimadores, tanto do tipo chama direta como infravermelho, são normalmente encontrados no mercado internacional para utilização no controle térmico de plantas daninhas em áreas agrícolas (Figura 2) (BAINER; KERPNER; BARGER, 1963; LEPORI, 2001; FLAME ENGINEERING INCORPORATED, 2003; HOAF INFRARED TECHNOLOGY, 2005).

De acordo com Bainer, Kerpner e Barger (1963), os primeiros queimadores de GLP tinham secções redondas, e posteriormente foi desenvolvido um queimador achatado, que gerava uma chama larga, curta e comparativamente fina. Enquanto os queimadores redondos são posicionados em ângulos variáveis entre 15º e 20º acima da horizontal, os queimadores achatados podem ser colocados em ângulos mais agudos e são menos sensíveis à deflexão pelas irregularidades da superfície do solo. O queimador achatado é equipado com bico de pulverizador de combustível do tipo leque.



Fonte: Flame Engineering Incorporated

Figura 2. Tipos de queimadores usados para o controle térmico de plantas daninhas.

4.2.2 Métodos de flamejamento

O flamejamento pode ser seletivo quando aplicado para o controle em cultura anuais controlando as plantas daninhas nas entrelinhas das culturas ou não seletivo aplicado em área total. Segundo Ascard (1995), na Europa, em culturas de hortaliças o controle não seletivo de plantas daninhas é muito utilizado em operações de pré-emergência das culturas. Nesse caso, de acordo com Diver (2002), o controle em pré-emergência pode ser realizado de duas maneiras, com a eliminação prévia ou controle no pico de emergência das plantas daninhas.

Em algumas culturas de espécies resistentes ao calor, como o milho e a cebola, o flamejamento seletivo de pós-emergência é aplicado. O flamejamento em pós-emergência é realizado quando as plantas cultivadas se encontram em estádios de desenvolvimento avançados e por isso têm maior resistência ao calor, ou então, utilizando-se alguma forma de proteção para se evitar causar injúrias às plantas cultivadas.

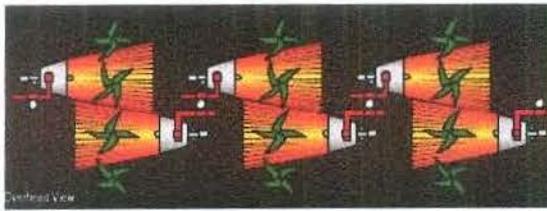
O flamejamento seletivo para controlar as plantas daninhas que nascem entre as plantas cultivadas em fileiras, em culturas tais como: milho, soja, sorgo, algodão, batata, tomate, brócolis, repolho, couve-flor (tolerantes ao calor) foi muito usado nos EUA (ASCARD, 1995 e FLAME ENGINEERING INCORPORATED, 2003).

Segundo USDA (1973) o flamejamento com chama direta é utilizado de maneira eficaz para controle de plantas daninhas em algumas situações. Os queimadores usados nos flamejadores para o controle não seletivo produzem uma chama de largura maior produzindo uma área maior de aplicação, já os queimadores usados para o controle seletivo produzem uma

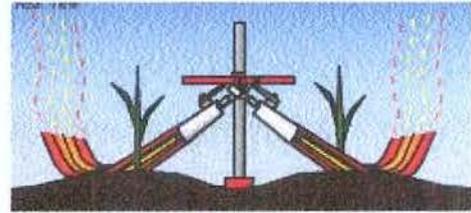
chama relativamente pequena limitando a aplicação para áreas definidas como por exemplo entre as fileiras das plantas cultivadas.

Diver (2002) enumera os seguintes tipos de flamejamento em pós-emergência:

– *Flamejamento transversal*: os queimadores são posicionados perpendicularmente à direção de deslocamento da máquina e inclinados para baixo (Figura 3). Para cada fileira de plantas são usados dois queimadores, um de cada lado das fileiras desencontrados para que as chamas não se choquem.



Queimadores alternados



Inclinados em ângulo de 45°

Fonte: Flame Engineering Incorporated

Figura 3. Posicionamento dos queimadores em ambos os lados das fileiras.

– *Flamejamento paralelo*: os queimadores são posicionados paralelamente às fileiras de plantas (Figura 4). É usado para o controle próximo às fileiras das plantas em estádios iniciais de desenvolvimento quando ainda não suportam o flamejamento transversal.

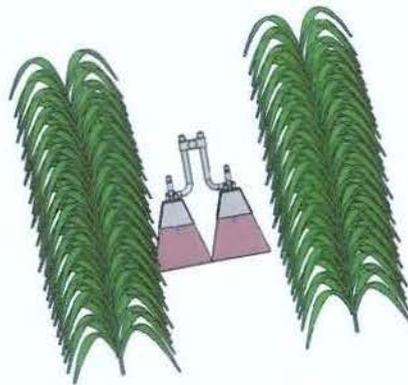


Figura 4. Queimadores posicionados paralelamente às fileiras de plantas.

– Flamejamento centralizado ou na rua entre as linhas: os queimadores são instalados direcionando a chama para as plantas daninhas que crescem no meio da rua entre as linhas das plantas (Figura 5).

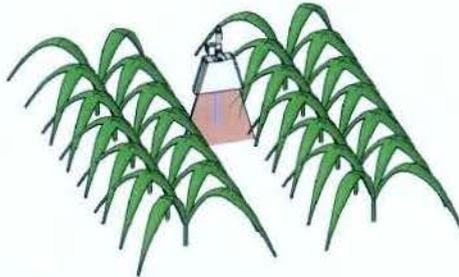


Figura 5. Queimador direcionado na rua entre as linhas de plantas.

– Flamejamento com “escudo protetor” de água: bicos pulverizadores de água são usados para molhar as plantas cultivadas ao mesmo tempo em que o flamejamento é executado, para dar uma proteção extra a elas.

4.2.2.1 Fatores técnicos que influenciam no flamejamento

Conforme Ascard (1995), os efeitos do flamejamento são influenciados por diversos fatores e dentre eles se encontram a temperatura, o tempo de exposição e a energia consumida. As temperaturas letais nas folhas e nos caules se situam dentro de uma amplitude de variação de 55 a 94 °C e os tempos de exposição das plantas às chamas, de 0,065 a 0,13 segundos, são suficientes para matá-las.

De acordo com Daniell et al. (1969) as mudanças na estrutura das células são mais pronunciadas quando a temperatura do tecido vegetal é alterada rapidamente do que quando é aumentada gradualmente. Em geral, a temperatura considerada letal para o controle das plantas varia inversamente com o tempo de exposição e existe uma relação exponencial negativa. Os autores consideram dois termos: temperatura letal e tempo de exposição letal, dessa forma utilizando-se no flamejador queimadores com maior potência que produzem chama com temperatura mais alta, pode-se aumentar a velocidade de operação e, portanto o tempo de exposição da planta ao calor para o controle será menor. Embora a temperatura medida numa chama estacionária não seja essencialmente afetada pelo consumo de

combustível, em condições dinâmicas mais calor deverá ser transferido da chama para o alvo num dado instante, ou seja, aumenta-se a energia produzida com o aumento de combustível adicionado.

De fato, temperaturas mais elevadas e o melhor controle de plantas daninhas foram obtidos com flamejadores equipados com queimadores de alta potência com consumo alto de gás, do que com aqueles de baixo consumo quando o tratamento foi realizado à mesma velocidade (STOREHEIER, 1994). De outro lado, as perdas de calor poderão ser maiores quando o trabalho for realizado em temperaturas mais altas. Portanto, a eficiência de energia poderá ser alta ou baixa para um flamejador com alta produção de energia, dependendo do seu projeto de construção. Segundo Ascard (1995) flamejadores cobertos com elevada potência (440 e 540 kW h⁻¹) mostraram, conforme as condições de tratamento, eficiência energética maior, igual ou menor do que de outros flamejadores com baixa potência (90 a 150 kW h⁻¹). O tempo de exposição letal foi também reduzido até certo ponto com o uso de máquinas mais potentes. Isso tem implicação na velocidade de deslocamento do flamejador que pode ser também aumentada.

Grandes mudanças nos efeitos do controle de plantas daninhas poderão ser obtidas variando-se as velocidades de deslocamento do flamejador, mais do que quando se alteram as pressões de combustível de um determinado queimador ou do sistema de alimentação de combustível da máquina. A velocidade ideal de deslocamento dependerá das condições do tratamento encontradas no campo (espécies de plantas, estágio de desenvolvimento e clima) e do tipo de flamejador (potência do queimador, tipo de queimador e desenho da cobertura dos queimadores) (ASCARD, 1997). Desse modo, o consumo de combustível, a velocidade e a temperatura que atinge a planta alvo são variáveis importantes que obrigatoriamente deverão ser consideradas.

Vanhala et al. (2004) recomendam utilizar nos tratamentos velocidades de operação variando entre 2 e 12 km h⁻¹. As maiores velocidades exigem que a superfície seja completamente plana, não apresentando rugosidade superficial, caso contrário existirá variação de tratamento significativo. Os autores comentam que velocidades menores apresentarão certamente um controle melhor, enquanto que a velocidade maior deverá resultar num controle inferior. Lichtenhahn et al. (2005) recomendam utilizar no máximo a velocidade de 6 km h⁻¹ no controle de plantas daninhas na fase inicial de crescimento. Ascard (1995)

relata que o tempo de exposição ao calor é mais decisivo na danificação de planta do que a dose de combustível consumida.

As formas de transmissão de calor variam de acordo com os projetos de construção dos flamejadores. De acordo com Ascard (1995) o flamejamento pode ser aplicado das seguintes maneiras: pela ação direta das chamas (flamejadores abertos); pela ação direta das chamas combinada com radiação infravermelha (flamejadores cobertos); e exclusivamente pela ação da radiação infravermelha realizado com flamejador equipado com queimadores infravermelho (Figura 6).



Flamejador Aberto



Flamejador coberto (chama + radiação)



Infravermelho

Figura 6. Tipos de flamejadores.

Os flamejadores com queimadores cobertos são geralmente mais eficientes do ponto de vista energético e oferecem maior segurança operacional que os abertos, porém esta diferença raramente foi quantificada em termos de dose ou velocidade de operação.

Segundo Bertram (1991), em um flamejador aberto com um consumo de 50 kg ha^{-1} de propano, apenas 15% do calor gerado na combustão é realmente transferido para as plantas e para um flamejador coberto de acordo com o modelo e dependendo do projeto da cobertura o calor transferido para as plantas pode ser de 30 a 60%. Porém, a diferença entre os flamejadores abertos e cobertos vai depender de outros fatores como tipo de queimador, posição do queimador e projeto do equipamento.

Os queimadores estão comumente agrupados de acordo com a forma, a chama produzida (plana ou tubular), de como o gás entra na combustão (fase líquida ou fase vapor), e, portanto, se possui uma câmara de vapor, ou não. Não existe nenhum resultado consistente

sobre qual o tipo de queimador é o mais apropriado para controle das plantas daninhas. Holmøy & Storeheier (1995) relatam que queimadores achatados que produzem uma chama larga, estreita e pequena são mais indicados para o flamejamento seletivo. Os queimadores tubulares produzem uma chama estreita e longa sendo mais indicados para o flamejamento não seletivo. Os seguintes pontos também deverão ser considerados nos queimadores: posicionamento, ângulo, altura em relação à superfície e a potência.

De acordo Storeheier (1994) o queimador deve ser posicionado com o ângulo entre 22,5° e 45°, sempre direcionados para trás e colocados numa altura mais próxima do solo.

LePori et al. (2000) realizaram um trabalho utilizando queimadores do tipo chama direta e comentam que a forma de chama é importante para a transferência de calor para o objeto alvo. Durante as pesquisas propôs técnicas e métodos com o uso de imagens digitais para medir a forma da chama do queimador e para estabelecer os perfis de temperatura. Os autores ainda comentam que as imagens digitais também são usadas para obter linhas de contorno de temperatura aproximadas dentro da chama através da identificação dos elementos da imagem, ou seja, das diferentes cores de pixels.

Ascard (1995) realizou ensaios de laboratório usando uma estrutura similar a um canal de solo associado a uma ponte rolante que permitia reproduzir as diferentes condições de trabalho no campo. Avaliou o desempenho de diversos tipos de flamejadores equipados com diferentes queimadores; operando a diferentes velocidades de deslocamento; com consumo de diferentes doses de gás combustível; geração de chamas com formatos e temperaturas variadas; queimadores com diferentes ângulos de ataque em relação à superfície do solo e à fileira de plantas. Esse dispositivo de ensaio utilizado tinha 25 m de comprimento e foi montado sobre solo sem cobertura e compactado. Os flamejadores corriam sobre trilhos e eram tracionados por trator.

LePori (2001) utilizava em suas avaliações de laboratório uma ponte rolante deslocando-se sobre uma superfície de ensaio formada por dois tipos de solo. Esse dispositivo, da mesma forma que o anteriormente citado, permitia a reprodução das diversas condições de operação de um flamejador no campo, além de permitir ensaios com diferentes componentes da máquina (Figura 7).

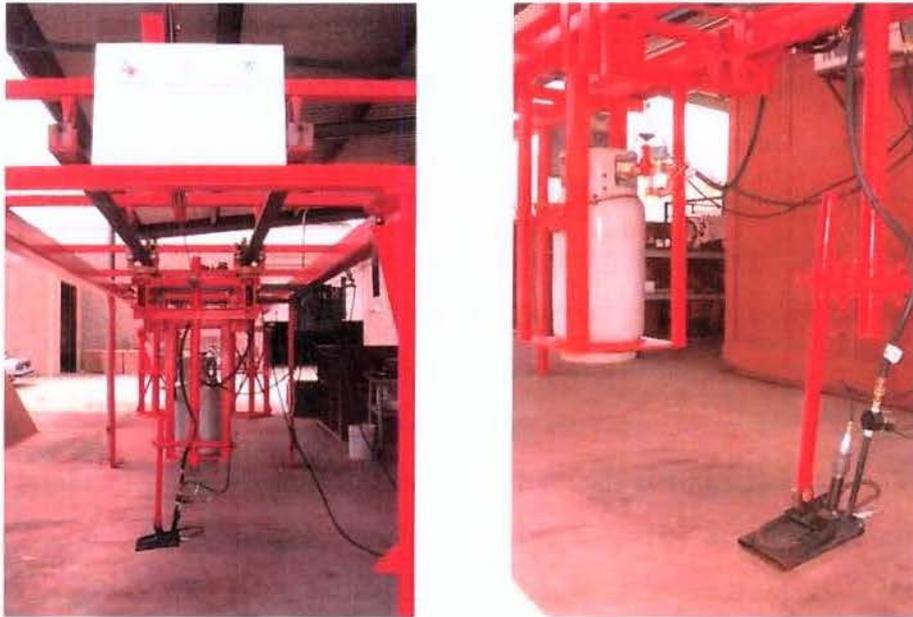


Figura 7. Dispositivo de ensaio para avaliação do desempenho de flamejadores em condições de laboratório, LePori (2001).

4.2.2.2 Fatores biológicos que influenciam no flamejamento

A tolerância de diferentes partes da planta daninha ao flamejamento depende de vários fatores biológicos como camadas protetoras de pelo e cera, lignificação e da água contida nas células. Porém, a sobrevivência da planta a passagem da chama é dependente da habilidade de cada espécie em regenerar-se, ou seja, capacidade de rebrotar (ASCARD, 1997).

De acordo com o Organic Agriculture Centre of Canada (2006), as plantas daninhas podem ser classificadas de acordo com a sensibilidade ao tratamento térmico em:

– *Sensíveis*: plantas com crescimento desprotegido e/ou folhas finas. Doses de propano de 10 a 20 kg ha⁻¹ podem controlar bem as plantas em estágio de desenvolvimento inicial, porém plantas em estádios posteriores requerem doses mais altas (35 a 50 kg ha⁻¹).

– *Moderadamente sensíveis*: espécies que podem ser controladas efetivamente em estágio de desenvolvimento inicial com doses de propano de 30 a 50 kg ha⁻¹, mas em fases posteriores doses mais altas são requeridas para o controle efetivo. O ideal seria que o tratamento térmico fosse realizado nas fases iniciais de desenvolvimento das plantas daninhas. Nesta categoria enquadram-se como plantas de hábito de crescimento vertical e/ou com folhas

tolerantes ao calor, ou com hábito de crescimento prostrado e gemas de crescimento protegidas.

– *Tolerantes*: espécies com hábito de crescimento prostrado e/ou gemas de crescimento protegidas, especialmente após a fase inicial de crescimento. Doses de propano mais altas ($> 50 \text{ kg ha}^{-1}$) são necessárias para o controle. A rebrota pode acontecer nas gemas protegidas ou a partir dos rizomas.

Independente da espécie, mono ou dicotiledônea, as plântulas são muito sensíveis às altas temperaturas, sendo as regiões do caule ou do hipocótilo as mais susceptíveis. Outra parte crítica da planta jovem é a gema apical. Em muitas espécies, suas partes sensíveis se alteram conforme o seu estágio de desenvolvimento. Nas plantas mais velhas, a gema apical é protegida por folhas que estão nas suas proximidades. Além disso, quanto maior a reserva de alimentos nas raízes, maior a habilidade da planta em rebrotar. Para prevenir a rebrota das plantas mais velhas, a chama deverá penetrar na copa das plantas e atingir as gemas auxiliares nos nós inferiores do caule, que também poderão estar protegidas por folhas envoltivas (ASCARD, 1995). Plantas dicotiledôneas jovens são geralmente mais susceptíveis que aquelas mais velhas. A alta sensibilidade térmica das plantas jovens é ocasionada geralmente pelas suas folhas, caules, ramos finos e meristemas menos protegidos do que nas plantas mais velhas.

Doses mais altas são necessárias para matar plantas maiores devido ao maior número de ramos, maior superfície das folhas, e conseqüentemente, maior quantidade de biomassa a ser aquecida. Com o aumento da quantidade de biomassa, o coeficiente de transferência de calor diminuirá, sendo, portanto necessário aumentar a quantidade de calor para o controle das plantas (BERTRAM, 1994).

A densidade de plantas tem influência menor sobre a dose requerida para alcançar certa porcentagem de controle (ASCARD, 1994). Por exemplo, para alcançar um nível de controle de 2 plantas sobreviventes numa densidade populacional de $195 \text{ plantas m}^{-2}$ a dose de propano foi de 60 kg ha^{-1} e quando a densidade de plantas foi duas vezes maior a dose de propano teve que ser aumentada em apenas 17%.

4.2.2.3 Fatores ambientais que influenciam no flamejamento

Geralmente, as plantas sobrevivem ao flamejamento por tolerância ao calor ou por diminuição do seu efeito. As plantas daninhas podem diminuir o efeito do calor quando protegidas por água acumulada na superfície da folha ou quando escondidas por torrões de solo.

– *Umidade*: A umidade da superfície da folha poderá absorver parte do calor aplicado, evitando que ele atinja as diferentes partes das plantas. Porém, em climas secos ou quentes as plantas poderão apresentar diferenças fisiológicas, com maior densidade de cobertura por pêlos ou cera e conteúdos menores de água dentro da planta, que acabam produzindo efeito contrário ao bom senso de que o flamejamento é mais efetivo em condições de tempo seco (ASCARD, 1995).

– *Superfície do solo*: A rugosidade da superfície do solo afeta o desempenho do controle de plantas daninhas por meio da chama. No flamejamento seletivo, uma superfície rugosa com leiras de terra que defletem as chamas ocasionando diminuição da eficácia do tratamento e danos ao cultivo comercial (FLAME ENGINEERING INCORPORATED, 2003; BAINER; KERPER; BARGER, 1963). As condições da superfície são também importantes no controle não seletivo para evitar a deflexão das chamas para o alto e para se obter um tratamento de calor efetivo, próximo da superfície do solo. Vanhala e Rahkonen (1998) comentam que ao aplicar a chama dirigida para se controlar as plantas daninhas entre as fileiras das plantas cultivadas pode provocar injúrias na cultura, pois a superfície do solo é freqüentemente desigual o que poderá interferir na qualidade da aplicação.

– *Vento*: Os ventos podem também perturbar o desempenho da chama, principalmente nos flamejadores com queimadores abertos. Por sua vez, os flamejadores cobertos também podem sofrer influência do vento, especialmente o que penetra por trás da máquina, sob a cobertura da chama (VESTER, 1985).

– *Material inflamável*: A presença de materiais secos, inflamáveis, que podem ser incendiados durante o flamejamento é um fator indiretamente relacionado ao efeito do flamejamento. Quando o flamejamento é usado em pomares, as folhas das plantas cultivadas são facilmente destruídas pela queima produzida por chamas alimentadas pelos materiais secos (ASCARD, 1988).

4.2.3 Culturas em que o flamejamento pode ser empregado

A Flame Engineering Incorporated (2003) cita várias culturas nos Estados Unidos, especialmente por agricultores que cultivam no sistema orgânico, onde a aplicação do flamejamento é uma realidade e usado com eficiência. Na cultura de milho o flamejamento pode ser feito no estágio inicial do desenvolvimento vegetativo. Normalmente, no milho o flamejamento pode ser realizado a partir do momento em que ele alcança a altura de 10 cm. Outra aplicação da técnica é queimar as fileiras da cultura na fase inicial de crescimento para causar um atraso no seu desenvolvimento ocorrendo uma sincronia no florescimento entre cultivares de ciclo diferente para obter maior sucesso nos cruzamentos (SMITH; BETRÁN; RUNGE, 2004).

Flame Engineering Incorporated (2003) na cultura da soja a aplicação é mais dependente de uma programação rígida ou do tempo crítico para a sua execução, pois dependendo do tamanho das plantas poderão ocorrer injúrias. Nesta cultura o flamejamento não é recomendado antes que a planta tenha atingido de 25 a 30 cm de altura. A aplicação na soja deve ser o flamejamento transversal. Ao flamejar a soja, os queimadores deverão estar ajustados de tal modo que as chamas atinjam o solo na base das plantas, evitando ou tentando evitar que a chama atinja diretamente as suas folhas. Para sorgo o flamejamento deverá ser iniciado quando suas plantas tiverem a altura de aproximadamente 20 cm. Os queimadores deverão seguir as mesmas orientações para a cultura da soja.

Na cultura da batata poderá ser usado para combater o besouro do Colorado, que ataca suas plantas (KUEPPER, 2003). Os queimadores são diretamente direcionados para baixo, em direção à fileira de plantas em ângulo de 45° e virados 45° para trás em relação ao plano transversal ao deslocamento. Outro uso é na dessecação das ramas da batata, antes da execução da operação de colheita (STARK & LOVE, 2003).

A National Academy of Sciences (1968), cita várias culturas onde os agricultores aplicaram o flamejamento, tais como: algodão, batata, alfafa, cenoura, milho, feijão, soja, sorgo, mamona e gergelim. Em fruteiras como mirtilo, framboesas e uvas sua aplicação foi limitada. O uso experimental dos flamejadores mostrou-se promissor em algumas hortaliças como cebola, cenoura, aspargo e batata. As plantas de tomate, com oito semanas após o transplante, podem ser flamejados com segurança, obtendo-se excelente controle das plantas

daninhas. Nas culturas, tais como o brócolis, repolho, couve de bruxelas, couve flor, é feito com a técnica de lançar as chamas perpendicularmente às fileiras das plantas.

4.3 Ação do fogo sobre os organismos não alvo, banco de sementes e matéria orgânica

Pode-se considerar como “organismos não alvo” a cultura comercialmente instalada na área; o solo; o banco de sementes; a matéria orgânica (na forma de cobertura vegetal ou restos culturais); parte viva da matéria orgânica (fungos, bactérias, protozoários, nematóides e minhocas); e ainda os insetos encontrados na área a ser tratada. Talvez, dentre os vários fatores já estudados no uso do flamejamento, os menos estudados e, apesar disso, com resultados mais esclarecedores foram os efeitos sobre outros organismos após a aplicação da chama.

Peruzzi, Rafaelli e Ciolo (1998) estudaram em laboratório a interferência do calor em três culturas diferentes: milho, girassol e soja. Após aplicação dos tratamentos térmicos as plântulas foram transplantadas para canteiros e comumente cultivadas. O rendimento de grãos foi comparado com plantas que não receberam tratamento com calor e, os autores concluíram que não existia nenhuma diferença significativa de rendimento entre os tratamentos e a testemunha. Os danos observados nas plantas após o tratamento térmico, em muitos casos, não influenciaram o rendimento de grãos, porém, no milho e no girassol, o rendimento foi menor nos tratamentos com pressão trabalho do GLP mais alta, enquanto que na soja este efeito foi menos evidente.

Wszelaki, Doohan, Alexandrou (2007) usando um flamejador para controle de plantas daninhas nas culturas de tomate e repolho, verificaram vários níveis de dano. Sobre o repolho os danos foram considerados graves, com 60% de dano no tratamento a velocidade de 4 km h⁻¹ e as lesões na cultura de tomate variaram entre de 10 e 30%. Vinte dias após a aplicação dos tratamentos, ambas as culturas haviam se recuperado das lesões causadas pelo fogo, sem danos evidentes no tomate e danos mínimos no repolho.

Silva, Lucarelli e Daniel (2008) aplicaram vários tratamentos térmicos no campo em uma lavoura de soja orgânica comercial e concluíram que, apesar das injúrias causadas pelo fogo na cultura, as plantas apresentaram boa capacidade de recuperação, não influenciando na produtividade final. As injúrias causadas pelo fogo nas plantas cultivadas não interferiram na rentabilidade, pois além do menor custo comparado com a capina manual, se ganha em tempo,

não ocorre competição por nutrientes, luz e água e as plantas cultivadas na fase inicial de desenvolvimento têm uma recuperação rápida.

Rahkonen, Pietikäinen, Jokela (1999) relatam que a biomassa microbiana do solo, entre 0 e 0,5 cm, foi reduzida em 19% quando foram aplicadas chamas com dosagem alta de GLP, aproximadamente 100 kg ha⁻¹ e concluem que o perigo de decréscimo da atividade microbiana é pequeno em função do calor. Silva e Daniel (2006) aplicaram a campo o flamejamento em área comercial de citrus e verificaram que houve influência positiva do calor sobre a atividade dos microorganismos do solo. De acordo com os autores os tratamentos com chama propiciaram um aumento na atividade microbiana do solo. Para o tratamento com a menor velocidade de aplicação da chama, ou seja, o maior tempo de exposição ao calor, a atividade respiratória microbiana aumentou em torno de 60% e a atividade de desidrogenase aumentou em 16%. Para a maior velocidade, houve um aumento em 270% para a atividade respiratória e 54% para a desidrogenase.

Com relação ao banco de sementes de plantas daninhas aplicando-se o flamejamento os autores Silva e Daniel (2006) constataram que o tratamento térmico propiciou aumento na germinação e conseqüentemente na emergência de plântulas das espécies componentes do banco e observaram que após aplicação houve um aumento médio de 76% para o tratamento com velocidade de 1,41 km h⁻¹ e 41% para o tratamento com velocidade de 3,75 km h⁻¹. Na profundidade 0,0 a 2,0 cm observou-se um aumento de 290% na emergência de todas as plântulas e, principalmente devido à germinação e emergência das plântulas de *Synedrellopsis grisebachii* e *Amaranthus retroflexus*. Os autores concluem que devido às espécies tropicais serem tolerantes as altas temperaturas, o que provavelmente ocorreu neste caso, foi que a faixa de temperatura gerada pelos queimadores estimulou à quebra de dormência das espécies.

Miranda et al. (2007) usaram como método alternativo um lança-chamas para desinfestação de plantas daninhas em substratos para formação de mudas de cafeeiro e obtiveram um controle inferior quando comparado com os outros tratamentos, mas comentam que o fogo deveria ser estudado em um outro experimento, com possibilidade de obtenção de melhores resultados com camadas mais delgadas de substrato durante a aplicação do fogo ou com maior tempo de exposição às chamas.

Quanto à matéria orgânica do solo não há referências sobre a aplicação de altas temperaturas, salvo as que relatam o efeito do fogo imposto pelas queimadas. Segundo

Kondinin Group (1997) o controle térmico pode incluir a queima de resíduos para remover as plantas daninhas ou sementes, embora esta estratégia não seja recomendada porque o conteúdo de matéria orgânica é destruído. Porém os autores relatam que o efeito da exposição ao fogo momentaneamente sobre a matéria orgânica ainda precisa estudado.

Lessa et al. (1996) afirmam que quando se utiliza o fogo para queimar os restos culturais ou eliminar a pastagem, as altas temperaturas ($> 300\text{ }^{\circ}\text{C}$) podem diminuir drasticamente a matéria orgânica do solo, chegando a eliminar 91%. Após a queima dos restos vegetais, há um aumento na capacidade de troca de cátions, da saturação por bases e do pH, enquanto que o Al trocável e a saturação por Al decrescem no solo, promovendo melhores condições de cultivo ao longo dos primeiros anos. As cinzas são componentes importantes da agricultura baseada na derrubada e queimada, capazes de melhorar a fertilidade do solo, porém os autores alertam que há um decréscimo na qualidade da matéria orgânica e, a longo prazo, ocorre um declínio na fertilidade do solo. É importante ressaltar que o flamejamento não tem como princípio a eliminação dos materiais vegetais.

Entre os outros organismos não alvo podem ser considerados os insetos comum nas áreas de produção. De acordo com Dierauer e Pfiffner (1993) não foram encontrados efeitos do uso dos flamejadores na atividade, densidade ou variedade de abelhas de solo.

De acordo com os relatos apresentados anteriormente pode-se concluir que há um longo percurso a ser percorrido pelos especialistas para obterem respostas precisas dos efeitos do flamejamento sobre o ambiente de produção e os organismos não alvos, mas certamente se for usado com uma tática para compor o sistema de manejo irá impactar menos que as moléculas sintéticas de herbicidas comerciais.

4.4 Potencial de uso do flamejamento na agricultura brasileira

O flamejamento poderá ser aplicado na agricultura brasileira tanto no sistema convencional de produção, como no sistema orgânico, sendo aplicado em várias culturas.

Segundo Darolt (2004), a América Latina tinha cerca de 3,2 milhões de ha, com destaque para a Argentina com 3 milhões, no Brasil em 2000 a área era de 100 mil ha, englobando 4,5 mil produtores. Em levantamento realizado junto às certificadoras e associações de produção orgânica, Ormond et al. (2004), relataram a existência de 7.063 produtores certificados ou em processo de certificação, sendo 6.936 ocupando-se da produção

agropecuária e 127 do processamento. Para Darolt (2004), até a década de 1990, o Brasil tinha um crescimento no sistema em torno de 10% ao ano e que nos últimos três anos (1998 a 2000) chegou próximo de 50% ao ano, este crescimento também abrange a aplicação da técnica na produção de animais (pecuária).

A área ocupada com produção orgânica no país, certificada ou em conversão, foi estimada, em 2006, em 800.000 ha (culturas e pastagens), distribuídas em 15.000 propriedades segundo Dias (2006). A adoção ao sistema aumenta a taxa média anual de 30% (DULLEY, 2005), isso vem ocorrendo devido a uma migração da agricultura familiar para a produção orgânica.

A prova que a produção orgânica vem ganhando força e importância no cenário nacional foi a criação do Programa de Desenvolvimento da Agricultura Orgânica – Pró-Orgânico, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA com a finalidade de propor, apoiar e acompanhar ações para o desenvolvimento das atividades do setor (MAPA, 2007).

Darolt e Skora Neto (2005) levantaram os principais desafios, contradições e dificuldades para a conversão da produção no sistema plantio direto com base na filosofia da agricultura orgânica. Estes autores relatam que o principal entrave no período de conversão é o controle de plantas daninhas. Para tanto recomendam o uso de práticas que evitem a ressemeadura das plantas daninhas, a manutenção de uma boa quantidade de palha, o uso de plantas com efeito alelopático, a semeadura em época adequada, o uso de máquinas adequadas de semeadura e evitar períodos longos de pousio. O controle químico utilizado no SPD na dessecação e durante o ciclo da cultura, neste caso, é substituído, na maior parte das vezes, por métodos manuais (capinas) combinados com mecânico, no caso roçadoras.

Darolt e Skora Neto (2005), compararam 4 estratégias de controle de infestantes na cultura do milho: uso exclusivo de herbicidas; uso de herbicida de dessecação + roçada (1x) com roçadora costal motorizada; somente roçada (2x); e somente capina manual (1x), concluíram que o custo da roçada e capina manual são altos e demandam muita mão-de-obra (Tabela 1) e que existe a viabilidade técnica e econômica para estabelecimento da produção orgânica usando plantio direto, todavia, o que viabiliza estes sistemas é preço dos produtos em mercados diferenciados, citando a soja orgânica com exemplo. Porém, em termos técnicos o grande desafio esta no manejo das plantas daninhas sem o uso de herbicidas.

Tabela 1. Mão-de-obra e custo das operações de controle das infestantes.

Tratamento	Horas ha ⁻¹	Dias Homem ⁻¹	R\$
Herbicidas	-	-	110
Dessecante + roçada (1x)	37,3	4,7	95
Roçadas (2x)	96,2	12	180
Capina (1x)	186,1	23,4	234

Fonte: DAROLT, M.R. e SKORA NETO, F. (2005)

*Herbicidas: Dessecante: 2,0 l ha⁻¹ (Roundup); Pós-emergente: 0,7 l ha⁻¹ (Sanson) + 3,0 l ha⁻¹ (Primóleo)

*Roçada com roçadeira costal motorizada - R\$ 15,00 diária⁻¹

*Capina manual - R\$ 10,00 diária⁻¹

O Instituto Biodinâmico considera o controle térmico como uma técnica de manejo de plantas daninhas além dos controles mecânico e manual (INSTITUTO BIODINÂMICO, 2004). Para os especialistas em agricultura orgânica o calor também é considerado como uma estratégia de controle (Beltrão, 2002).

Assim, o uso de flamejadores vem de encontro com as necessidades dos agricultores orgânicos por se tratar de uma técnica “limpa”. Prevê-se também a possibilidade de utilização do flamejador do tipo infravermelho em áreas de plantio direto no sistema orgânico.

Segundo Silva (2008), inicialmente a aplicação do flamejamento destinava-se aos produtores que praticam a agricultura orgânica, aos quais limitam o uso de defensivos. Atualmente, com o movimento crescente da produção integrada, a técnica surge como promissora alternativa, considerada uma tecnologia limpa. Ainda segundo o autor, o Manejo Integrado é um sistema de apoio a tomada de decisões para a seleção e uso de táticas de controle de doenças, pragas e plantas daninhas harmonicamente, coordenadas em estratégias de manejo baseadas em análises de custo e benefício que levam em consideração os interesses dos produtores, da sociedade e do meio ambiente. Portanto, o programa deve considerar o sistema de manejo e a capacidade do usuário quanto à disponibilidade de equipamentos nas diferentes fases da cultura. Por fim, a produção integrada tem como objetivos reduzir ao máximo o uso de insumos agrícolas; utilizar, preferencialmente, tecnologias adequadas ao meio ambiente; manter a renda da exploração agrícola; reduzir e eliminar a fonte de contaminação ambiental gerada pela agricultura.

Diante do exposto, o flamejamento sendo uma técnica recomendada pelos órgãos certificadores de produção orgânica e que demanda baixo uso de mão-de-obra, poderá ser uma alternativa no controle de plantas daninhas. O controle térmico poderá ser utilizado em

praticamente todas as culturas de ciclo perene, semi-perene e anual e, também como controle alternativo de plantas daninhas em áreas urbanas, rodovias e reservatórios de água.

A seguir estão apresentadas algumas das culturas com potencial de aplicação do flamejamento no Brasil:

– *Produção Orgânica*: Não há dados oficiais sobre a área manejada organicamente, mas, estima-se que em 2003, a área ocupada com produção orgânica, certificada e em conversão, chegava a 841.000 ha (culturas e pastagens), distribuídas em 19.000 propriedades, segundo dados da IFOAM, Planeta Orgânico (2005), com taxa média anual de crescimento de 30%. Atualmente tem-se uma migração da agricultura familiar para a produção orgânica. Indicações de uso: Controle de pragas, doenças e plantas daninhas nas culturas de café, coco, palma, laranja, maçã, acerola, banana, cacau, erva-mate, goiaba, manga, uva, grãos e hortaliças, entre outras.

– *Batata*: A produção nacional de batata ultrapassou em 2003 a casa das 3 milhões de toneladas em uma área de 151.982 mil ha, sendo a região Sudeste, responsável por 59% dessa produção. Em 2003 o Estado de São Paulo foi o segundo maior produtor, responsável por 26% da produção nacional, produzindo 791.030 toneladas de batata em uma área de 33.638 ha, com uma produtividade média de 23,52 t ha⁻¹ (IBGE, 2005). Indicações de uso: Controle de plantas daninhas, dessecação das ramas de batata e controle de pragas e doenças de final de ciclo.

– *Café (orgânico e convencional)*: De acordo com dados do IBGE (2005), em 2003 o Brasil possuía 2.408.023 ha de café, sendo o estado de São Paulo o terceiro maior produtor, responsável por 9% da produção nacional em uma área de 227.380 ha. A produção de café orgânico ainda é incipiente se comparada ao convencional, mas segundo dados da Associação de Café Orgânico do Brasil (2006) a taxa média de crescimento da produção brasileira de é de 30% ao ano. De acordo com a EMBRAPA (2002) a área de produção de café orgânico ocupava 13.000 ha. Indicações de uso: Controle de pragas, doenças e plantas daninhas no plantio convencional e orgânico.

– *Laranja*: Em 2003 o Brasil possuía 836.689 ha destinados à produção de laranja, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor de laranja com 327 milhões de caixas em uma área aproximada de 600 mil ha (IBGE, 2005). Do total de laranja produzido, aproximadamente 180 mil ha (98 milhões de caixas) são destinados para o consumo “in natura”. Indicações de uso: Controle de pragas, doenças e plantas daninhas.

– *Controle de Plantas Aquáticas:* Atualmente o Brasil possui 300 hidrelétricas que são classificadas em função de sua área, em pequenas (1.300 a 5.000 ha), médias (até 30.000 ha) e grandes (até 150.000 ha), sendo que, de 8 a 10% destas áreas estão comprometidas devido a infestação de aguapés. O Estado de São Paulo possui 1,5 milhões de ha de espelho d'água, sendo que 30% deste total estão tomados pelo aguapé. Algumas usinas hidrelétricas já têm sua eficiência comprometida pela elevada infestação de plantas aquáticas devido ao entupimento das grades de proteção das turbinas por grandes massas dessas plantas. Como por exemplo pode-se citar os levantamentos realizados pela CPFL em 2002 no Reservatório Salto Grande em Americana-SP, demonstrando que a vegetação aquática era composta principalmente por aguapés e capim-braquiárias e ocupava uma área de 196 ha do reservatório (17% da área total), correspondendo a um volume de massa verde de $391 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, e que possuía uma taxa de crescimento médio de 3,2% ao mês.

Além destas possíveis aplicações cabe aqui salientar que toda a cultura perene com espaçamento maior entre as linhas das plantas tem potencial para adoção do controle térmico.

Como justificativas para o uso do flamejamento na agricultura têm-se: do ponto de vista mercadológico o interesse de grandes companhias e redes varejistas na produção e na comercialização dos produtos orgânicos. Do ponto de vista técnico a proibição de aplicação de defensivos pelos órgãos certificadores de produtos orgânicos; as condições climáticas que não interferem na aplicação da chama; as plantas daninhas que não adquirem resistência às altas temperaturas como ocorre com os herbicidas; como controle alternativo de pragas e doenças. E do ponto de vista ambiental e social a diminuição dos riscos de contaminação por defensivos agrícolas tanto nos trabalhadores rurais como nos consumidores e no ambiente; e por ser considerada uma tecnologia limpa.

Outro fato relevante que justifica a aplicação do flamejamento na produção agrícola é a certificação dos produtos, seja ela obrigatória ou voluntária, considerada um caminho sem volta, portanto existe a necessidade de se buscar tecnologias alternativas com menor risco de impactos, com foco na sustentabilidade (SILVA, 2008).

4.5 Legislação e normas que reconhecem o controle térmico

De acordo com as diretrizes para o Padrão de Qualidade Orgânico do Instituto Biodinâmico (órgão brasileiro credenciado para certificação de produção orgânica junto a

International Federation of Organic Agriculture Moviments – INFOAM), só o controle térmico é permitido no manejo de invasoras além dos controles mecânico e manual (INSTITUTO BIODINÂMICO, 2004).

De acordo com Beltrão (2002), no Brasil, a agricultura orgânica é regida pela Instrução Normativa 7/1999 (17/05/1999), sendo a Secretaria de Defesa Agropecuária do Mapa, o órgão fiscalizador federal, que também assessora o Colegiado Nacional de Agricultura Orgânica, composto por dez representantes, com paridade entre o Governo e entidades não governamentais. No artigo 2 do projeto de Instrução Normativa do Programa de Desenvolvimento da Agricultura Orgânica – Pró-Orgânico (BRASIL, 2008), o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento aprova o “*Regulamento técnico sobre sistemas orgânicos de produção vegetal*”. Apesar do regulamento não apresentar nenhuma definição ou indicação sobre a aplicação de qualquer técnica para o controle de plantas daninhas, o texto induz a possibilidade de aplicação do controle térmico, pois define como requisitos básicos: a manutenção da atividade biológica do solo, equilíbrio de nutrientes e qualidade da água, a adoção de manejo de pragas que respeite o desenvolvimento natural das plantas, a sustentabilidade ambiental, a saúde humana e animal, inclusive em sua fase de armazenamento, privilegia métodos mecânicos e culturais, a utilização de insumos que, em seu processo de obtenção, utilização e armazenamento, não comprometam a estabilidade do habitat natural e do agroecossistema e não representem ameaça ao meio ambiente e à saúde humana e animal. Dos sistemas e práticas de manejo orgânico para culturas perenes, a diversidade deverá ser assegurada, ao menos, pela manutenção de cobertura viva do solo. A irrigação e a aplicação de insumos deverão ser realizadas de forma a não poluir a água de superfície ou o lençol freático. Do manejo de insetos, doenças e plantas daninhas é vedado o uso de agrotóxicos sintéticos, irradiações ionizantes ou microondas para combate ou prevenção, inclusive na armazenagem. Os insumos que possuírem propriedades mutagênicas ou carcinogênicas serão proibidos. Os insumos destinados ao controle de pragas na agricultura orgânica não deverão gerar resíduos nos seus produtos finais que possam se acumular em organismos vivos ou conter contaminantes maléficos à saúde humana, animal ou do ecossistema. Portanto as máquinas flamejadoras possivelmente se enquadrarão como técnica viável na produção orgânica.

No documento “*Fundamentos técnicos da produção orgânica – manejo das plantas invasoras*” (ANVISA, 2007) as seguintes táticas para o controle de plantas daninhas são sugeridas: métodos mecânicos, térmicos (lança-chamas e solarização do solo), cobertura morta e potencialização do efeito alelopático de plantas cultivadas sobre elas.

De acordo com vários programas de diferentes instituições de desenvolvimento da agricultura orgânica no mundo o método de controle físico de plantas daninhas é considerado uma importante técnica para aplicação nos sistemas de produção. Fica claro, na leitura dos documentos internacionais, que devido ao avanço tecnológico e a difusão da tecnologia o método térmico é uma tática consolidada no exterior. No Brasil a restrição de uso ocorrente, muito provavelmente, seja em função do desconhecimento da técnica.

O flamejamento é permitido e difundido no mundo pela FAO (1999), pela National Center for Appropriate Technology – NCAT, United States Department of Agriculture – USDA (2004), pela Australian Government – Department of Agriculture, Fisheries and Forestry – DAFF (2004), pelo Department Environment Food and Rural Affairs – DEFRA/ENGLAND (2006), pelo Conselho Legislativo da Comunidade Europeia Regulamento – CONSLEG CEE (2004), e pela International Federation Organic Agriculture Movements – IFOAM (2002).

Segundo Borges e Bettiol (1997), geralmente as normas para a produção orgânica, livre de produtos sintéticos, são baseadas nas diretrizes estabelecidas pela IFOAM e as instituições de cada localidade fazem as adaptações para as suas condições.

5. MATERIAL E MÉTODOS

A fase experimental foi realizada no Laboratório de Ensaio de Semeadoras e/ou Adubadoras do Centro de Engenharia e Automação (CEA) do Instituto Agrônomo de Campinas da Agência Paulista do Agronegócio – CAPTAEA/IAC, localizado em Jundiaí. O CEA desenvolve estudos permanentes sobre a qualidade de máquinas e de operações agrícolas mecanizadas, que compreende desde o estudo de componentes, desenvolvimento e/ou adaptação de máquinas, avaliação de desempenho operacional (ensaios), novas técnicas de operação e metodologias de avaliação. O laboratório de ensaios de semeadoras é referência nacional em pesquisas na área de mecanização agrícola em avaliação tecnológica de máquinas para semeadura.

A experimentação deste trabalho foi dividida em várias etapas, envolvendo desde a adequação do laboratório, construção dos modelos experimentais de flamejadores, seleção de plantas daninhas, ensaios preliminares e ensaios finais.

5.1 Etapa I – Construção e adequação dos dispositivos de ensaios, componentes do sistema de alimentação de GLP e desenvolvimento dos modelos experimentais de flamejadores

O laboratório de ensaio de semeadoras possuía infra-estrutura e dispositivos de ensaios para o desenvolvimento de pesquisa em máquinas e componentes em laboratório normalmente utilizados em avaliações de desempenho de semeadoras-adubadoras, conforme Kurachi et al. (1990) e Kurachi (1995). Para o desenvolvimento das pesquisas com flamejadores foram necessárias algumas adaptações, aprimoramento e construção de alguns dispositivos de ensaios. Os dispositivos de ensaio foram desenvolvidos de forma semelhante aos descritos por Ascard (1995) e LePori (2001).

Nesta etapa foram construídos os dispositivos para o desenvolvimento dos ensaios estáticos para avaliação dos queimadores e adequados os dispositivos para realização dos ensaios dinâmicos na estrutura já existente no laboratório.

Desenvolvimento da estrutura para realização de ensaios com queimadores

Para a execução das avaliações em condições estáticas foi construído um dispositivo de ensaio constituído de duas estruturas suportes, uma para a fixação dos queimadores e do termopar para medição de temperatura nos sentidos vertical e horizontal; e outra para a fixação das válvulas de controle e de segurança, manômetro, para execução das determinações em diversas pressões de alimentação do GLP. A Figura 8 mostra a etapa de construção da estrutura para os ensaios.



Figura 8. Dispositivo para realização dos testes estáticos.

As estruturas suportes foram confeccionadas usando-se cantoneiras, perfis em “U”, barras e tubos redondos de aço, parafusos e porcas. Os queimadores foram montados em uma peça de altura regulável, que ainda possibilitava inclinar o queimador como também à fixação de um ou dois deles e, neste caso, permitindo, também, variações de espaçamento entre si (Figura 9).



Figura 9. Detalhes da possibilidade de montagem com dois queimadores, altura em relação à superfície e inclinação.

Desenvolvimento da estrutura para realização de ensaios com os modelos experimentais de flamejadores

Para o desenvolvimento dos ensaios dinâmicos um dispositivo de ensaio já existente no CEA, constituído de uma ponte rolante ou carrinho de velocidade variável que se desloca sobre um canal de solo foi adequado para receber os modelos experimentais de flamejadores de chama direta e de infravermelho.

Na barra porta ferramentas/implementos, deslocada lateralmente da ponte rolante, montou-se uma estrutura suporte de altura variável (Figura 10), em relação à superfície, na qual foram fixados os modelos experimentais a ser ensaiado.



Figura 10. Montagem da estrutura na barra porta ferramentas da ponte rolante.

Desenvolvimento do sistema de alimentação de GLP

Para ambas as estruturas de ensaio, estática e dinâmica, um sistema de alimentação foi construído para o suprimento de gás durante os ensaios conforme os esboçados por LePori (1999) (Figura 11 e Figura 12). Este sistema foi composto por tanque reservatório de GLP, componentes (válvulas de segurança e de enchimento, mostrador do nível de GLP e indicador de nível do gás na fase líquida, válvulas de vapor e de fornecimento de líquido), medidor de pressão, regulador de pressão, tubulação de gás (com válvula de bloqueio) e controle

eletromagnético para controle da liberação do gás. Praticamente todos os componentes do sistema existiam no mercado sendo fornecidos por empresas do ramo de equipamentos industriais e domésticos para gás.

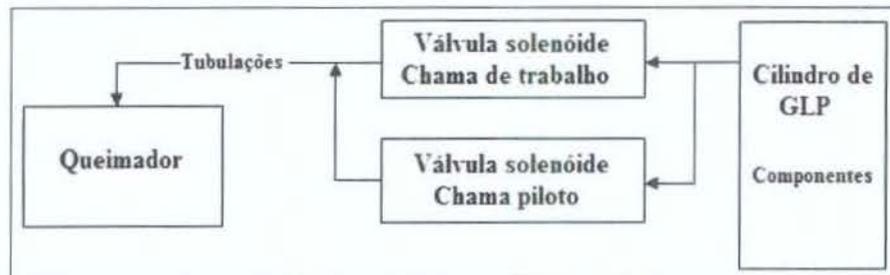


Figura 11. Esquema simplificado do sistema de suprimento de GLP.

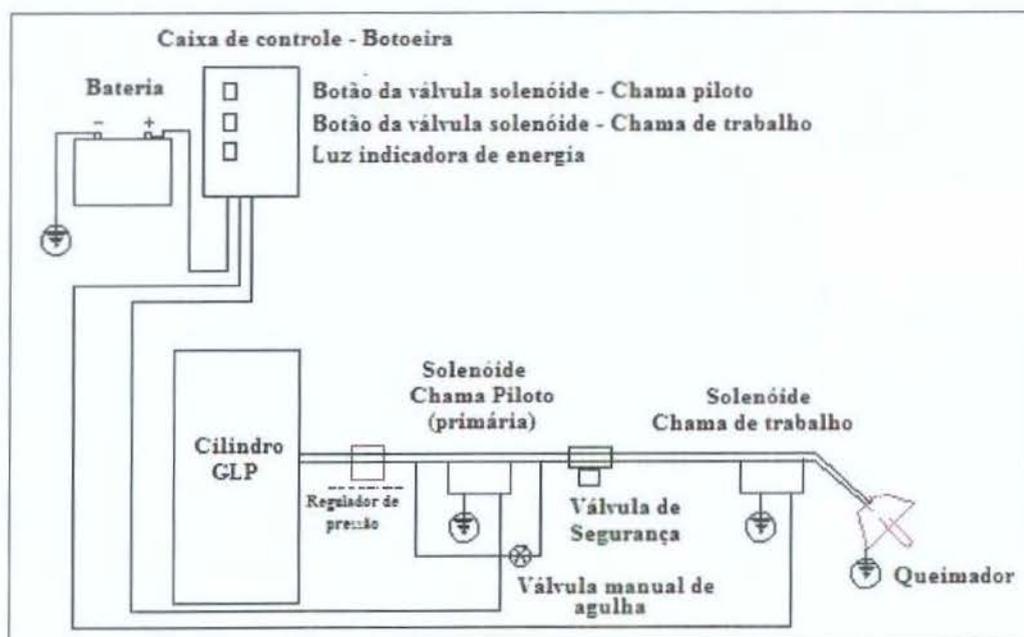


Figura 12. Esquema completo dos componentes do sistema de suprimento de GLP.

O fornecimento de GLP foi feito por meio de um reservatório P45 (Figura 13A), cuja capacidade é de 45 kg. Para a determinação do consumo de GLP durante os testes estáticos, o reservatório foi colocado sobre uma balança de plataforma. Quando os ensaios foram realizados com os queimadores do tipo chama direta o reservatório de GLP ficou deitado sobre

a balança (Figura 14A), pelo fato dos queimadores serem do tipo tocha líquida, ou seja, o GLP caminha do reservatório até o interior do queimador no estado líquido e somente na câmara de vaporização o gás passa para a fase gasosa por elevação de temperatura e, então procede-se a queima do combustível.

O tanque de GLP contém gás na fase líquida e gasosa, como o reservatório P45 não possui um “pescador” (tubo que vai até o fundo do tanque), a forma para se retirar o gás na fase líquida é posicionando-o na horizontal, pois na vertical (Figura 14B), o gás liberado encontra-se na fase gasosa. A fase gasosa foi utilizada para o desenvolvimento dos testes com o queimador do tipo infravermelho.

Além desse reservatório nos testes estáticos, quando necessário, foi utilizado o sistema com o cilindro P190 (Figura 13B), com capacidade para armazenar 190 kg de GLP. Porém esse reservatório foi mais usado na execução da série de ensaios dinâmicos quando a quantidade de gás para desenvolvimento dos ensaios foi maior. O reservatório P190 foi adequado para fornecer GLP nas duas fases, líquida e gasosa, e para isso foi equipado com o “pescador”; e uma válvula na parte superior que libera o GLP na fase vapor.



A



B

Figura 13. Sistemas de alimentação construídos para os ensaios: (A) Estáticos e (B) Dinâmicos.



A



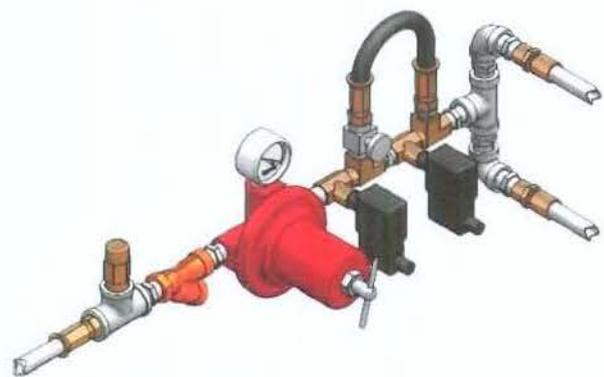
B

Figura 14. Reservatório de GLP utilizado nos testes.

Foi construído um painel eletromagnético para o controle da liberação do gás, com botão Liga/Desliga, designado botoeira, com dois botões, sendo um para liberar a passagem do gás para uma chama piloto e outro para a chama de trabalho (Figura 15A). A passagem do gás é liberada por válvulas solenóides (Figura 15B). A princípio, é acesa uma chama piloto (pequena chama de partida) no queimador quando o gás é admitido e, posteriormente, através da abertura de uma válvula solenóide é estabelecida uma chama de operação ou aplicação, comumente denominada chama de trabalho.



A



B

Figura 15. Botoeira utilizada e esquema.

Desenvolvimento das unidades experimentais de flamejadores

Foram desenvolvidos dois modelos experimentais de flamejadores um denominado chama direta e outro de radiação infravermelha, denominado infravermelho.

Modelo experimental de flamejador do tipo chama direta

Para a confecção do modelo experimental do tipo chama direta foi utilizado queimadores de chama direta, com formato tipo cone achatado com bases retangulares, importado da empresa americana Red Dragon – Flame Engineering Incorporated (Figura 16).



Figura 16. Queimador do tipo chama direta.

Este queimador funciona com o GLP na fase líquida podendo produzir uma chama de até 46 cm de largura e 91 cm de comprimento (Tabela 2).

Tabela 2. Especificações do queimador do tipo tocha líquida.

Máxima capacidade calórica	439,6 kW
Pressão normal de operação	0,34 MPa
Faixa de operação de pressão	0,03 a 0,62 MPa
Consumo máximo de combustível	27,4 kg h ⁻¹
Comprimento médio da chama	36 cm

Fonte: Flame Engineering Incorporated (1998).

A unidade experimental foi equipada com dois queimadores dispostos lado a lado, sobre uma estrutura suporte de cantoneiras de ferro, com os centros de suas bases superiores

distanciados entre si de 25 cm, para que se obtivesse uma largura efetiva de trabalho (cobertura em sentido transversal) de aproximadamente 50 cm e um recobrimento dos “leques” de chama na parte central da unidade flamejadora (Figura 17).

Os queimadores foram instalados com inclinação de 45° , tomando-se como referência o suporte de fixação. Embora a inclinação dos queimadores tenha sido fixada para 45° nos trabalhos realizados, a peça na qual foram montados permite outras regulagens, tanto para frente como para trás e lateralmente.



Figura 17. Modelo experimental de flamejador do tipo chama direta.

Modelo experimental de flamejador do tipo infravermelho

O modelo experimental do tipo infravermelho foi construído com queimadores de radiação infravermelha (Figura 18). Estes queimadores da marca Acotech, importados da Bélgica, modelo Lêndea 200S, são fabricados com uma fibra de metal tricotada, de formato retangular e plana como se fosse um tapete flexível, com poder de produção de 60 kW h^{-1} . O queimador tem 40 cm de comprimento e 20 cm de largura, área de emissão da radiação infravermelha (ACOD INCORPORATED, 2003).



Figura 18. Queimador do tipo fibra de metal tricotada – Acotech.

A unidade experimental foi equipada com dois queimadores dispostos lado a lado, para que a radiação emitida atingisse uma distância de 43 cm correspondente a largura efetiva de trabalho. Os queimadores foram montados numa estrutura de cantoneiras de ferro (Figura 19).

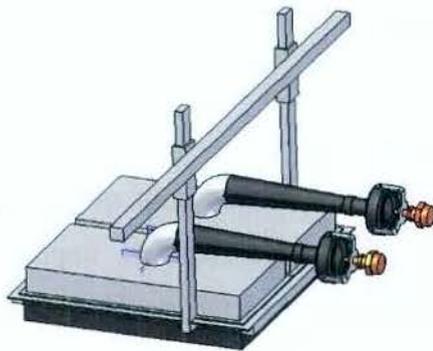


Figura 19. Modelo experimental de flamejador do tipo infravermelho.

Os dois modelos experimentais foram construídos com uma cobertura para melhorar a eficiência e aproveitamento da energia gerada.

5.2 Etapa II – Seleção das plantas daninhas e condução das espécies

Foram selecionadas duas espécies de folha larga, picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e corda-de-viola (*Ipomea triloba* L. - anteriormente *Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Don); e duas espécies de folha estreita, capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) e capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.). Essas quatro espécies foram selecionadas por serem muito citadas na literatura como algumas das principais plantas daninhas que causam danos ao desenvolvimento das culturas. Além disso, essas espécies também foram escolhidas em função da sua anatomia, hábitos de crescimento e desenvolvimento.

De acordo com Azania et al. (2008) existem espécies mais agressivas que outras e a interferência na produção depende das espécies que compõem a comunidade infestante e a sua densidade na área de ocorrência. Segundo os autores os capins-colonião (*Panicum maximum* Jacq.), braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf), marmelada (*Brachiaria plantaginea* Link), pé-de-galinha (*Chloris barbata* L.) e colchão (*digitaria horizontalis* Willd.) e as folhas largas como caruru (*Amaranthus deflexus* L.) e corda-de-viola (*Ipomea triloba* L.) constituem as principais plantas daninhas nas culturas.

Segundo Kissmann e Groth (1999) a corda-de-viola é uma espécie dicotiledônea tipo C3, encontrada em abundância nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Infestante em lavouras cultivadas principalmente na época do verão, de ciclo anual, com caules e ramos volúveis e com hábito de crescimento do tipo trepador, geralmente causando o maior problema na época da colheita. Prefere solos modificados pelo uso agrícola e freqüentemente aparecem em lavouras de soja, milho e arroz.

O picão-preto, uma dicotiledônea tipo C3, é uma planta presente em todo o mundo. Por ter um ciclo anual curto produz várias gerações durante o ano (ARANHA, LEITÃO FILHO E YAHN, 1987). Para Kissmann e Groth (1999) é uma das mais sérias infestantes nas culturas, sendo registrada a sua ocorrência em mais 40 países. No Brasil é encontrada em quase todas as culturas de ciclo anual, pomares e em diversas culturas perenes. A soja é a cultura mais afetada pela concorrência com esta espécie, podendo causar, dependendo da infestação, um decréscimo de até 30% na produtividade. Outro fato importante, é que a espécie pode abrigar diversas espécies de nematóides, além de fungos, vírus e ser hospedeira de várias pragas.

O capim-braquiária, apesar de possuir várias qualidades como forrageira, alta produção de matéria orgânica e colonizar muito bem o solo com suas raízes, em terras de lavoura pode

passar a se constituir numa importante infestante, muito agressiva e de difícil controle. É uma planta introduzida no Brasil, originária da África, com ótima adaptação e causa sérios problemas em lavouras de soja no Centro-Oeste e na cana-de-açúcar no estado de São Paulo (KISSMANN, 1997).

Para Azania (2006), o capim-colonião é uma importante planta daninha devido a sua agressividade e resistência. Segundo Kissmann (1997) essa planta é de importância em mais de 40 países sendo referenciada como problemática para, pelo menos, 20 tipos de culturas, sendo a mais afetada a cana-de-açúcar. Resistente ao sombreamento ocorre também em culturas perenes como as cítricas, café e na cultura de arroz pode ser uma planta hospedeira do vírus da “folha-branca”.

Após a seleção, as espécies foram semeadas em tubetes com diferentes substratos entre eles Plantmax, fibra de coco e espuma fenólica (Figura 20), sendo mantidas até o momento dos tratamentos térmicos sobre uma estrutura metálica específica para tubetes (Figura 21), cobertas com plástico agrícola transparente e com irrigação controlada.

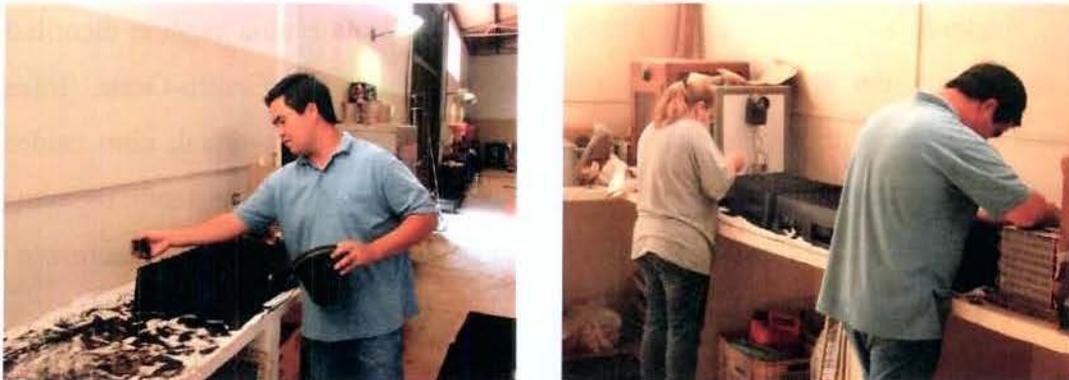


Figura 20. Semeadura das espécies: enchimento dos tubetes, semeadura e cobertura das sementes.



Figura 21. Estrutura adaptada para o cultivo das plantas daninhas em tubetes.

As espécies foram semeadas de modo que todas estivessem em condições parecidas para aplicação dos tratamentos. De acordo com Vanhala et al. (2004) quando os objetivos são comparar, por exemplo, dois flamejadores ou avaliar as melhores regulagens de um flamejador, os métodos devem ser padronizados, usando plantas e estandes homogêneos. E comentam que é importante ter em mente que as plantas devem ser tratadas no estágio correto.

Quando as plantas se encontravam no estágio de plântulas os tubetes foram transferidos para a estrutura definitiva dos ensaios finais para aplicação dos tratamentos térmicos.

5.3 Etapa III – Ensaios preliminares com queimadores

Os ensaios estáticos foram realizados com os seguintes objetivos:

- Estudar as principais características dos dois queimadores (chama direta e infravermelho) para definição das condições de trabalho nos ensaios finais;

– Estudar os diversos “perfis” da chama do queimador do tipo chama direta e das “colunas” de radiação do queimador do tipo infravermelho obtidos com diferentes pressões de alimentação do GLP;

– Determinar as temperaturas produzidas em diferentes pontos da chama e da radiação infravermelha, com vistas à determinação da altura de trabalho dos mesmos para as operações de controle de plantas daninhas (Figura 22);

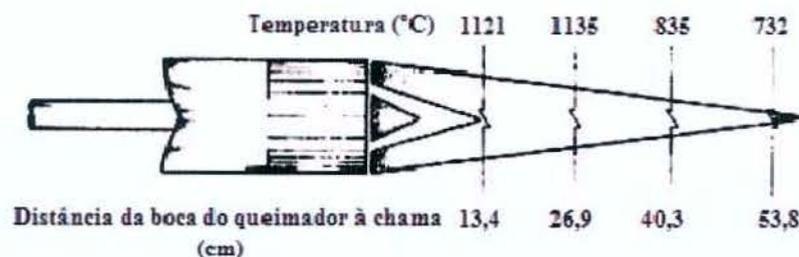


Figura 22. Variações de temperatura ao longo da chama em um queimador cilíndrico.

– Determinar o consumo de GLP em diferentes pressões de alimentação para ambos os queimadores, sendo 0,21, 0,28 e 0,34 MPa e 0,10, 0,15 e 0,20 MPa, respectivamente para os queimadores de chama direta e radiação infravermelha. Segundo Ascard (1994, 1995, 1997, 1998), Peruzzi, Raffaelli, Ciolo (2000) e Raffaelli et al. (2002), o consumo de combustível deve ser determinado em testes separados e repetidos, pesando os tanques de gás antes e depois de cada teste. Esses autores comentam que este procedimento é importante, pois nem sempre as informações fornecidas pelas empresas quanto ao consumo de gás pelos queimadores são coerentes.

– Obter imagens digitais para verificação da possibilidade de sua utilização como ferramenta para selecionar o melhor tipo de chama e emissão de radiação, recobrimento de chamas e radiação (queimadores múltiplos) e determinação da variação de temperatura.

Para a realização desta etapa foram utilizados os seguintes materiais:

- Queimadores de chama direta;
- Queimadores infravermelho;
- Sonda de temperatura (Termopar Tipo K), modelo Sonda de Conforto, marca Testo, para medição de temperaturas entre -200 e +1.250 °C, com precisão de duas casas decimais,

acoplada ao Instrumento Testo 400, com capacidade para armazenar 500.000 leituras, com interface e software específico para transferência e processamento direto dos dados obtidos. O testo 400 é um instrumento de medição multifuncional (Figura 23). O termopar foi montado no dispositivo construído para ensaios estáticos, onde se criou uma malha de pontos para a determinação das temperaturas geradas pela chama e pela radiação infravermelha (Figura 24).



Figura 23. Sonda de Temperatura de até 1250°C e instrumento (Data Logger) Testo 400 para aquisição e armazenamento dos dados.

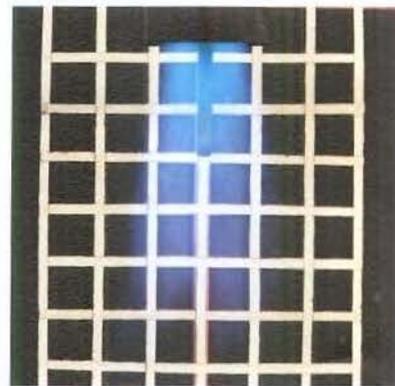


Figura 24. Termopar montado no suporte e a malha utilizada para definição dos pontos de medição.

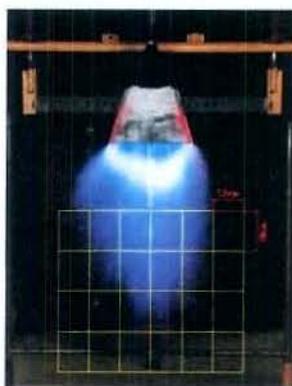
– Câmeras fotográficas digitais Sony DSC H2, Sony P200 e Canon equipada com filtro infravermelho para realização de fotos noturnas;

- Balança eletrônica de precisão com microprocessador, Marca Marte, Modelo LC 100, com capacidade para 100 kg, com precisão de duas casas decimais e mostrador digital;
- Dispositivos construídos para a execução dos ensaios estáticos;
- Microcomputador portátil Marca Sony Vaio, modelo VGN-N320.

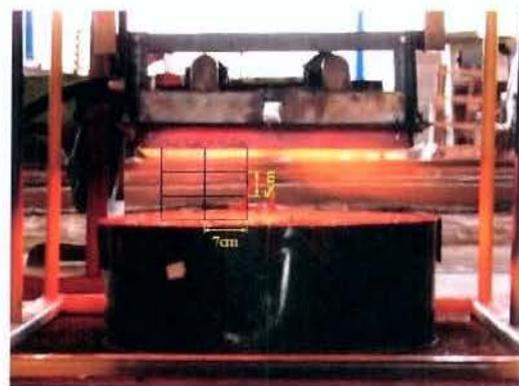
O desenvolvimento dos ensaios estáticos com queimadores de chama direta e radiação infravermelha foi realizado no interior do laboratório de semeadoras em ambiente controlado, sem a interferência das condições externas de temperatura, vento e luminosidade, e neste caso os queimadores foram utilizados sem nenhuma cobertura.

Nos ensaios com queimadores de chama direta, o queimador ficou posicionado verticalmente na estrutura suporte e as medições de temperatura foram realizadas a distâncias de 10 cm ao longo da chama a partir da ponta do tubo de vaporização no centro do queimador e a 7,5 cm a partir dessa linha central, tanto para a esquerda como para a direita (Figura 25A);

Nos ensaios com queimadores infravermelho foram utilizados dois queimadores, um ao lado do outro. Neste caso, as temperaturas foram tomadas em pontos mais próximos da superfície de emissão de calor, sendo a 5, 10 e 15 cm abaixo dela e as medidas transversais foram realizadas a cada 8 cm (Figura 25B).



A



B

Figura 25. Ilustração da malha de pontos para aquisição dos dados de temperatura: (A) queimador de chama direta (B) queimador infravermelho.

Os dados obtidos de temperatura foram inicialmente armazenados no coletor do instrumento Testo 400 para posterior transferência e processamento automático por meio de um microcomputador.

As chamas produzidas pelos queimadores com diferentes regulagens da alimentação de pressão de GLP foram fotografadas e analisadas usando-se o programa de processamento de imagens *ImageJ*. Esse programa é de domínio público, com base em Java para processamento de imagem. Utilizado para visualizar, editar, analisar, processar, guardar e imprimir imagens com 8-bit, 16-bit e 32-bit. Realiza a leitura de imagens em vários formatos como TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS (NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH, 2006).

Esta etapa de estudos prévios foi fundamental para definição das condições ideais para regulação dos queimadores quanto à distância em relação à superfície do solo, definição da pressão de trabalho e o consumo de combustível.

5.4 Etapa IV – Ensaios finais com os modelos experimentais de flamejadores

Antes da realização do experimento final foram aferidos todos os dispositivos de ensaio, sendo simuladas e aplicadas situações reais com plantas teste na estrutura dinâmica, onde todas as pessoas envolvidas foram instruídas e treinadas quanto ao desenvolvimento do trabalho. Os procedimentos de controle e operação foram divididos entre os membros da equipe visto que foram realizados vários concomitantemente.

As espécies de plantas daninhas foram utilizadas para aplicação dos tratamentos térmicos na sua fase inicial de desenvolvimento, 23 dias após semeadura, conforme recomendado por Ascard (1988), pois quando as plantas daninhas são pequenas o controle térmico é mais eficiente.

Cada parcela experimental foi composta de 40 plantas, densidade populacional de 143 plantas m^{-2} , distribuídas uniformemente na área. A área total do canteiro de testes foi de 8 m^2 (16 x 0,5 m) e a área correspondente de cada parcela por repetição foi de 1 m^2 (2 x 0,5 m).

Foram adotadas quatro velocidades de deslocamento como tratamentos, sendo 2, 3, 4 e 5 $km\ h^{-1}$, para ambos os modelos experimentais de flamejadores.

A pressão de trabalho do GLP adotada para o modelo de chama direta foi 0,34 MPa enquanto que para o modelo infravermelho foi de 0,15 MPa. As pressões foram definidas de acordo com os resultados obtidos durante os testes preliminares.

A altura de trabalho, ou seja, a distância entre o queimador e a superfície de aplicação foi de 26 cm para o modelo de chama direta e 8 cm para o modelo infravermelho, definidas em função dos resultados obtidos nos testes preliminares;

No modelo de chama direta o queimador foi posicionado com um inclinação ou ângulo de trabalho de 45° (ângulo medido em sentido horário) em relação a superfície de tratamento. O modelo infravermelho foi posicionado paralelamente a superfície, horizontal (0°).

Materiais e procedimentos utilizados na realização dos ensaios:

- Dois modelos experimentais de flamejadores:
 - a. do tipo chama direta, totalmente coberto, com dois queimadores;
 - b. do tipo infravermelho, totalmente coberto, com dois queimadores;
- Termopares do Tipo K, para medição de temperatura até 1.000 °C, com ponteira de 15 cm, com 15 m de cabo flexível, instalados ao longo do canteiro experimental;
- Termopar para medição de temperatura até 1.250 °C, mesma sonda utilizada nas medições de temperatura nos ensaios estáticos, instalado nos modelos experimentais;
- Receptor e armazenador de dados (Data Logger), Marca Testo, Modelo 177-T4, para armazenamento e posterior transferência dos dados para um microcomputador;
- Câmeras fotográficas digitais com recurso para tirar fotos e realizar filmagens;
- Microcomputador portátil;
- Tubetes com as “plantas teste” (Figura 26), foram usadas na execução de ensaios;



Figura 26. Exemplos das espécies para tratamento.

– Em cada repetição (quatro por espécie de planta daninha) foram usadas 40 plantas teste, distribuídas em 5 linhas, com 8 plantas por linha e espaçadas equidistante de 10 cm entre si. O número total de plantas utilizadas por espécie foi de 640 para cada tratamento. Ao final da aplicação de todos os tratamentos com os dois modelos experimentais o número total de plantas tratadas foi de 5.120;

– Dispositivos adequados de ponte rolante e barra porta-ferramentas/implementos, para a execução dos ensaios dinâmicos (Figura 27);



Figura 27. Ponte rolante e canteiro experimental.

– Foi criado um “solo artificial” denominado de canteiro experimental para colocação dos tubetes com as plantas daninhas. Essa estrutura foi construída com suportes metálicos, telas metálicas, chapas perfuradas de madeira (Figura 28 e Figura 29). Os furos das chapas de madeira, colocadas logo abaixo da tela metálica, distribuídos a espaços regulares de 10 x 10 cm, foram os pontos de referência de encaixe dos tubetes (Figura 30). Desse modo, com os tubetes de plantas encaixados nos seus lugares os espaços entre eles foram cobertos com substrato, obtendo-se uma simulação da superfície do solo;



Figura 28. Tela metálica e estrutura do canteiro experimental.

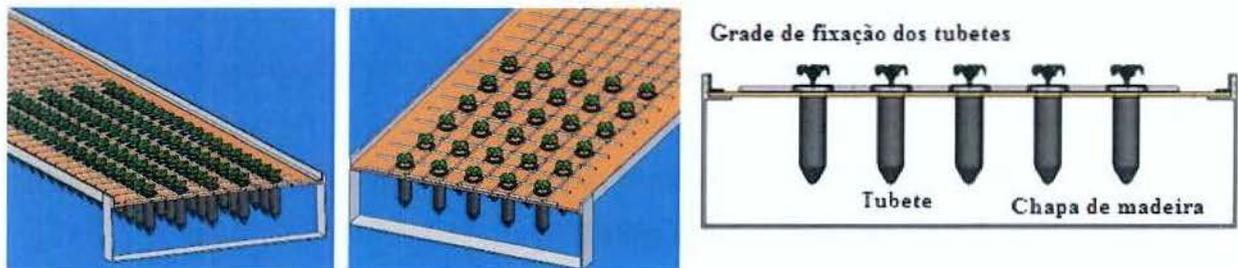


Figura 29. Ilustração da fixação dos tubetes e corte transversal da estrutura com detalhe da montagem da tela, madeira e tubetes.



Figura 30. Colocação dos tubetes nos furos de referência, detalhe da tela, da chapa de madeira perfurada e do substrato colocado sobre a chapa.

– O canteiro experimental com comprimento útil para tratamento de 16 m lineares foi dividido em 16 parcelas de 1 m de comprimento e cada parcela constituiu uma repetição dos tratamentos aplicados. Assim, no final, obteve-se um número de 4 repetições para cada espécie de planta daninha selecionada e todas elas foram tratadas numa única passada dos modelos experimentais das unidades flamejadoras para cada velocidade adotada como tratamento. Desta forma, para o modelo experimental de chama direta operando a 2 km h^{-1} (1º tratamento), com quatro espécies de plantas daninhas e quatro repetições por espécie, totalizou 16 tratamentos (Figura 31). Este procedimento foi repetido para as demais velocidades e deste modo o experimento final com os dois modelos experimentais, quatro velocidades, quatro espécies e quatro repetições totalizou 128 parcelas experimentais.



Figura 31. Distribuição das plantas daninhas no canteiro experimental.

– As temperaturas produzidas nas imediações das plantas teste e ao longo da área de tratamento foram determinadas por meio de termopares, sendo que nove deles ficaram com as suas pontas na posição vertical para medição de temperatura a 3,5 m acima da superfície do canteiro (Figura 32). Os termopares foram distribuídos sob a estrutura do canteiro experimental a espaços iguais ao longo de um espaço efetivo de 15 m, demarcado dentro do comprimento total da área a ser tratada. Usou-se alternadamente um termopar na parte central e dois termopares laterais, um em cada extremidade da largura de trabalho do modelo experimental a ser ensaiado, perfazendo seis pontos de aquisição (Figura 32).



Figura 32. (A) Ilustração da instalação dos termopares; (B) Detalhe da instalação dos termopares; (C) Detalhe da distribuição dos termopares ao longo do canteiro experimental.

– Um termopar para medição contínua da temperatura da chama e da radiação infravermelha ficou instalado na estrutura suporte dos modelos experimentais durante a execução dos tratamentos (Figura 33). Estes procedimentos metodológicos para medir a transferência de calor para as plantas daninhas foi descrito e adotado por vários autores (ASCARD, 1997; BERTRAM, 1993; LEPORI et al., 2000; STOREHEIER, 1994).



Figura 33. Termopar posicionado na unidade flamejadora para medição contínua de temperatura durante o deslocamento da ponte rolante para aplicação dos tratamentos.

– Foi instalada uma sonda de triplice função (Figura 34) para coletar dados de temperatura ambiente, umidade relativa e velocidade do vento, num suporte específico na ponte rolante, posicionada na frente dos modelos experimentais, a uma altura de 40 cm acima do canteiro, para o monitoramento das condições ambientais no momento da execução dos ensaios. Antes e depois da execução de cada tratamento, com a ponte rolante parada, eram anotados os dados de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento.



Figura 34. Detalhe do termo-higrômetro, anemômetro e data logger.

– Antes do início de cada tratamento, ou seja, antes do deslocamento da ponte rolante, os queimadores foram acesos e esperou-se até que a temperatura estabilizasse;

– O motor elétrico do dispositivo ponte rolante foi ligado antes da realização de cada tratamento para estabilização da sua velocidade de rotação. Com a chave de controle de variação de velocidade já posicionada nas velocidades de deslocamento era iniciado o movimento do carrinho cerca de 8 m antes do canteiro experimental, para que atingisse a velocidade determinada.

– Para efeito de elucidação a seqüência de imagens exemplifica a aplicação dos tratamentos com o modelo experimental do tipo chama direta (Figura 35A) e com o modelo experimental do tipo infravermelho (Figura 35B)

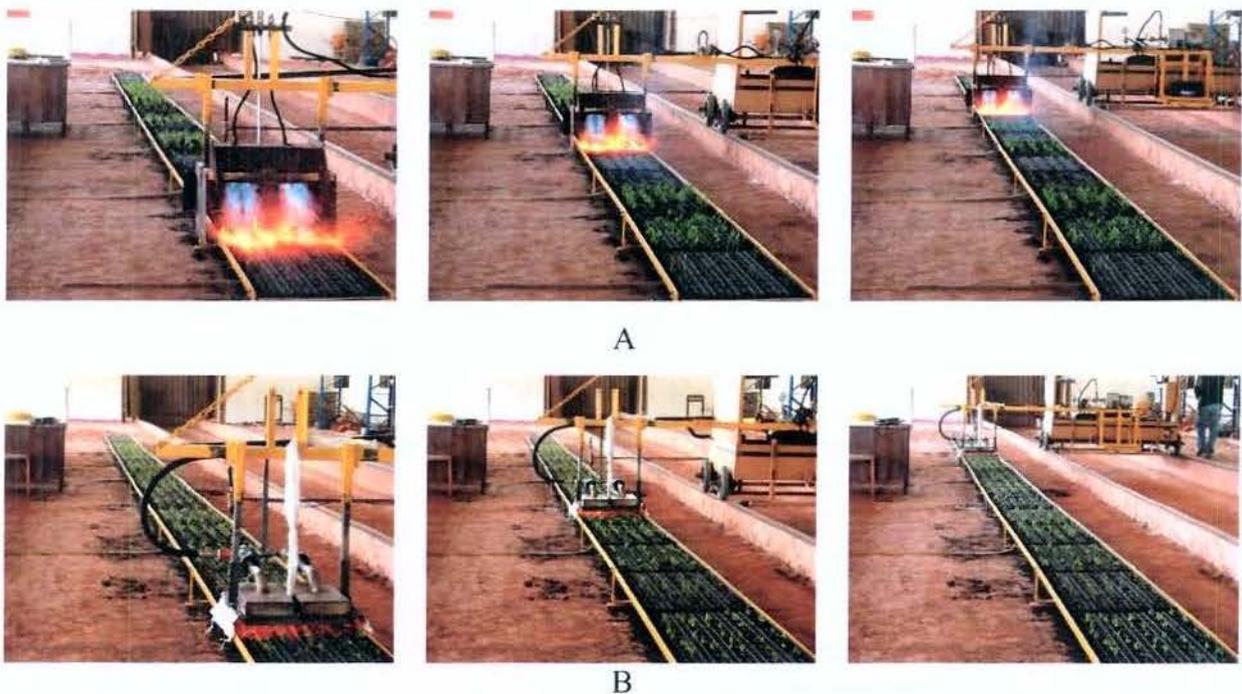


Figura 35. Aplicação dos tratamentos - Modelo experimental do tipo chama direta.

5.4.1.1 Delineamento estatístico e avaliação dos tratamentos

A avaliação do experimento foi realizada aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação dos tratamentos para os dois modelos experimentais. Foram utilizados dois sistemas de avaliação um direto e outro indireto.

O primeiro determinando-se o número total de plantas controladas, onde as plantas com ausência de brotação foram consideradas controladas, ou seja, “mortas”, os resultados das contagens foram expressos em valores percentuais. A porcentagem de controle das plantas

daninhas incidentes nas repetições foi enquadrada numa adaptação da escala de avaliação visual proposta pela Asociación Latinoamericana de Malezas (1974) (Tabela 3).

Tabela 3. Adaptação da escala de avaliação visual da eficiência de controle das plantas daninhas com as respectivas descrições de acordo com o valor de porcentagens de controle¹.

% controle	Descrição
0 - 40	Insuficiente
41 - 60	Regular
61 - 70	Suficiente
71 - 80	Bom
81 - 90	Muito bom
91 - 100	Excelente

¹ *Asociación Latinoamericana de Malezas (1974).*

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado devido a homogeneidade das unidades experimentais, com quatro repetições, totalizando 128 parcelas. A análise estatística foi executada pelo programa ESTAT - Sistema para Análises Estatísticas, versão 2.0 (UNESP, 1999), sendo os resultados das porcentagens de controle submetidos à análise da variância segundo um esquema fatorial A x B (modelo experimental flamejador x velocidade) para verificar se existiam diferenças significativas entre os níveis dos fatores (tratamentos) e as médias comparadas pelo teste de Tukey no nível de 1% de probabilidade.

O segundo sistema de avaliação foi através da análise visual das plantas daninhas, sendo realizado por dois pesquisadores que foram treinados a partir de um padrão e, neste caso, o sistema de avaliação foi adaptado dos conceitos aplicados às avaliações de toxicidade ou seletividade sugerida pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (1995) (Tabela 4).

Tabela 4. Classificação e critérios das avaliações de controle das plantas daninhas.

Classificação	Critérios
A	Sem injúria. Sem efeito sobre a planta daninha.
B	Injúrias leves e/ou redução de crescimento com rápida recuperação. Efeitos INSUFICIENTES para promover redução da população infestante.
C	Injúrias moderadas e/ou redução de crescimento com lenta recuperação. Efeitos intensos o SUFICIENTE para promover pequena redução da população infestante.
D	Injúrias severas e/ou redução de crescimento não recuperáveis e/ou reduções de plantas. Efeitos intensos o SUFICIENTE para promover drásticas reduções da população infestante.
E	Destruição completa da população infestante ou somente algumas plantas vivas.

¹ Adaptado da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (1995).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Resultados dos ensaios preliminares com queimadores

6.1.1 Ensaio estático com queimadores de chama direta

De acordo com os dados obtidos (Tabela 5) é possível verificar que os queimadores não apresentaram uma estabilidade quanto às temperaturas geradas no perfil da chama, constatando-se que não houve simetria quanto à forma da chama e que as chamas não apresentaram regularidade. As temperaturas menores ocorreram nas partes mais periféricas da largura do perfil da chama e os resultados observados demonstraram que nem sempre as temperaturas se repetiam nos dois lados da chama e as maiores ocorreram na parte central.

Tabela 5. Temperaturas observadas nos sentidos transversal e longitudinal da chama de acordo com a malha de amostragem, num total de 25 pontos de amostragem para cada pressão de trabalho.

Pressão (MPa)	Distância Longitudinal (cm)	Distância transversal (cm)				
		15	7,5	Centro	7,5	15
Temperatura (°C)						
0,21	15	454,8	971,3	956,4	787,4	353,8
	25	584,2	966,5	1027,8	816,7	398,7
	35	632,9	910,7	954,5	803,8	442,6
	45	680,2	830,6	858,2	749,7	452,5
	55	615,9	695,3	774,8	646,9	490,8
0,28	15	257,2	864,2	964,8	879,3	371,3
	25	305,1	931,4	1019,1	925,1	499,2
	35	357,1	807,1	944,6	908	583,5
	45	360,1	714,4	851,8	838,8	550
	55	333,1	664,1	743,8	751	430
0,34	15	750,9	994,2	976,8	990,9	630,1
	25	840,7	1001,9	1022,5	994,4	587,4
	35	788,7	960,4	967,7	934,9	562,8
	45	689,4	885,1	824,4	871,5	547,4
	55	681,5	774,3	733,9	677,9	577,5

Como as medições de temperatura foram realizadas em dias e horários diferentes as temperaturas geradas possam ter sido diferentes em função das condições ambientais que interferem nas características do GLP, podendo ocorrer uma mistura de ar e gás pobre em função da vaporização inadequada do combustível. As maiores temperaturas observadas no queimador em todas as pressões ocorreram na faixa central da chama a 7,5 cm (esquerda e direita) e até 35 cm na largura, entre 900 e 1.000 °C.

Percebeu-se ao longo dos testes que a chama a 0,21 MPa é mais alongada e estreita e conforme se aumenta a pressão de trabalho a forma da chama torna-se mais larga e menos alongada. Em função disso observou-se que na pressão de 0,34 MPa as temperaturas decrescem ao longo do comprimento e aumentam na largura do perfil da chama.

A Figura 36 apresenta a distribuição das temperaturas geradas no perfil das chamas do queimador do tipo chama direta nas pressões testadas.

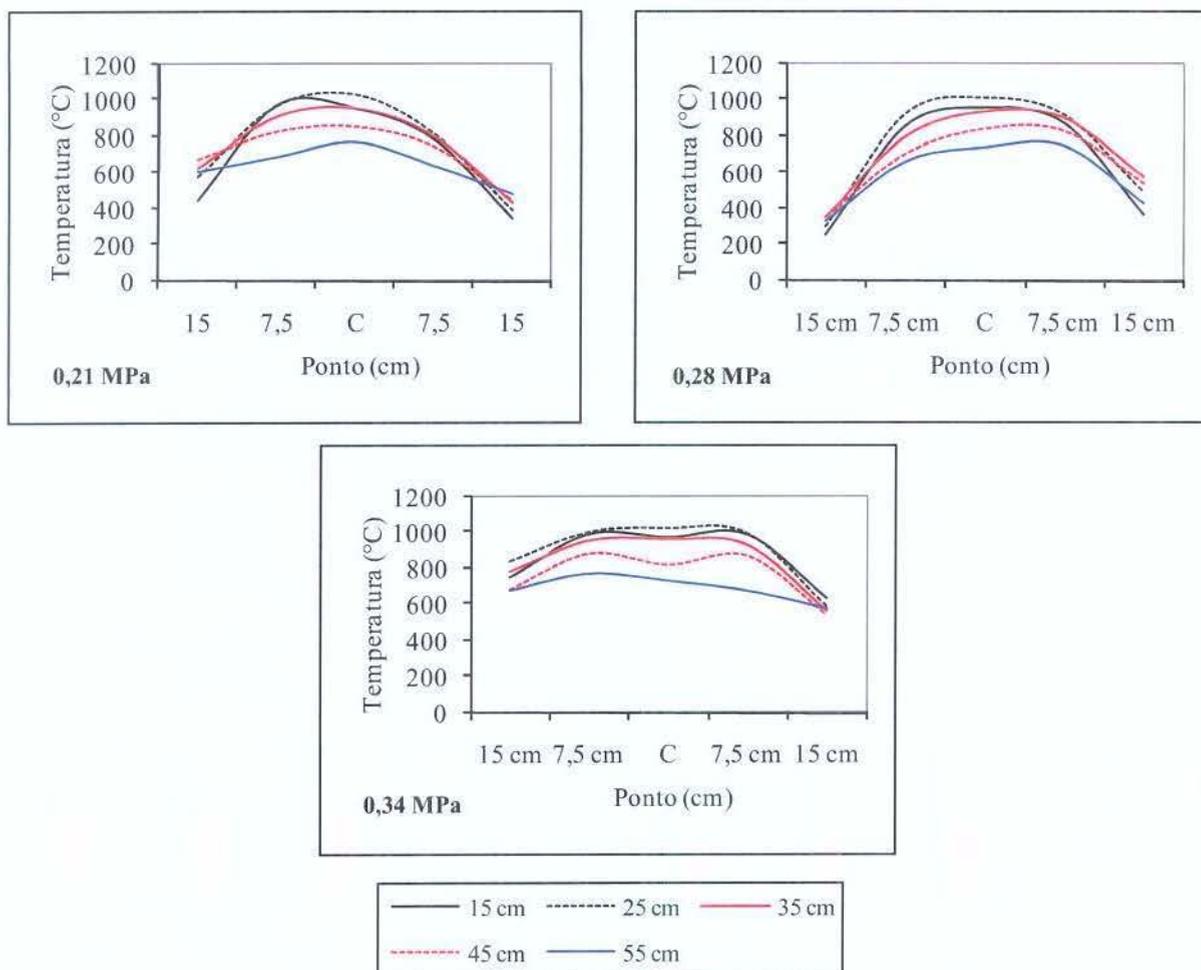


Figura 36. Distribuição das temperaturas geradas nos diferentes pontos da malha de pontos, no perfil da chama, em três pressões de trabalho.

Verificou-se que o consumo de GLP aumenta à medida que aumenta a pressão de alimentação dos queimadores (Tabela 6).

Tabela 6. Consumo de GLP em função das diferentes pressões de trabalho.

Consumo	Pressão (MPa)		
	0,21	0,28	0,34
kg h ⁻¹	6,08	7,52	9,84

A utilização das imagens noturnas auxiliou o entendimento das chamas geradas pelos queimadores quanto às dimensões, representando uma ferramenta de extrema importância para

o desenvolvimento dos trabalhos com queimadores, tendo em vista que esta visualização é comprometida pela luminosidade natural. As imagens geradas por câmeras digitais auxiliaram nas respostas de temperatura (Tabela 7, Figura 37 e Figura 38).

Tabela 7. Valores médios, máximos e mínimos de comprimento e de largura em função das diferentes pressões de trabalho, de um conjunto de imagens tratadas no programa Image J.

Pressão (MPa)	Comprimento (cm)			Largura (cm)		
	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo
0,21	53,6	49,3	46,1	23,6	22,0	21,0
0,28	51,2	48,6	45,3	23,7	23,2	22,2
0,34	51,3	46,8	44,4	38,2	34,2	32,7

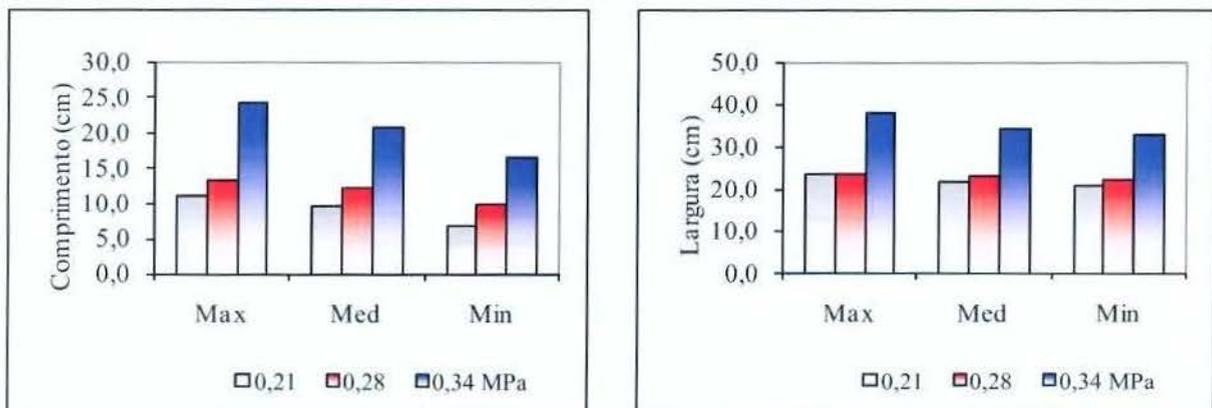


Figura 37. Distribuição dos valores máximo, médio e mínimo das dimensões da chama em função das diferentes pressões de trabalho.



Figura 38. Sequência de imagens originais geradas a pressão de: (A) 0,21 MPa, (B) 0,28 MPa e (C) 0,34 MPa e tratadas no programa Image J.

6.1.2 Ensaios estáticos com queimadores de radiação infravermelha

Os queimadores do tipo infravermelho são planos e a radiação gerada é expressa em comprimento de onda. A combustão ocorre no interior de uma câmara e a energia é transferida pode ser por radiação, convecção e condução (Tabela 8 e Figura 39).

Nas linhas transversais dos queimadores da malha de amostragem não ocorreu variação de temperatura, mas na longitudinal ocorreu variação. Apesar das temperaturas máximas, tanto no comprimento como na largura do queimador, terem sido obtidas com pressão de 0,20 MPa, utilizou-se para os ensaios dinâmicos a pressão de 0,15 MPa, por questões de segurança.

Tabela 8. Temperaturas observadas tanto no sentido transversal como no sentido longitudinal de acordo com a malha descrita, num total de 25 pontos de amostragem para cada pressão de trabalho.

Pressão (MPa)	Distância Longitudinal (cm)	Distância Transversal (cm)		
		8	Centro	8
Temperatura (°C)				
0,10	5	934,6	944,5	922,4
	10	886,0	814,3	805,9
	15	539,7	512,3	491,8
0,15	5	949,7	957,1	933
	10	916,4	871,6	875,4
	15	635,9	637,7	782
0,20	5	984,7	987,7	954,4
	10	960,5	938,2	889,5
	15	853,6	831,5	822,3

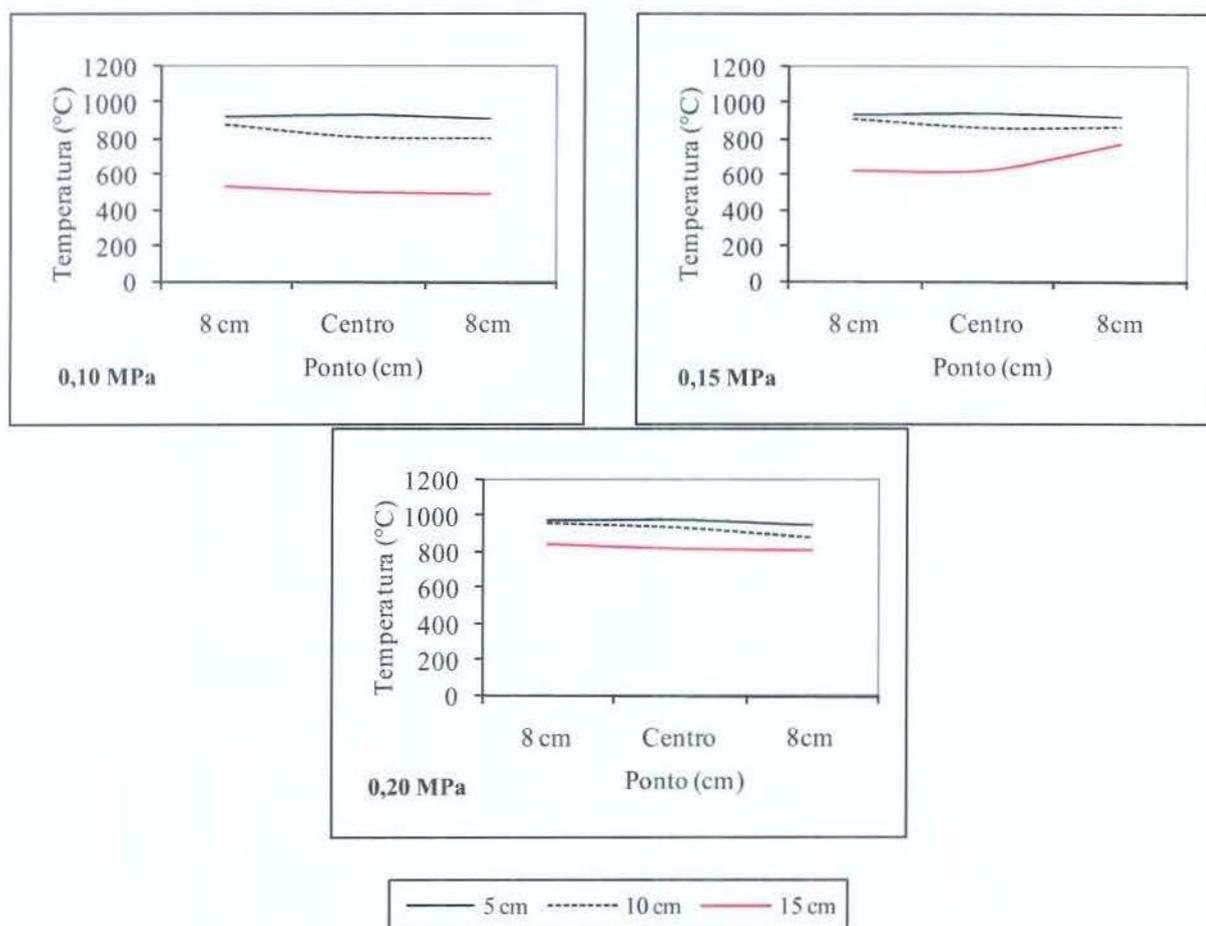


Figura 39. Distribuição das temperaturas geradas nos diferentes pontos da malha proposta no perfil da chama nas diferentes pressões de trabalho.

O consumo de GLP do queimador infravermelho também aumentou à medida que aumentou a pressão de alimentação dos queimadores (Tabela 9), porém o consumo por hora é menor e a área do queimador é maior (Tabela 10), quando comparado com o queimador de chama direta.

Tabela 9. Consumo de GLP em função das diferentes pressões de trabalho.

Consumo	Pressão (MPa)		
	0,10	0,15	0,20
kg h ⁻¹	3,24	3,96	4,92

A largura da chama foi limitada por causa da proteção lateral de chapa nos queimadores. Quanto ao comprimento da radiação ocorreu variação dependendo da pressão utilizada (Figura 40 e Figura 41).

Tabela 10. Valores médios, máximos e mínimos de comprimento e de largura em função das diferentes pressões de trabalho, de um conjunto de imagens tratadas no programa Image J.

Pressão (MPa)	Comprimento			Largura		
	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo
0,10	11,1	9,7	7,0	43,9	42,7	41,6
0,15	13,4	12,1	10,1	48,7	46,3	44,1
0,20	24,3	20,9	16,6	54,0	49,9	46,5

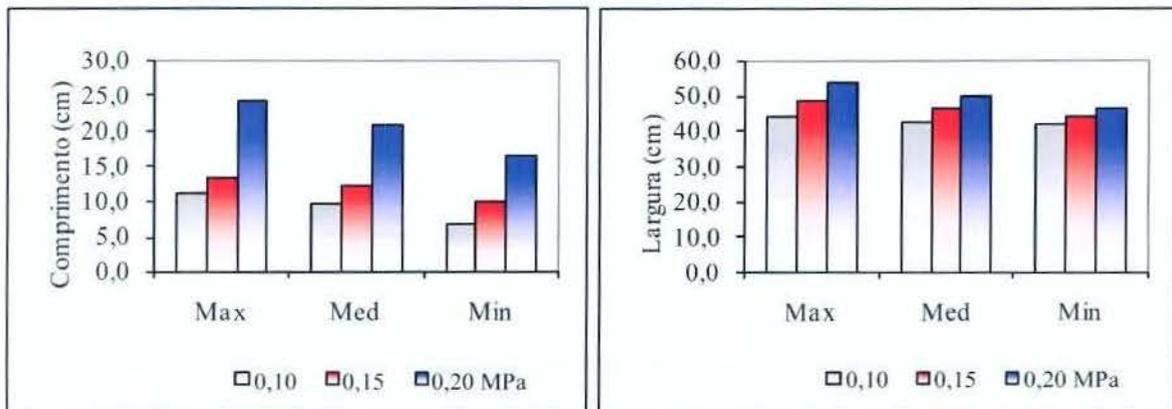


Figura 40. Distribuição dos valores máximo, médio e mínimo das dimensões da chama em função das diferentes pressões de trabalho.

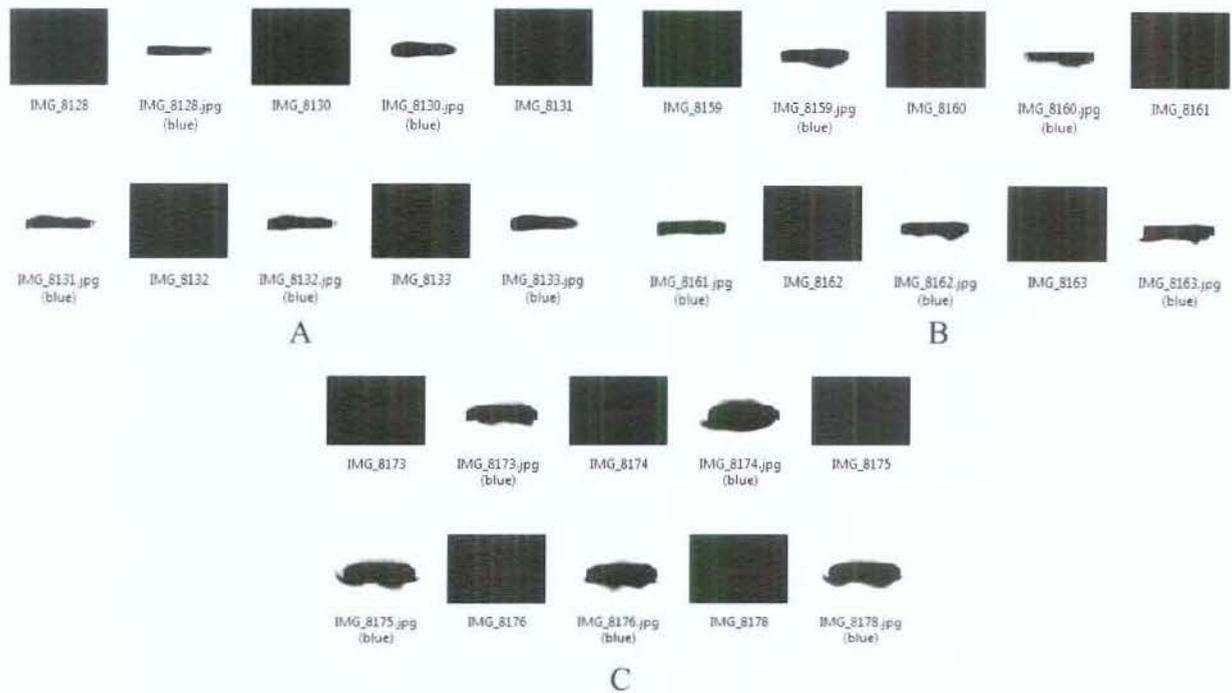


Figura 41. Seqüência de imagens originais geradas a pressão de: (A) 0,10 MPa, (B) 0,15 MPa e (C) 0,20 MPa e tratadas no programa ImageJ.

6.2 Ensaios finais dos modelos experimentais de flamejadores

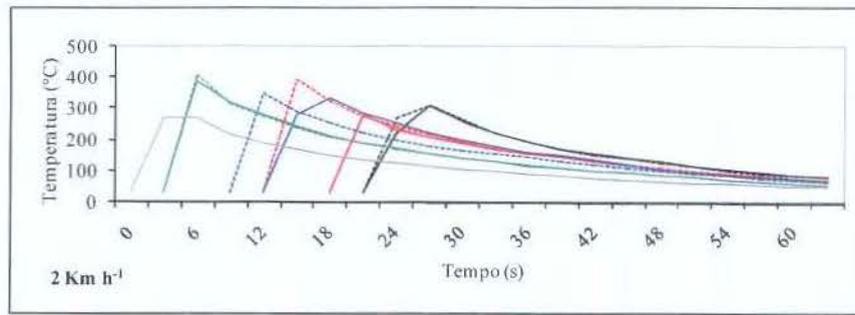
6.2.1 Modelo experimental de flamejador do tipo chama direta

As temperaturas registradas nos termopares demonstram que os maiores valores ocorreram durante o maior tempo de exposição, ou seja, na menor velocidade de deslocamento do modelo experimental, quando o deslocamento do conjunto foi de 2 km h^{-1} (Tabela 11). Portanto conforme a velocidade de deslocamento aumentou, a temperatura diminuiu. Percebe-se, também, que neste tipo de queimador há uma inconstância quanto à forma da chama produzida, em função das características do GLP, gerando em alguns instantes, temperaturas menores. Outra observação importante feita durante o ensaio foi um efeito “guarda-chuva” realizado pelas plantas evitando que a chama atingisse diretamente o termopar, isso também ficou claro durante a análise dos dados. Comparando-se os valores das temperaturas máximas entre o termopar 1 e 2, têm-se uma idéia do ocorrido. A média das temperaturas dos termopares dos 4 tratamentos foi superior a $100 \text{ }^\circ\text{C}$, valor considerado letal para todas as espécies de vegetais.

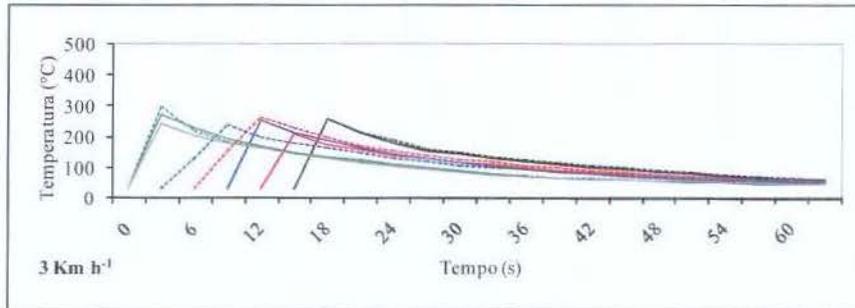
É possível identificar os valores máximos (picos) de temperatura em cada tratamento (Figura 42 e Figura 43).

Tabela 11. Temperaturas máximas observadas através dos termopares ao longo do canteiro experimental durante a execução dos testes definitivos a 2, 3, 4 e 5 km h⁻¹ do modelo experimental de chama direta.

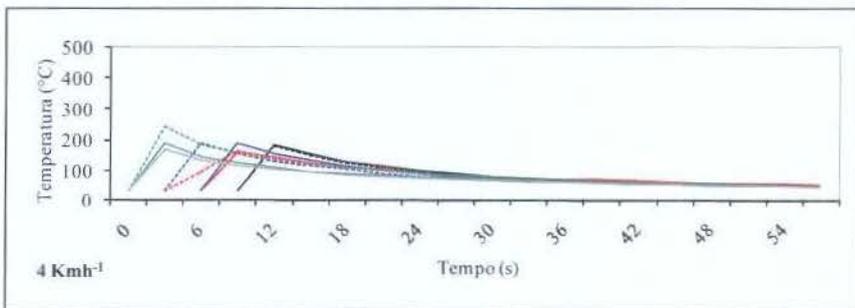
Tratamentos (km h ⁻¹)	Termopares									Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Temperatura (°C)									
2	272	409	387	350	335	393	282	308	311	338
3	247	301	274	239	254	265	210	262	260	257
4	173	246	189	191	192	165	161	182	187	187
5	165	186	168	193	164	191	135	157	157	169



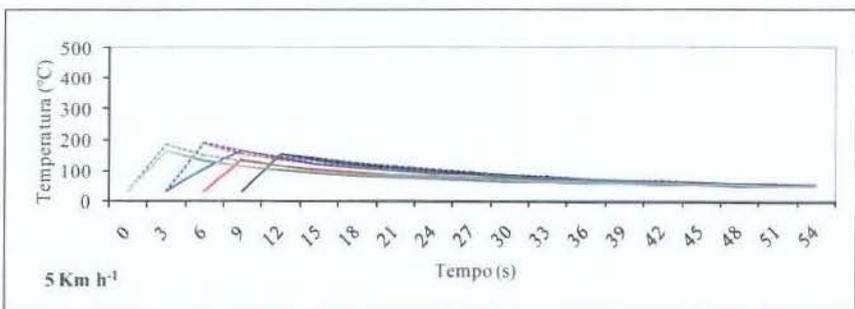
A



B



C



D

Figura 42. Comparação entre as temperaturas geradas pelos queimadores do tipo chama direta nos 4 tratamentos realizados: 2, 3, 4 e 5 km h^{-1} .

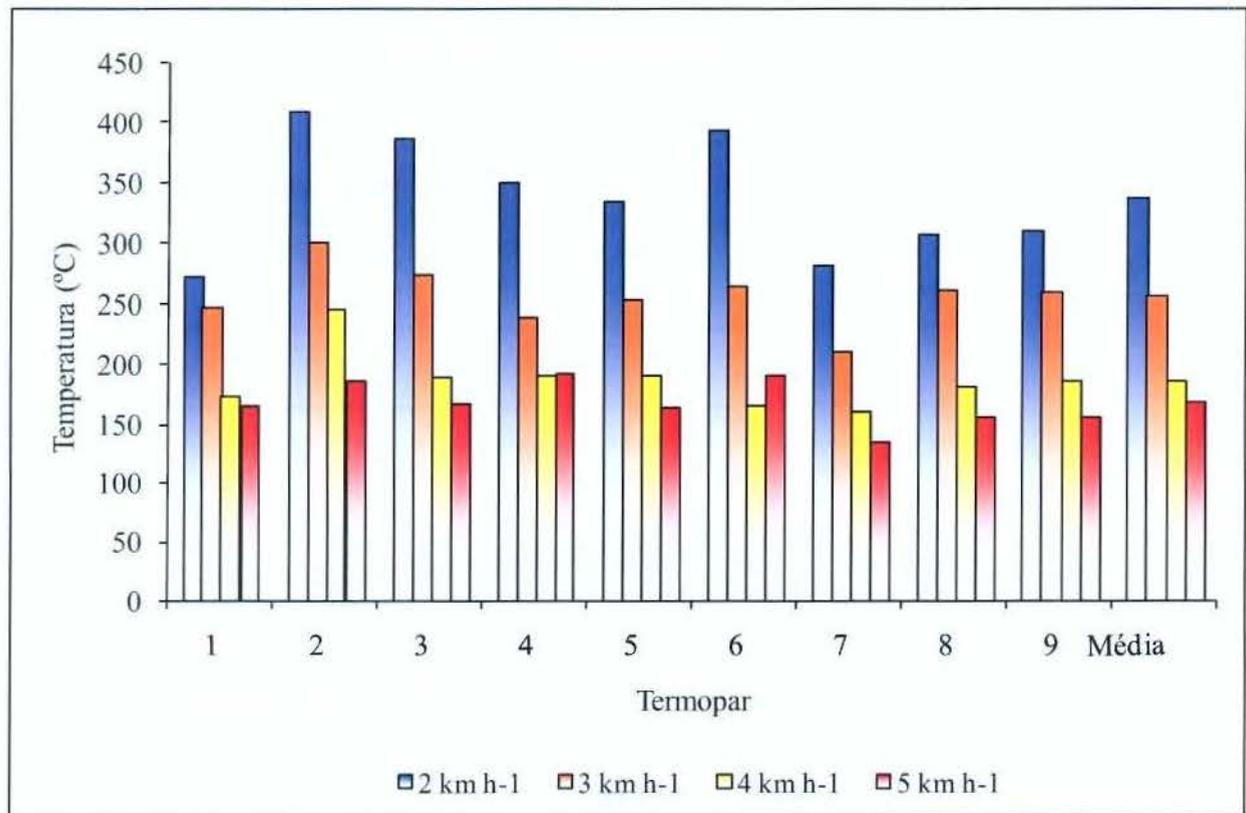


Figura 43. Temperaturas máximas e a média obtida nos termopares.

Foi possível verificar que a espécie mais resistente aos tratamentos foi a capim-braquiária seguida do colônio (Figura 44), ambas gramíneas, sendo o controle nas menores velocidades mais eficientes (Tabela 12 e Figura 45). Com relação às espécies de folha larga não apresentaram resistência a chama em nenhum dos tempos de exposição (Tabela 12 e Figura 45).

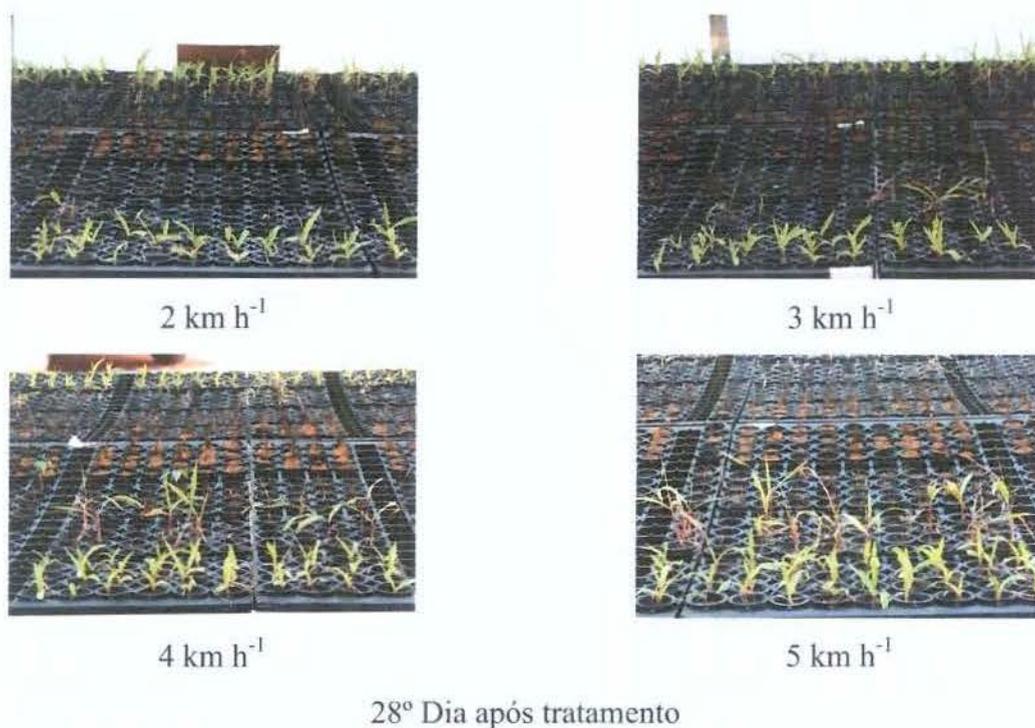


Figura 44. Imagem das plantas tratadas aos 28 dias nos 4 tratamentos como o modelo experimental do tipo chama direta.

Tabela 12. Porcentagem de controle das espécies daninhas utilizadas, em função dos tratamentos do modelo experimental de chama direta.

Espécie	Velocidade (km h ⁻¹)			
	2	3	4	5
	% de controle			
Capim-braquiária	13	4	4	2
Capim-colonião	89	87	74	57
Corda-de-viola	100	100	69	99
Picão-preto	100	100	100	100

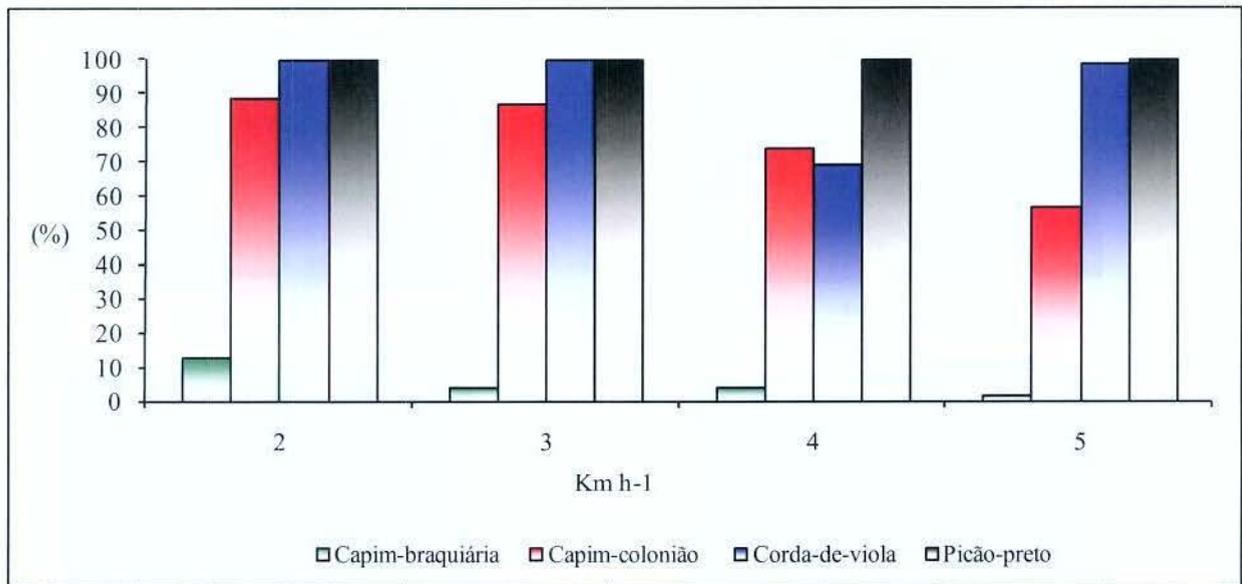


Figura 45. Distribuição percentual do controle por espécie em função do tratamento.

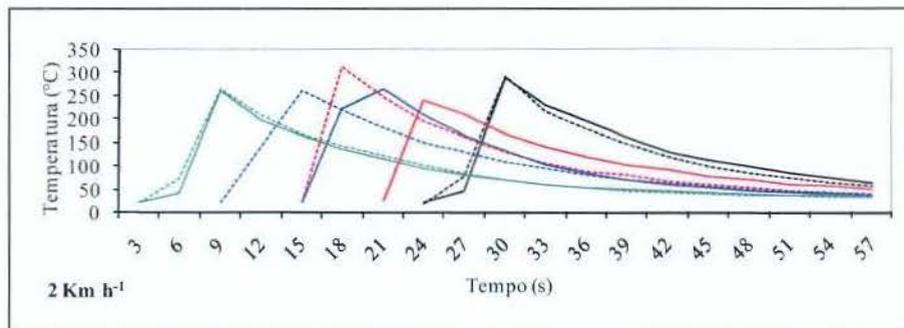
6.2.2 Modelo experimental de flamejador do tipo infravermelho

As temperaturas geradas pelos queimadores do tipo infravermelho foram mais homogêneas a 2 e 3 km h⁻¹ (Tabela 13), porém com uma diferença considerável entre elas, amplitude de aproximadamente 90 °C. As temperaturas nos tratamentos a 3 e 4 km h⁻¹ foram baixas e com uma variação alta entre as leituras nos termopares. Observa-se, também, que a média das temperaturas dos termopares dos 4 tratamentos foi superior a 100 °C, como mencionado anteriormente valor considerado letal para todas as espécies de vegetais.

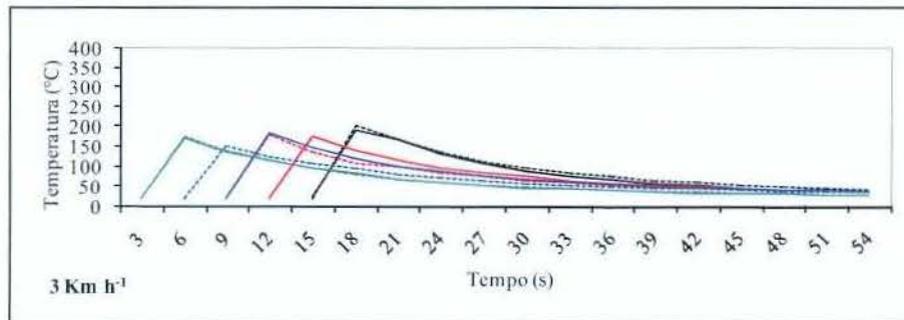
Observação: Em função da dificuldade de se instalar o termopar até 1.250 °C para medição contínua da temperatura gerada pela radiação, devido às características do queimador e da sua aplicação, neste caso bem próximo da superfície do canteiro, substitui-se por um termopar do tipo k utilizado nas medições fixas do canteiro experimental. Portanto por causa dessa substituição em vez de nove termopares distribuídos no canteiro experimental foram instalados apenas oito para aquisição dos dados de temperatura no momento da passagem dos queimadores.

Tabela 13. Temperaturas máximas observadas através dos termopares ao longo do canteiro experimental durante a execução dos testes definitivos a 2, 3, 4 e 5 km h⁻¹ do modelo experimental infravermelho.

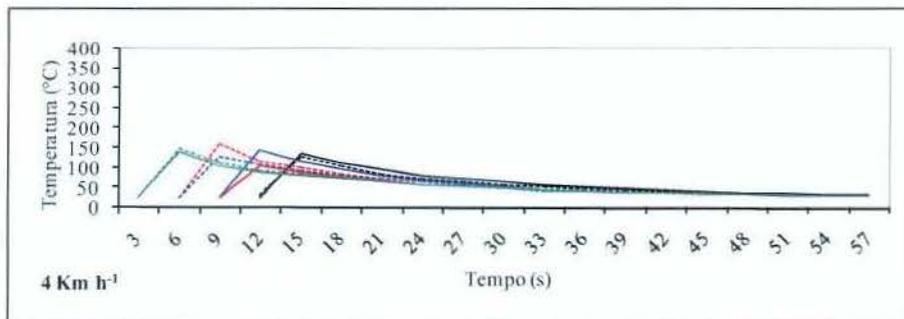
Tratamentos (km h ⁻¹)	Termopares								Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Temperatura (°C)								
2	266	261	262	264	314	239	291	290	273
3	178	170	153	185	181	175	204	193	180
4	148	140	131	145	162	107	129	137	137
5	142	129	108	125	127	101	121	118	121



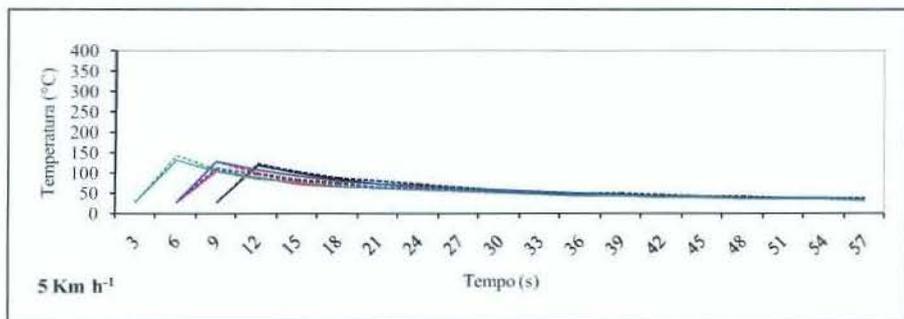
A



B



C



D

Figura 46. Comparação entre as temperaturas geradas pelos queimadores do tipo infravermelho nos 4 tratamentos realizados: 2, 3, 4 e 5 km h⁻¹.

A Figura 47 e apresenta as temperaturas máximas e as médias obtidas nos termopares, nos 4 tratamentos.

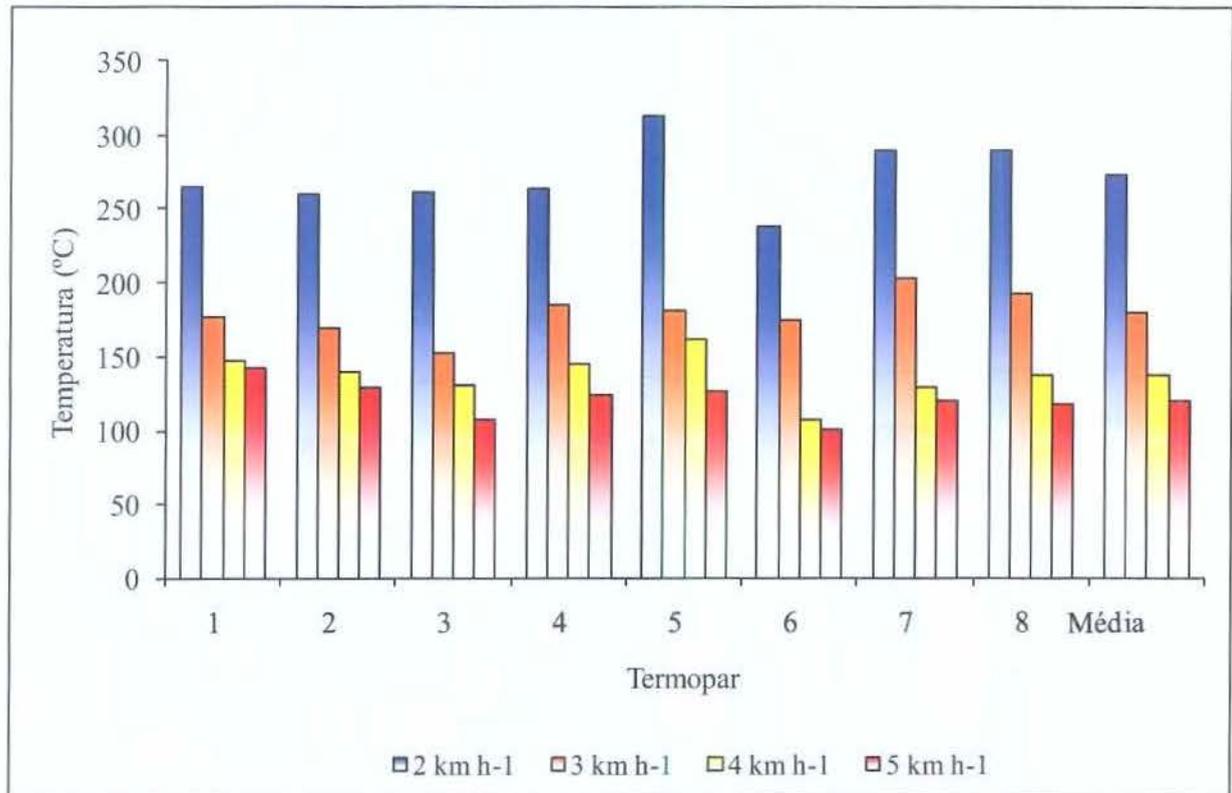


Figura 47. Temperaturas máximas e médias obtidas nos termopares.

O controle das plantas daninhas com este modelo foi mais eficiente nas espécies de folha larga, porém a corda-de-viola apresentou menor porcentagem de controle (59 %) na maior velocidade de deslocamento. Nas gramíneas, o controle no capim-braquiária não apresentou muita diferença na porcentagem em todos os tratamentos e no capim-colonião à medida que aumentou a velocidade de deslocamento ocorreu um decréscimo na porcentagem de controle, sendo a velocidade de 2 km h⁻¹ que obteve o melhor controle, 56% (Tabela 14 e Figura 48).

Tabela 14. Porcentagem de controle das espécies daninhas utilizadas em função dos tratamentos do Modelo experimental do tipo infravermelho.

Espécie	Velocidade (km h ⁻¹)			
	2	3	4	5
Capim-braquiária	29	26	17	32
Capim-colonião	56	38	23	14
Corda-de-viola	100	98	96	59
Picão-preto	100	100	100	99

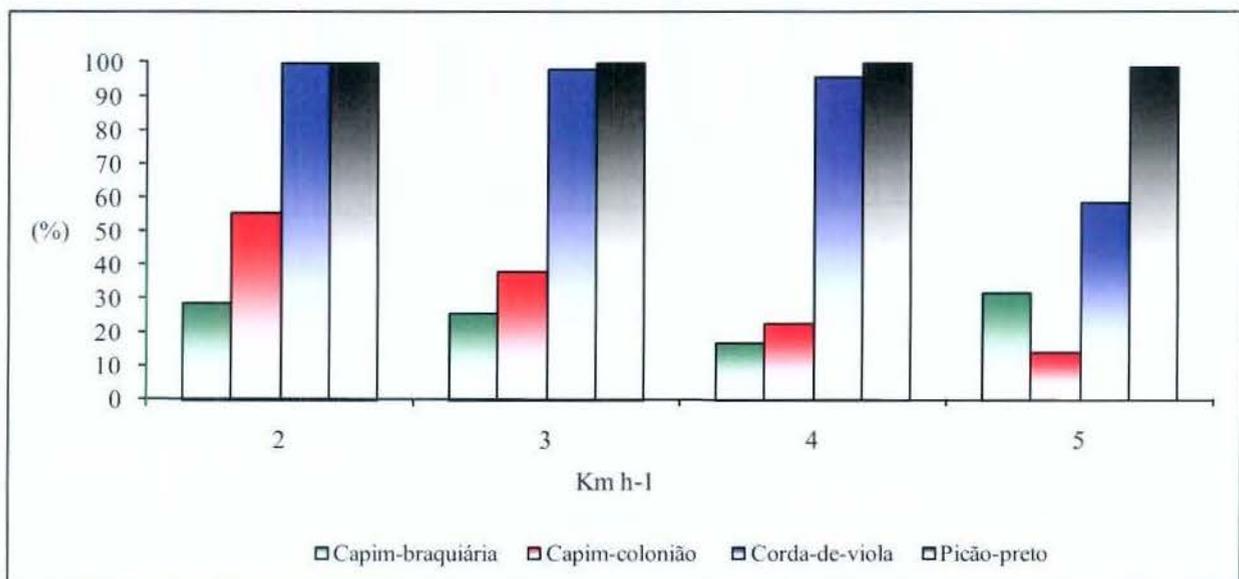


Figura 48. Distribuição percentual do controle por espécie em função do tratamento.

Apesar das temperaturas geradas nos queimadores do tipo infravermelho serem menores que as geradas nos queimadores de chama direta, sua eficiência foi superior quando avaliadas as porcentagens de controle. Com relação ao capim-braquiária, a porcentagem foi maior, mesmo assim, a espécie apresenta baixa sensibilidade ao calor. Quanto ao capim-colonião o controle foi abaixo do controle obtido com o modelo do tipo chama direta. Com relação às duas espécies apresentaram-se sensíveis ao calor nos quatro tratamentos (Figura 49).

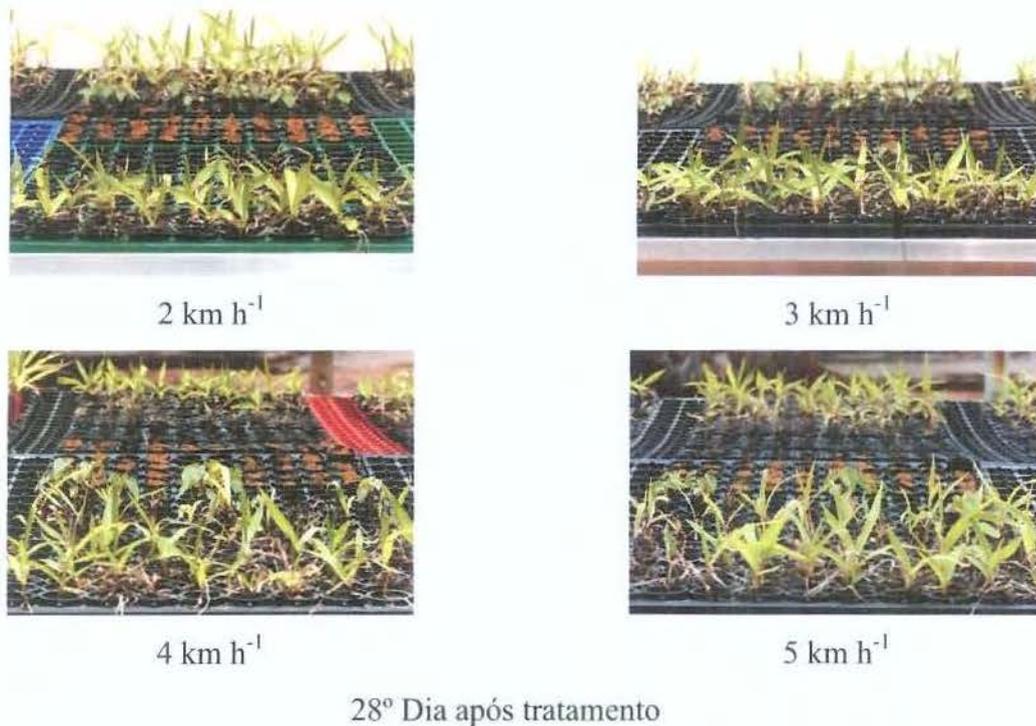


Figura 49. Imagem das plantas tratadas aos 28 dias nos 4 tratamentos como o modelo experimental do tipo infravermelho.

6.2.3 Análise de variância

As análises estatísticas do experimento foram realizadas no esquema fatorial 2 x 4, sendo o Fator A o modelo experimental (2 modelos) e o Fator B a velocidade de deslocamento (4 velocidades). As análises de variância foram aplicadas separadamente para cada espécie de planta daninha (Anexo 1).

6.2.3.1 Capim-braquiária

A análise de variância mostra que houve efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para o fator A Flamejador indicando que os tratamentos apresentaram efeitos diferentes sobre a porcentagem de controle do capim-braquiária, sendo o modelo experimental do tipo infravermelho mais eficiente que o chama direta (Tabela 15). Porém não ocorreu interação entre os fatores A x B, portanto o controle independe da velocidade de deslocamento.

Tabela 15. Porcentagem de controle da espécie capim-braquiária de acordo com o modelo experimental.

Modelo experimental	Média das porcentagens de controle
Infravermelho	26,0625 a
Chama direta	6,1250 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Apesar da porcentagem de controle do modelo experimental infravermelho ter sido melhor que o de chama direta, o controle foi considerado insuficiente. Como as velocidades de operação não interferiram na porcentagem de controle sugere-se no caso de capim-braquiária utilizar a maior velocidade em ambos os modelos tendo em vista o menor consumo de GLP.

6.2.3.2 Capim-colonião

A análise de variância mostra que houve efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para o fator A Flamejador e para o fator B Velocidade, indicando que os tratamentos apresentaram efeitos diferentes sobre a porcentagem de controle do capim-colonião (Tabela 16). O modelo experimental do tipo chama direta mais eficiente (Tabela 17).

Tabela 16. Análise de variância de acordo com o esquema fatorial 2 x 4 para a porcentagem de controle de capim-colonião.

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fator A	1	15576,13	15576,13	290,4639 **
Fator B	3	6349,75	2116,58	39,4701 **
Fator Ax B (Tratamentos)	3	408,63	136,21	2,5400 NS
Resíduo	7	22334,50	3190,64	
	24	1287,00	53,63	

** - Diferença significativa a 1% de probabilidade pelo teste F.

NS - Não significativo

Tabela 17. Porcentagem de controle da espécie capim-colonião de acordo com o modelo experimental.

Modelo experimental	Média das porcentagens de controle
Chama direta	77,1875 a
Infravermelho	33,0625 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Os resultados demonstraram que houve diferença entre todos os tratamentos, sendo que a porcentagem de controle foi inversamente proporcional a velocidade. O tratamento com a velocidade de 2 km h⁻¹ obteve o melhor controle, 73,1% (Tabela 18).

Tabela 18. Porcentagem de controle da espécie capim-colonião de acordo com as velocidades de operação.

Velocidade km h ⁻¹	Média das porcentagens de controle
2	73,1250 a
3	62,8750 b
4	48,5000 c
5	36,0000 d

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

O controle do capim-colonião com o modelo experimental de chama direta foi mais eficiente que o infravermelho, sendo considerado como bom ao atingir 77,2%. Quanto às velocidades o melhor tratamento foi a 2 km h⁻¹, quando as plantas tiveram maior exposição ao calor, porém houve um maior consumo de GLP.

6.2.3.3 Corda-de-viola

A análise de variância mostra que houve efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para o fator A Flamejador, para o fator B Velocidade e para a interação entre os fatores A e B, indicando que os tratamentos apresentaram efeitos diferentes sobre a porcentagem de controle da corda-de-viola. Em função da ocorrência de interação entre os fatores A e B realizou-se o desdobramento da análise para verificação da interferência (Tabela 19).

Tabela 19. Análise de variância de acordo com o esquema fatorial 2 x 4 para a porcentagem de controle de corda-de-viola.

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fator A	1	2397,78	2397,78	94,8443 **
Fator B	3	2722,09	907,36	35,8908 **
FatorAxB (Tratamentos)	3	2232,84	744,28	29,4400 **
Residuo	7	7352,72	1050,39	
	24	606,75	25,28	

** - Diferença significativa a 1% de probabilidade pelo teste F.

NS - Não significativo

O modelo experimental do tipo chama direta foi mais eficiente no controle do que o tipo infravermelho (Tabela 20).

Tabela 20. Porcentagem de controle da espécie corda-de-viola de acordo com o modelo experimental.

Modelo experimental	Média das porcentagens de controle
Chama direta	98,8750 a
Infravermelho	81,5625 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

O desdobramento da interação do fator B Velocidade dentro do fator A Flamejador e o desdobramento da interação do fator A Flamejador (A1 = Chama direta e A2 = Infravermelho) dentro do fator B Velocidade (B1 = 2 km h⁻¹, B1 = 3 km h⁻¹, B1 = 4 km h⁻¹ e B1 = 5 km h⁻¹) está apresentado nas Tabelas 21 e 22. De acordo com os resultados verificou-se que a porcentagem de controle não acompanhou a mesma tendência no modelo experimental infravermelho em função da velocidade deslocamento, ou seja, a porcentagem de controle nas velocidades de 2 e 3 km h⁻¹ não seguiram a mesma tendência nos dois modelos.

Tabela 21. Desdobramento da interação de B dentro A.

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
B dentro de A1	3	44,75	14,9167	0,5900 NS
B dentro de A2	3	4910,1875	1636,7292	64,7408 **
(B dentro A)	(6)	4954,9375		

** - Diferença significativa a 1% de probabilidade pelo teste F.

NS - Não significativo

Tabela 22. Desdobramento de A dentro B.

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
A dentro de B1	1	0	0	0,0000 NS
A dentro de B2	1	12,5	12,5	0,4944 NS
A dentro de B3	1	1458	1458	57,6712 **
A dentro de B4	1	3160,125	3160,125	124,9988 **
(A dentro B)	(4)	4630,625		

** - Diferença significativa a 1% de probabilidade pelo teste F.

NS - Não significativo

Não houve diferença entre as velocidades dentro do modelo experimental de chama direta, enquanto que para o modelo experimental infravermelho os resultados obtidos nas duas menores velocidades não diferem entre si e superam os demais (Tabela 23). Portanto, entre os modelos, não existe diferença nas velocidades 2 e 3 km h⁻¹ e o modelo experimental do tipo chama direta é mais eficiente no controle da espécie somente nas velocidades de 4 e 5 km h⁻¹.

Tabela 23. Porcentagem de controle da espécie corda-de-viola de acordo com as velocidades de operação para o desdobramento de B dentro de A.

Velocidade km h ⁻¹	B dentro de A2	
	Média	
2	100,0000	a
3	97,5000	a
5	69,0000	b
4	59,7500	b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

A Tabela 24 apresenta os valores médios da porcentagem de controle da corda-de-viola para o desdobramento de A dentro de B. Conforme os resultados, não houve diferença entre os modelos experimentais dentro das velocidades 2 e 3 km h⁻¹, para as demais velocidades o modelo experimental de chama direta foi mais eficiente no controle da corda-de-viola.

Tabela 24. Porcentagem de controle da espécie corda-de-viola de acordo os modelos experimentais para o desdobramento de A dentro de B.

Tratamento	A dentro de B3	A dentro de B4
	Média	
Chama direta	96,0000 a	99,5000 a
Infravermelho	69,0000 b	59,7500 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

6.2.3.4 Picão-preto

A análise de variância mostra que não houve efeito significativo, pelo teste F, indicando que os tratamentos não apresentaram efeitos diferentes sobre a porcentagem de controle de picão-preto, não ocorrendo diferença entre os modelos e as velocidades de operação.

Para o controle térmico desta espécie os dois modelos experimentais foram considerados como eficientes e a velocidade de operação mais indicada foi de 5 km h⁻¹, principalmente levando-se em consideração o consumo de GLP.

6.2.4 Classificação do controle das espécies de acordo com a escala adaptada da ALAM

De acordo com classificação adotada o controle com o modelo experimental de chama direta foi classificado como insuficiente para o capim-braquiária e para as demais espécies de bom a excelente. Para o controle com o modelo experimental de infravermelho tanto o capim-braquiária como o capim-colonião foi classificado como insuficiente e para as demais espécies de muito bom a excelente (Tabela 25).

Tabela 25. Classificação dos controles de acordo com o modelo experimental de flamejador .

Espécie	Chama direta		Infravermelho	
	% de controle	Classificação	% de controle	Classificação
Capim-braquiária	6,1	Insuficiente	26,1	Insuficiente
Capim-colonião	77,2	Bom	36,1	Insuficiente
Corde-de-viola	98,9	Excelente	81,6	Muito Bom
Picão-preto	100,0	Excelente	99,9	Excelente

6.2.5 Avaliação Visual

A avaliação indireta realizada se mostrou oportuna e coerente, pois além de confirmar as constatações da avaliação direta que foi realizada através da contagem de plantas controladas, proporcionou através da análise subjetiva verificar que apesar de algumas espécies não terem apresentado controle satisfatório, as plantas daninhas apresentaram injúrias que certamente interferiram na fotossíntese o suficiente para comprometer o seu desenvolvimento.

De acordo com as notas atribuídas ao controle de capim-braquiária nas velocidades de 2 e 3 km h⁻¹ para o modelo experimental de chama direta (Tabela 26), as injúrias provocadas nas plantas foram consideradas moderadas, havendo redução de crescimento e os efeitos foram considerados suficientes para promover redução pequena da população infestante. Para as demais velocidades as injúrias foram consideradas leves e os efeitos insuficientes para promover redução da população. Para o capim-colonião nas velocidades de 2, 3 e 4 km h⁻¹ as injúrias foram consideradas severas o suficiente para promover drástica redução da população infestante e na velocidade de 5 km h⁻¹ as injúrias foram consideradas moderadas. Para corda-de-viola o controle foi considerado total para a população nas velocidades 2, 3 e 5 km h⁻¹ e para a velocidade de 4 km h⁻¹ as plantas sofreram injúrias severas o suficiente para promover drástica redução na população. No caso do picão-preto todos os tratamentos apresentaram destruição completa da população.

Para o modelo experimental de infravermelho o controle do capim-braquiária nas velocidades 2 e 3 km h⁻¹ (Tabela 26), as plantas apresentaram injúrias consideradas moderadas, havendo redução de crescimento e os efeitos foram considerados suficientes para promover redução pequena da população infestante. Para as demais velocidades as injúrias

foram consideradas leves e os efeitos insuficientes para promover redução da população. Com relação ao capim-colonião nas velocidades 2 e 3 km h⁻¹ ocorreram efeitos intensos sobre a população de plantas com injúrias severas e redução de crescimento; para as demais velocidades os efeitos proporcionaram pequena redução na população de plantas, com injúrias moderadas e redução de crescimento e lenta recuperação. No caso da corda-de-viola e picão-preto os controles foram completos para as velocidades de 2 e 3 km h⁻¹ e apresentaram diferença no controle nas demais velocidades, sendo que no picão a destruição foi completa e na corda-de-viola os efeitos foram intensos o suficiente para reduzir a população infestante e as injúrias classificadas como severas.

Tabela 26. Notas atribuídas pelo AVALIADOR 1 para o controle da população de plantas das espécies de acordo com os tratamentos para cada modelo experimental.

Espécies	Modelo experimental							
	Chama direta				Infravermelho			
	Velocidade (km h ⁻¹)							
	2	3	4	5	2	3	4	5
	Notas							
Capim-braquiária	C	C	B	B	C	C	B	B
Capim-colonião	D	D	D	C	D	D	C	C
Corda-de-viola	E	E	D	E	E	E	D	D
Picão-preto	E	E	E	E	E	E	E	E

Para o capim-braquiária o avaliador considerou que o tratamento teve efeitos intensos o suficiente para promover redução na população infestante promovendo injúrias severas nas plantas para o modelo experimental de chama direta nas velocidades de 2, 3 e 4 km h⁻¹ e para o tratamento a 5 km h⁻¹ considerou que as plantas sofreram injúrias moderadas e os efeitos foram intensos o suficiente para promover pequena redução na população infestante (Tabela 27). Com relação ao capim-colonião o controle apresentou comportamento igual ao do capim-braquiária. Para corda-de-viola e picão-preto o controle foi considerado completo em todas as velocidades.

Para o modelo experimental infravermelho, com relação ao capim-braquiária o controle foi o suficiente para reduzir uma pequena parte da população e apresentando injúrias moderadas nas plantas, porém com redução do crescimento para as velocidades de 2, 3 e 5 km

h^{-1} e para a velocidade de 4 km h^{-1} as injúrias foram leves e os efeitos insuficientes para reduzir a população de plantas tratadas. Para o capim-colonião o controle foi considerado intenso o suficiente para promover drásticas reduções da população promovendo injúrias severas nas plantas para as velocidades de 2 e 4 km h^{-1} e para as demais velocidades os efeitos foram suficientes para promover uma pequena redução. Para corda-de-viola nas duas menores velocidades o controle foi completo e nas maiores proporcionou injúrias severas nas plantas com redução de crescimento e lenta recuperação. No caso de picão-preto somente o controle na velocidade de 5 km h^{-1} não foi considerado completo, porém o efeito sobre as plantas nesta velocidade foi considerado como intenso o suficiente para reduzir a população de plantas.

Tabela 27. Notas atribuídas pelo AVALIADOR 2 para o controle da população de plantas das espécies de acordo com os tratamentos para cada modelo experimental.

Espécies	Modelo experimental							
	Chama direta				Infravermelho			
	Velocidade (km h^{-1})							
	2	3	4	5	2	3	4	5
Notas								
Capim-braquiária	D	D	D	C	C	C	B	C
Capim-colonião	D	D	D	C	D	D	C	C
Corda-de-viola	E	E	E	E	E	E	D	D
Picão-preto	E	E	E	E	E	E	E	D

7. CONCLUSÕES

1. As metodologias propostas para avaliação de queimadores e flamejadores se mostraram pertinentes, podendo ser aplicadas em ensaios futuros com máquinas de controle térmico de plantas daninhas:
 - a. Uma proposta para caracterização funcional de queimadores com base na análise de imagens, determinando características morfo-dimensionais de queimadores de chama direta e infravermelho, além da caracterização das zonas de combustão;
 - b. Uma proposta para determinação, em condições controladas, da eficiência operacional de flamejadores em função da pressão de alimentação de gás, da velocidade de deslocamento e tipos de plantas;
2. O melhor controle para capim-braquiária foi obtido com o uso do flamejador do tipo infravermelho (26,1%), apesar deste controle ser insuficiente; as velocidades de deslocamento não interferiram no controle;
3. O controle do capim-colonião foi mais eficiente com o uso do flamejador do tipo chama direta (77,2%), considerado bom; o melhor controle foi obtido com a velocidade de deslocamento de 2 km h⁻¹;
4. O controle das plantas de corda-de-viola foi eficiente tanto com o flamejador do tipo chama direta (98,9%), operando em todas as velocidades de deslocamento, quanto com o do tipo infravermelho (98,8%) a 2 e 3 km h⁻¹;
5. A mesma eficiência de controle de plantas de picão-preto foi obtida tanto no flamejador do tipo chama direta (100,0%) como do tipo infravermelho (99,9%) em todas as velocidades de deslocamento;
6. Plantas expostas a operações com baixa velocidade (2 km h⁻¹) independente da espécie foram melhor controladas, porém o consumo de combustível foi maior;

7. Plantas expostas a operações com alta velocidade (5 km h^{-1}) não morreram, porém apresentaram injúrias suficientes para serem consideradas sob controle;
8. Em todas as velocidades adotadas como tratamento, as temperaturas verificadas nos modelos experimentais, no nível das plantas, foram muito acima do preconizado pela literatura para o controle letal de células vegetais;
9. Conclui-se, de acordo com os resultados, que o controle de plantas daninhas com flamejadores é uma tecnologia aplicável às condições brasileiras, porém outros trabalhos precisam ser realizados como estudar a aplicação do calor nas plantas daninhas em diferentes estádios e densidade populacional; estudar a resistência de outras espécies ao calor; estudar outros tipos de queimadores; realizar estudos de dose-resposta; aplicar o flamejamento em condições reais (no campo) para avaliar o efeito sobre a população de plantas daninhas, sobre as plantas cultivadas e sobre o solo.

8. BIBLIOGRAFIA

ACOD INCORPORATED (Korea). **Metal fiber burner**. Catalog. Disponível em: <<http://www.acod.co.kr>>. Acesso em: 10 mar. 2003.

ARANHA, C.; LEITÃO FILHO, H. de F.; YAHN, C. A.. **Sistemática de plantas invasoras**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1987. 174 p.

ASCARD, J.. Comparison of flaming and infrared radiation techniques for thermal weed control. **Weed Research: An international journal of weed biology, ecology and vegetation management**, Oxford, v. 38, n. 1, p.69-76, 1998.

ASCARD, J.. Dose-response models for flame weeding in relation to plant size and density. **Weed Research: An international journal of weed biology, ecology and vegetation management**, Oxford, v. 34, n. 5, p.377-385, 1994.

ASCARD, J.. Flame weeding: effects of fuel pressure and tandem burners. **Weed Research: An international journal of weed biology, ecology and vegetation management**, Oxford, v. 37, n. 2, p.77-86, 1997.

ASCARD, J.. **Thermal weed control by flaming: biological and technical aspects**. 1995. 37 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Department Of Agricultural Engineering, Swedish University Of Agricultural Sciences, Alnarp, 1995.

ASCARD, J.. **Thermal weed control: Flaming for weed and crop defoliation**. Alnarp: Swedish University For Agricultural Sciences, 1988. 76 p. (Report 130).

ASOCIACION LATINOAMERICANA DE MALEZAS - ALAM (Colômbia). **Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas**. Bogotá: ALAM, 1974. 35-58 p.

ASSOCIAÇÃO DE CAFÉ ORGÂNICO DO BRASIL (Brasil). **Produção de café orgânico**. Disponível em: <<http://www.acob.org.br>>. Acesso em: 31 jan. 2006.

AZANIA, C. A. M.. Tratos culturais e controle de plantas daninhas. In: FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA AGRÍCOLA (Brasil). **Módulo II: Produção vegetal I**. São Paulo: Fundação Bradesco, 2006. Cap. 7, p. 232-283. (Curso Técnico Agrícola com Ênfase na Cadeia Produtiva da Cana-de-açúcar).

BAINER, R.; KEPNER, R. A.; BARGER, E. L.. Row crop cultivation, flaming and thinning. In: BAINER, R.; KERPNER, R. A.; BARGER, E. L.. **Principles of farm machinery**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1963. p. 270-274.

BELTRÃO, N. E. de M.. **Agricultura Orgânica e seu Potencial como Estratégia de Produção**. Disponível em: <<http://www.emepa.org.br/anais/volume2/av204.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2002.

BERTRAM, A.. Measurement of heat transfer in thermal weed control. **Acta Horticulture**, Ulvik, v. 372, n. 1, p.187-193, 10 ago. 1993.

BERTRAM, A.. **Thermodynamische Grundlagen der Abflammtchnik**. 1991. 110 f. Diplomarbeit (Masters) - Departamento de Institute For Agricultural Technology, Technical University Of Munich, Weihenstephan, 1991.

BERTRAM, A.. Wärmeübergang und Pflanzenschädigung bei der thermischen Unkrautbekämpfung. **Zeitschrift Für Pflanzenkrankheiten Und Pflanzenschutz**, Pflschutz, 1994. Sonderheft, p. 273-280.

BOND, W.; GRUNDY, A. C.. Non-chemical weed management in organic farming systems. **Weed Research**, Oxford, v. 41, n. 5, p.383-405, 01 out. 2001.

BOND, W.; TURNER, R. J.. **A review of thermal weed control**. Disponível em: <<http://www.organicweeds.org.uk>>. Acesso em: 10 jan. 2007.

BORGES, M.; BETTIOL, W.. Normas para agricultura orgânica. **Informativo Meio Ambiente e Agricultura - CNPMA**, Jaguariúna, v. 18, n. 5, p.2-3, 01 abr. 1997. Trimestral.

BOWMAN, G.. **Steel in the Field: A farmer's guide to weed management tools**. Vermont: Sustainable Agriculture Publications, 1997. 128 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Ministério da Saúde. **Fundamentos técnicos da produção orgânica: Manejo das plantas invasoras**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/agro/fundamento/invasora.htm>>. Acesso em: 05 out. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA (Org.). **Instrução Normativa: Produção Animal e Produção Vegetal**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 01 abr. 2008.

CONSELHO LEGISLATIVO DA COMUNIDADE EUROPEIA - CONSLEG CEE. União Europeia. **Regulamento (CEE) N.º 2092/91**: Relativo ao modo de produção biológico de produtos agrícolas e à sua indicação nos produtos agrícolas e nos gêneros alimentícios. Bruxelas - Belgium: Serviço das publicações oficiais da Comunidade Europeia, 2004. 97 p.

DANIEL, L. A.. Fogo nas invasoras: tecnologia GLP. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 15, n. 1, p.10-11, 01 dez. 2002. Mensal.

DANIEL, L. A.. **Memória das atividades realizadas para desenvolvimento do projeto "Flamer"**: 2000/2001. São Paulo: Cia Ultragaz, 2001. 13 p. Confidencial.

DANIELL, J. W.; CHAPPELL, W. E.; COUCH, H. B.. Effect of sub-lethal and lethal temperatures on plant. **Plant Physiology**, Virginia, v. 44, n. 1, p.1684-1689, 01 maio 1969.

DAROLT, M. R.. **A agricultura orgânica na América Latina**. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/trabdaroltal.htm>>. Acesso em: 12 maio 2004.

DAROLT, M. R.; SKORA NETO, F.. **Sistema de plantio direto em agricultura orgânica**. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/daroltsist.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2008.

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD AND RURAL AFFAIRS - DEFRA (England). **Compendium of uk organic standards**. London: DEFRA, 2006. 104 p.

DEPARTMENT OF AGRICULTURE FISHERIES AND FORESTRY – DAFF (Australian). **National standard for organic and bio-dynamic produce**. Canberra: DAFF, 2002. 66 p.

DEUBER, Robert. **Ciência das plantas daninhas: Fundamentos**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 431 p.

DEUSE, J.; LAVABRE, É. M.. **Le desherbage des cultures sous les tropiques**. Paris: Maisonnueve et Larose, 1979. 28 p.

DIAS, R. P.. **Agricultura Orgânica: Dados e Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 01 jan. 2006.

DIERAUER, H. U.; PFIFFNER, L.. Effects of flame weeding in organic vegetable growing on ground beetles (Col. Carabidae). In: INTERNATIONAL CONFERENCE I.F.O.A.M., 4., 1993, Dijon. **Communications**. Dijon: IFOAM, 1993. v. 1, p. 137 - 140.

DIVER, S.. **Flame weeding for vegetables crops**. Fayetteville: ATTRA, 2002. 16 p

DULLEY, R. D.. **As Diversas Faces da Agricultura Orgânica**. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/trabdulley2.htm>>. Acesso em: 01 out. 2002.

ELLWANGER JUNIOR, T. C.; BINGHAM, S. W.; CHAPPELL, W. E.. Physiological effects of ultra-high temperatures on corn. **Weed Science Society of America**, Washington, v. 21, n. 4, p.296-299, 01 jul. 1973.

FLAME ENGINEERING INCORPORATED (EUA). **Agricultural flaming guide**. Disponível em: <http://www.flameengineering.com/Agricultural_Flaming_Guide.html>. Acesso em: 01 jun. 2003.

FLAME ENGINEERING INCORPORATED (EUA). **Red Dragon products catalog**. Lacrosse: Flame Engineering Inc., 1998. 52 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO (Italy). United Nations. **FAO/WHO Food Standards Programme: Guidelines for the production, processing, labelling and marketing of organically produced foods**. Roma: FAO/WHO, 1999. 46 p.

HAYASHI, P.; STONTEMBORG, J.. Batata orgânica. **Batata Show**, Itapetininga, n. 7, p.24, 01 jul. 2003. Trimestral.

HOAF INFRARED TECHNOLOGY (Germany). **Products**. Disponível em: <<http://www.hoaf.nl/index.php?taal=ENG&adres=&product=&keuze1=&land=#>>. Acesso em: 10 maio 2005.

HOLMØY, R.; STOREHEIER, K.. Flaming: Fundamental knowledge and practical use in selective weed control. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CHALLENGES FOR WEED SCIENCE IN A CHANGING EUROPE, 9., 1995, Budapest. **Proceedings...** . Budapest: Ewrs, 1995. p. 1 - 14.

HOLMØY, R.; NETLAND, J.. Band spraying, selective flame weeding and hoeing in late white cabbage. **Acta Horticulturae**, Ulvik, v. 372, n. 1, p.223-224, 1994.

INSTITUTO BIODINÂMICO – IBD (Brasil). **Diretrizes para o Padrão de Qualidade Orgânico IBD**. Disponível em: <<http://www.ibd.com.br>>. Acesso em: 12 nov. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Banco de dados agregados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 out. 2005.

INTERNATIONAL FEDERATION ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS - IFOAM. **Norms: IFOAM Basic Standards for Organic Production and Processing**. Victoria: IFOAM, 2002. 84 p.

KERPNER, R. A.; BAINER, R.; BARGER, E. L.. **Principles of Farm Machinery**. 3. ed. Westport: AVI Publishing Company, 1978. 358 p.

KISSMANN, K. G.. **Plantas Infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: Basf Brasileira, 1997. 825 p. (Tomo I).

KISSMANN, K. G.; GROTH, D.. **Plantas Infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: Basf Brasileira, 1999. 978 p. (Tomo II).

KONDININ GROUP (Australian). Rural Industries Research And Development Corporation. **Organic Farming in Australian**. Barton: RIRDC, 1997. 101 p.

KUEPPER, G.. **Colorado potato beetle: Organic control options**. Disponível em: <<http://attra.ncat.org/attra-pub/coloradopotato.html>>. Acesso em: 01 out. 2004.

KURACHI, S. A. H. et al. **Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: laboratório de ensaios**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1990. 37 p. (Documentos 19).

KURACHI, S. A. H.. **Relatório do projeto FAPESP (Proc. 94/5251): Reforma e adequação das instalações de pesquisa, ensaio e desenvolvimento de máquinas agrícolas**. Jundiaí: Instituto Agrônomo de Campinas, 1995. 20 p. (Relatório técnico).

LALOR, W. F.; BUCHELE, W. F.. Effects of thermal exposure on the foliage of young corn and soybeans plants. **Transactions of the Asae**, Joseph, p.534-537, 01 jan. 1970.

LARCHER, W.. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531 p.

LEPORI, W. A.. **LP-Gas for weed and nematode control in agriculture**. College Station: Propane Education And Research Council, 1999. 16 p.

LEPORI, W. A.. **LP-Gas for weed and nematode control in agriculture**. College Station: Propane Education And Research Council, 2001. 16 p.

LEPORI, W. et al. **Lp-gas for weed and nematode control in agriculture**. College Station: Propane Education And Research Council, 2000. 67 p.

LESSA, A. S. N.; ANDERSON, D. W.; MOIR, J. O.. Fine root mineralization, soil organic matter and exchangeable cation dynamics in slash and burn agriculture in the semi-arid northeast of Brazil. **Agriculture, Ecosystems And Environment**, Amsterdam, 01 jun. 1996. p. 191-202.

LICHTENHAHN, M. et al. **Weed control in organic vegetable cultivation**. Nova Scotia: Research Institute Of Organic Agriculture, 2005. 11 p. (Technical Guide).

MARCHI, S. R.; VELINI, E. D.; CORRÊA, M. R.. Utilização de chama para controle de plantas daninhas emersas em ambiente aquático. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 2, n. 23, p.311-319, 11 abr. 2005. Trimestral.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA (Brasil). **Instrução Normativa Nº 7, DE 17 DE MAIO DE 1999**. Brasília: MAPA, 1999. 15 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA (Brasil). **Pró-Orgânico**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,1244875&_dad=portal&_schema=PORTAL>. Acesso em: 25 nov. 2007.

MIRANDA, G. R. B. et al. Métodos alternativos de desinfestação de plantas invasoras. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 2, p.168-174, 10 ago. 2007. Semestral.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (EUA). **Principles of plant and animal pest control**: Weed control. 2. ed. Washington: National Academy of Sciences, 1968. 164 p.

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (EUA). United States Department Of Health And Human Services. **ImageJ**: Image processing and analysis in Java. Disponível em: <<http://rsbweb.nih.gov/ij/>>. Acesso em: 10 jan. 2006.

NUNES, S. G.. **Controle de plantas invasoras em pastagens cultivadas nos Cerrados**: doenças, pragas e plantas daninhas. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 35 p.

- OFFICINE MINGOZZI (Italy). **Tecnoecologia: Il Pirodiserbo**. Disponível em: <http://www.pirodiserbo.it/web_italiano/default.htm>. Acesso em: 15 jul. 2007.
- OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; CONSTANTINI, J.. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 362 p.
- ORGANIC AGRICULTURE CENTRE OF CANADA - OACC (Canadian). **Thermal Weed Control for Organic Production**. Disponível em: <http://www.agbio.ca/ResearchDatabase/ext_thermal_weed.asp>. Acesso em: 01 out. 2006.
- ORGANIC AGRICULTURE INFORMATION (EUA) (Org.). **A commercial organic apple production system for New York**. Disponível em: <http://www.organicaginfo.org/record.cfm?pk_doc_id=3278&doc_num=5>. Acesso em: 20 jun. 2007.
- ORMOND, J. G. P. et al. **Agricultura orgânica: quando o passado é futuro**. Rio de Janeiro: BNDES, 2002. 34 p.
- PANNETON, B.; FLEURAT-LESSARD, F.. Physical control methods in plant protection the to need protect crop plants. In: PANNETON, B.; FLEURAT-LESSARD, F.. **Physical control methods in plant protection**. Berlin: Springer Verlag, 2001. p. 45-56.
- PARISH, R. L.; PORTER, W. C.; VIDRINE, P. R.. Flame cultivation as a complement to mechanical and herbicidal control of weeds. **Journal of Vegetable Crop Production**, New York, v. 3, n. 2, p.65-83, 1997.
- PARISH, S.. A review of non-chemical weed control techniques. **Biol. Agric. Hort.**, Ulvik, v. 7, n. 1, p.117-137, 01 jun. 1990.
- PERUZZI, A. et al. Physical weed control in organic fennel cultivated in the Fucino Valley (Italy). In: EWRS WORKSHOP ON PHYSICAL AND CULTURAL WEED CONTROL, 7., 2007, Salem. **Proceedings...** . Salem: EWRS, 2007. v. 1, p. 32 - 40.
- PERUZZI, A.; RAFFAELLI, M.; CIOLO, S. Di. Experimental tests of selective flame weeding for different spring summer crops in central Italy. **Agricoltura Mediterranea: international journal of agricultural science**, Pisa, v. 130, n. 1, p.85-94, 2000.
- PERUZZI, A.; RAFFAELLI, M.; CIOLO, S. Di. Selective flame weeding in maize, sunflower and soybean. In: EWRS WORKSHOP ON PHYSICAL WEED CONTROL, 3., 1998, London. **Proceedings...** . London: EWRS, 1998. v. 1, p. 23 - 23.

PIFFNER, H. U. D.; PIFFNER, L.. Effects of flame weeding in organic vegetable growing on ground beetles (Col. Carabidae). In: INTERNATIONAL CONFERENCE IFOAM NON CHEMICAL WEED CONTROL, 4., 1993, Dijon. **Communications**. Dijon: IFOAM, 1993. v. 1, p. 137 - 140.

PITELLI, R. A.. **Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas**. 4. ed. Piracicaba: IPEF, 1987. 12 v. (Série Técnica IPEF).

PLANETA ORGÂNICO (Brasil). **O mundo cresce orgânico**. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/newslifoam.htm>>. Acesso em: 12 set. 2005.

RAFFAELLI, M. et al. Options for mechanical weed control in striwork parang bean: work parameters and crop yield. In: EWRS WORKSHOP ON PHYSICAL AND CULTURAL WEED CONTROL, 5., 2002, Pisa. **Proceedings...** . Pisa: Ewrs, 2002. v. 1, p. 119 - 124.

RAHKONEN, J.; PIETIKÄINEN, J.; JOKELA, H.. The effects of flame weeding on soil microbial biomass. **Biological Agriculture and Horticulture**, Coventry, v. 16, n. 1, p.363-368, 01 fev. 1999.

RIFAI, M. N. et al. Comparison of infrared, flame and steam units for their use in plant protection. **Research in Agricultural Engineering**, Nitra, v. 2, n. 49, p.65-73, 2003.

RIFAI, M. N.; LACKO-BARTOOVÁ, M.; BRUNCLÍK, P.. Alternative methods of weed control in apple orchards. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Islamabad, v. 3, n. 6, p.933-938, 2000.

SILVA, A. A. da; SILVA, J. F. da (Ed.). **Tópicos de manejo de plantas daninhas**. Campo Grande: UFV, 2007. 367 p.

SILVA, M. R. da. Flamejador: Fogo como herbicida. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 3, p.6-7, mar. 2008. Mensal.

SILVA, M. R. da. Método físico para dessecação das ramas de batata. **Batata Show: A revista da batata**, Itapetininga, v. 1, n. 18, p.52-55, 01 ago. 2007. Bimestral.

SILVA, M. R. da; DANIEL, L. A.. Controle térmico de plantas daninhas na cultura do citros: ensaio preliminar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35, 2006, João Pessoa. **Anais...** . João Pessoa: SBEA, 2006. v. 1, p. 21 - 24. CD-ROM.

SILVA, M. R. da; LUCARELLI, J. L. R.; DANIEL, L. A.. Flaming use to weed plants control on organic soil beans cultivation: carry out of a case. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 37., 2008, Foz de Iguaçu. **No prelo**. Foz de Iguaçu: SBEA, 2008. p. 1 - 4.

SMITH, C. W.; BETRÁN, J.; RUNGE, E. C. A.. **Corn: Origin, History, Technology and Production**. New Jersey: John Wiley And Sons, Inc., 2004. 968 p. (Crop Science).

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD (Brasil). **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

SOUZA, J. L. de; REZENDE, P.. **Manual de horticultura orgânica**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 843 p.

STARK, J. C.; LOVE, S. L. (Ed.). **Potato production systems**. Idaho: University of Idaho Extension, 2003. 426 p.

STOLTENBORG, J.. **Controle do mato: Manejo**. Produtor On Line n. 14 - Sítio a Boa Terra. Disponível em: <<http://www.aboaterra.com.br/dicas/ver.asp?id=14&Secao=1>>. Acesso em: 09 jan. 2007.

STOREHEIER, K. J.. Basic investigations into flaming for weed control. **Acta Horticulturae**, Ulvik, v. 372, n. 1, p.195-204, 01 ago. 1994.

SULLIVAN, P.. **Flame weeding for agronomic**. Disponível em: <<http://www.attra.org/attra-pub/PDF/flameweeds.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 1338 p.

THERMOWEED (England). **Facts Worth Knowing About Thermal Weed Control**. Disponível em: <<http://www.thermoweed.com/index.htm>>. Acesso em: 11 maio 2006.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP (Brasil). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV. **ESTAT - Sistema para Análises Estatísticas**. Jaboticabal, 1999. Disquete.

USDA. United States Department Of Agriculture - EUA. **Guidelines for weed control**. Beltsville: Agricultural Research Service, 1973. 447 v. (Agriculture Handbook n. 427).

USDA. United States Department of Agriculture (EUA). National Center For Appropriate Technology - NCAT. **Organic Livestock Workbook: A Guide to Sustainable and Allowed Practices**. Washington: ATTRA - USDA, 2004. 92 p.

VANHALA, P. et al. Guidelines for physical weed control research: flame weeding, weed harrowing and intra-row cultivation. In: EWRS WORKSHOP ON PHYSICAL AND CULTURAL WEED CONTROL, 6., 2004, Lillehammer. **Proceedings...** . Lillehammer: Ewrs, 2004. v. 1, p. 194 - 225.

VANHALA, P.; RAHKONEN, J.. Laboratory assessment of crop tolerance to selective flaming. In: EWRS WORKSHOP ON PHYSICAL WEED CONTROL, 3., 1998, London. **Proceedings...** . London: EWRS, 1998. v. 1, p. 22 - 22.

VESTER, J.. New experience with flame cultivation for weed control. In: INTERNATIONAL MEETING ON FLAME CULTIVATION FOR WEED CONTROL, 1., 1984, Namur. **Proceedings...** . Opprebais: Crabe, 1985. p. 10 - 20.

VOLPATO, C. E. S. et al. Avaliação de um equipamento para controle físico de ervas daninhas na cultura do café orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...** . João Pessoa: SBEA, 2006. v. 1, p. 46 - 50.

WSZELAKI, A. L.; DOOHAN, D. J.; ALEXANDROU, A.. Weed control and crop quality in cabbage (*Brassica oleracea* (capitata group)) and tomato (*Lycopersicon lycopersicum*) using a propane flamer. **Crop Protection**, Lincoln, v. 2, n. 26, p.134-144, 01 fev. 2007.

ZAMBOLIM, L.. **Manejo integrado: doenças, pragas e plantas daninhas**. Viçosa: Ufv, 2000. 416 p.

9. ANEXOS

Análises de Variância realizadas para cada um dos testes realizados.

CAPIM-BRAQUIÁRIA

FATOR A = QUEIMADOR

FATOR B = VELOCIDADE

ANALISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 2X4

TRAT.	NR	MEDIA D.PADRAO			OBSERVACOES ORIGINAIS		
11	4	13,00	66,67	3,00	23,00	13,00	13,00
12	4	4,75	32,25	13,00	3,00	0,00	3,00
13	4	4,75	5,58	5,00	3,00	8,00	3,00
14	4	2,00	6,00	5,00	0,00	3,00	0,00
21	4	28,75	172,92	30,00	10,00	35,00	40,00
22	4	26,25	139,58	35,00	35,00	25,00	10,00
23	4	17,00	132,67	30,00	5,00	10,00	23,00
24	4	32,25	222,25	13,00	43,00	45,00	28,00

QUADRO A/B

(1)	1	2		
B 1	13,00	28,75		V1
B 2	4,75	26,25		V2
B 3	4,75	17,00		V3
B 4	2,00	32,25		V4
TOTAIS	24,50	104,25	128,75	

QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DE VARIACAO		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	3180,03	3180,03	29,0110	**
FATOR B	3	412,09	137,36	1,2532	NS
FATOR AXB (TRATAMENTOS)	3	370,84	123,61	1,1277	NS
	7	3962,97	566,14		
BLOCOS	3	31,84	10,61	0,0968	NS
RESIDUO	21	2301,91	109,61		
MEDIA GERAL DO ENSAIO				16,0938	
DESVIO PADRAO			10,4697		
COEFICIENTE DE VARIACAO				65,0544	

TESTE DE TUKEY PARA AS MEDIAS DE A

DMS(TUKEY) 7,699

TRAT MEDIA

2 26,0625 A

1 6,1250 B

TESTE DE TUKEY PARA AS MEDIAS DE B

DMS(TUKEY) 14,5949

TRAT. MEDIA

1 20,8750 A

4 17,1250 A

2 15,5000 A

3 10,8750 A

CAPIM-COLONIÃO

FATOR A = QUEIMADOR

FATOR B = VELOCIDADE

ANALISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 2X4

TRAT.	NR.	MEDIA D.PADRAO			OBSERVACOES ORIGINAIS			
11	4	89,75	5,58	88,00	93,00	88,00	90,00	
12	4	87,25	8,92	88,00	88,00	90,00	83,00	
13	4	74,50	104,33	80,00	60,00	75,00	83,00	
14	4	57,25	98,92	58,00	63,00	43,00	65,00	
21	4	56,50	89,67	55,00	48,00	53,00	70,00	
22	4	38,50	1,00	38,00	38,00	40,00	38,00	
23	4	22,50	41,67	25,00	15,00	30,00	20,00	
24	4	14,75	78,92	3,00	13,00	20,00	23,00	

QUADRO A/B

(1)	1	2	
B 1	89,75	56,50	V1
B 2	87,25	38,50	V2
B 3	74,50	22,50	V3
B 4	57,25	14,75	V4
TOTAIS	308,75	132,25	441,00

QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DE VARIACAO		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	15576,13	15576,13		298,5157 **
FATOR B	3	6349,75	2116,58	40,5642	**
FATOR AXB (TRATAMENTOS)	3	408,63	136,21	2,6104	NS
	7	22334,50		3190,64	
BLOCOS	3	191,25	63,75	1,2218	NS
RESIDUO	21	1095,75	52,18		
MEDIA GERAL DO ENSAIO				55,125	
DESVIO PADRAO		7,2235			
COEFICIENTE DE VARIACAO				13,1038	

TESTE DE TUKEY PARA AS MEDIAS DE A

DMS(TUKEY) 5,3118

TRAT MEDIA

1 77,1875 A

2 33,0625 B

TESTE DE TUKEY PARA AS MEDIAS DE B

DMS(TUKEY) 10,0696

TRAT. MEDIA

1 73,1250 A

2 62,8750 B

3 48,5000 C

4 36,0000 D

CORDA-DE-VIOLA

FATOR A = QUEIMADOR

FATOR B = VELOCIDADE

ANALISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 2X4

TRAT.	NR	MEDIA D.PADRAO		OBSERVACOES ORIGINAIS			
11	4	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
12	4	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
13	4	96,00	16,00	98,00	98,00	90,00	98,00
14	4	99,50	1,00	100,00	100,00	100,00	98,00
21	4	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
22	4	97,50	8,33	100,00	100,00	95,00	95,00
23	4	69,00	18,00	75,00	65,00	68,00	68,00
24	4	59,75	158,92	50,00	68,00	73,00	48,00

QUADRO A/B

(1)	1	2	
B 1	100,00	100,00	V1
B 2	100,00	97,50	V2
B 3	96,00	69,00	V3
B 4	99,50	59,75	V4
TOTAIS	395,50	326,25	721,75

QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DE VARIACAO		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	2397,78	2397,78	88,8998	**
FATOR B	3	2722,09	907,36	33,6413	**
FATOR AXB (TRATAMENTOS)	3	2232,84	744,28	27,5949	**
	7	7352,72	1050,39		
BLOCOS	3	40,34	13,45	0,4986	NS
RESIDUO	21	566,41	26,97		
MEDIA GERAL DO ENSAIO				90,2188	
DESVIO PADRAO			5,1934		
COEFICIENTE DE VARIACAO				5,7565	

TESTE DE TUKEY PARA AS MEDIAS DE A

DMS(TUKEY) 3,819

TRAT	MEDIA
1	98,8750 A
2	81,5625 B

TESTE DE TUKEY PARA AS MEDIAS DE B

DMS(TUKEY) 7,2397

TRAT.	MEDIA
1	100,0000 A
2	98,7500 A
3	82,5000 B
4	79,6250 B

DESDOBRAMENTO DE B D. A

CAUSAS DE VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
B D. A(1)	3	44,75	14,9167	0,5530 NS
B D. A(2)	3	4910,1875	1636,7292	60,6831 **
(B D. A)	(6)	4954,9375		

DESDOBRAMENTO DE A D. B

CAUSAS DE VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
A D. B(1)	1	0	0	0,0000 NS
A D. B(2)	1	12,5	12,5	0,4634 NS
A D. B(3)	1	1458	1458	54,0566 **
A D. B(4)	1	3160,125	3160,125	117,1644 **
(A D. B)	(4)	4630,625		

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE B DENTRO DE A 1

DMS(TUKEY) 10,2385

TRAT.	MEDIA
1	100,0000 A
2	100,0000 A
4	99,5000 A
3	96,0000 A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE B DENTRO DE A 2

DMS(TUKEY) 10,2385

TRAT.	MEDIA
1	100,0000 A
2	97,5000 A
3	69,0000 B
4	59,7500 B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE A DENTRO DE B 1

DMS(TUKEY) 7,6381

TRAT.	MEDIA
1	100,0000 A
2	100,0000 A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE A DENTRO DE B 2

DMS(TUKEY) 7,6381

TRAT.	MEDIA
1	100,0000 A
2	97,5000 A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE A DENTRO DE B 3

DMS(TUKEY) 7,6381

TRAT.	MEDIA
1	96,0000 A
2	69,0000 B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE A DENTRO DE B 4

DMS(TUKEY) 7,6381

TRAT.	MEDIA
1	99,5000 A
2	59,7500 B

PICÃO-PRETO

FATOR A = QUEIMADOR

FATOR B = VELOCIDADE

ANALISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 2X4

TRAT.	NR	MEDIA D.PADRAO		OBSERVACOES ORIGINAIS			
11	4	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
12	4	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
13	4	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
14	4	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
21	4	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
22	4	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
23	4	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
24	4	320,00	1,00	100,00	100,00	98,00	100,00

QUADRO A/B

(1)	1	2	
B 1	100,00	100,00	V1
B 2	100,00	100,00	V2
B 3	100,00	100,00	V3
B 4	100,00	99,00	V4
TOTAIS	400,00	399,50	799,50

QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DE VARIACAO			G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	0,13	0,13	1,0000	NS	
FATOR B	3	0,38	0,13	1,0000	NS	
FATOR AXB	3	0,38	0,13	1,0000	NS	
(TRATAMENTOS)	7	0,88	0,13			
BLOCOS	3	0,38	0,13	1,0000	NS	
RESIDUO	21	2,63	0,13			
MEDIA GERAL DO ENSAIO				99,9375		
DESVIO PADRAO			0,3536			
COEFICIENTE DE VARIACAO				0,3538		

TESTE DE TUKEY PARA AS MEDIAS DE A

DMS(TUKEY) 0,26

TRAT MEDIA

1 100,0000 A

2 99,8750 A

TESTE DE TUKEY PARA AS MEDIAS DE B

DMS(TUKEY) 0,4929

TRAT. MEDIA

1 100,0000 A

2 100,0000 A

3 100,0000 A

4 99,7500 A