



# Universidade de Brasília

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

TECNOLOGIA E UTILIZAÇÃO DOS PRODUTOS FLORESTAIS

Levantamento de plantas de baixa inflamabilidade em áreas queimadas de cerrado no Distrito Federal e análise das suas propriedades físicas

**Michel Aquino de Souza**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ORIENTADOR: DR. AILTON TEIXEIRA DO VALE

BRASÍLIA, DISTRITO FEDERAL

2015

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB  
FACULDADE DE TECNOLOGIA - FT  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL - EFL

Levantamento de plantas de baixa inflamabilidade em áreas queimadas de cerrado no Distrito Federal e análise das suas propriedades físicas.

Michel Aquino de Souza

Dissertação de mestrado submetida ao Departamento de Engenharia Florestal, da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre.

APROVADO POR:

---

Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale  
Departamento de Engenharia Florestal/ Faculdade de Tecnologia – UnB  
(ORIENTADOR)

---

Prof. Dr. Reginaldo Sérgio Pereira  
Departamento de Engenharia Florestal/ Faculdade de Tecnologia – UnB  
(EXAMINADOR INTERNO)

---

Ten-Cel Dr. George Cajaty Barbosa Braga  
Diretoria de Investigação de Incêndios/ Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal  
(EXAMINADOR EXTERNO)

---

Prof. Dr. Frederico de Souza  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília/ IFB campus Samambaia  
(SUPLENTE)

Brasília/DF, 28 de Maio de 2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S7191 Souza, Michel Aquino de  
Levantamento de plantas de baixa inflamabilidade  
em áreas queimadas de cerrado no Distrito Federal e  
análise das suas propriedades físicas / Michel Aquino  
de Souza; orientador Ailton Teixeira do Vale. --  
Brasília, 2015.  
116 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências  
Florestais) -- Universidade de Brasília, 2015.

1. Plantas de baixa inflamabilidade. 2. Incêndios  
florestais. 3. Aceiro verde. I. Vale, Ailton  
Teixeira do, orient. II. Título.

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

SOUZA, M. A. (2015). Levantamento de plantas de baixa inflamabilidade em áreas queimadas de cerrado no Distrito Federal e análise das suas propriedades físicas. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-257/2015, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 116p.

### CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Michel Aquino de Souza

TÍTULO: Levantamento de plantas de baixa inflamabilidade em áreas queimadas de cerrado no Distrito Federal e análise das suas propriedades físicas

GRAU: Mestre ANO: 2015

É concedida à Universidade de Brasília – UnB permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias, com o propósito exclusivamente acadêmico e/ou científico. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Michel Aquino de Souza

francisclariano@gmail.com

*... a sarça ardia, mas não se consumia.*

Êxodo 3, 2b

À Hionilda, Israel, Melissa e Pedro e ao CBMDF, dedico.

## **Agradecimentos**

À Deus

À minha família.

Aos meus pais (Miguel e Socorro) e irmãos, avós e tios.

Ao Programa de Pós-graduação do Departamento de Engenharia Florestal.

À Fazenda Água Limpa – FAL.

Ao Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal - CBMDF.

Ao Setor de Energia de Biomassa do Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro – LPF/SFB.

Aos meus professores.

Aos professores Rosana Martins, Ailton Vale, Patrick Rousset, Reginaldo Pereira e Daniel Vieira

Ao Bruno Chaves, Alessandro Moreira, Lucélia Macedo, Gustavo Gavão do LPF/SFB.

Ao Vandui Dantas e José Diogo da FAL.

Ao João Elias e Maria Luiza do CBMDF.

À todos que de alguma forma contribuíram para esse trabalho.

Aos amigos e todos que torceram pela conclusão desse trabalho.

## RESUMO

Os incêndios florestais se propagam principalmente através das folhas. Plantas de baixa inflamabilidade podem ser usadas para proteção contra incêndios florestais, pois dificultam a propagação do fogo. O objetivo deste trabalho foi encontrar plantas de baixa inflamabilidade. O levantamento de plantas de baixa inflamabilidade deu-se por meio do caminhamento em áreas queimadas, fotografando espécimes relativamente preservados adjacentes a vegetação consumida pelas chamas. Depois coletou-se amostras de folhas de *Vochysia thyrsoidea*, *Palicourea rigida* e *Lavoisiera bergii* verdes e de *Echinolaena inflexa*, para comparação, pois é considerada uma gramínea de alta inflamabilidade. Depois foram feitos ensaios laboratoriais para caracterização de propriedades físicas foliares, como Análise imediata, combustão e perda de massa e Análise Termo-Gravimétrica. Em comparação com *E. inflexa*; *V. thyrsoidea*, *P. rigida* e *L. bergii* apresentaram bons índices que as habilitam como espécies de baixa inflamabilidade, com destaque para *P. rigida* que apresentou elevado teor de umidade (173%), maior espessura (5,6mm), teor de voláteis de 76%, tempo para início das chamas de 143s, duração das chamas de 72s e temperatura *onset* de 245°C. Os resultados confirmaram a alta inflamabilidade de *E. inflexa* e a baixa inflamabilidade de *V. thyrsoidea*, *P. rigida*, e *L. bergii* sendo indicadas para uso em aceiros verdes.

**Palavras-chaves:** aceiro verde, Palicourea, Vochysia, Lavoisiera, incêndios florestais.

## ABSTRACT

Wildfires spread mainly through the leaves. Low flammability plants can be used for protection against forest fires because hinder the spread of fire. The objective was to find low flammability plants. The survey of low flammability plants occurred by of the pathway in burned areas, photographing specimens for preserved adjacent vegetation consumed by the flames. After samples were collected sheets *Vochysia thyrsoidea*, *Palicourea rigida* *Lavoisiera bergii* greens and *Echinolaena inflexa*, for comparison, it is considered a high flammability grass. After the laboratory tests were performed for characterization of foliar physical properties such as immediate analysis, combustion and mass loss and Thermo-Gravimetric Analysis. In comparison with *E. inflexa*; *V. thyrsoidea*, *P. rigida* and *L. bergii* presented good indexes that enable them to be of low flammability species, especially *P. rigida* who presented high moisture content (173%), high thickness of 5,6mm, volatiles content of 76%, time to flames beginning of 143s, the flame length 72s and the t onset temperature of 245 °C. The results confirmed the high flammability of *E. inflexa* and low flammability of *V. thyrsoidea*, *P. rigida* and *L. bergii* being indicated for use in green firebreaks.

**Keywords:** green firebreak, Palicourea, Vochysia, Lavoisiera, forest fires.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1	Transferência de calor.....	3
2.2	Causas dos incêndios florestais.....	4
2.3	Consequências dos incêndios florestais.....	4
2.4	Proteção e Prevenção contra incêndios florestais.....	7
2.5	Incêndio eruptivo.....	9
2.6	Inflamabilidade.....	10
2.7	Inflamabilidade da vegetação.....	11
2.8	Plantas de baixa inflamabilidade.....	13
2.9	Plantas de alta inflamabilidade.....	14
2.10	Estudando a inflamabilidade de plantas.....	15
2.11	Aceiros verdes.....	18
2.12	Características foliares que afetam a inflamabilidade.....	20
2.12.1	Umidade.....	21
2.12.2	Voláteis e Carbono fixo.....	21
2.12.3	Espessura.....	22
2.12.4	Poder calorífico.....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1	Clima e tempo da área de estudo.....	23
3.2	Coleta de dados.....	24
3.3	Levantamento de campo.....	24
3.4	Coleta de amostras foliares.....	26
3.5	Análises de laboratório.....	27
3.5.1	Teor de umidade.....	27
3.5.2	Espessura, área e volume foliar.....	27
3.5.3	Análise imediata.....	28
3.5.4	Poder calorífico Superior.....	28
3.6	Análise Termogravimétrica e Calorimetria Diferencial.....	28
3.7	Combustão e Perda de massa.....	30
3.8	Análise dos dados.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1	Levantamento de plantas de baixa inflamabilidade em áreas queimadas.....	33
4.1.1	Espécies classificadas.....	33
4.1.2	Características botânicas e silvicultura das espécies classificadas.....	35
4.1.3	Espécies desclassificadas.....	36
4.2	Teor de Umidade.....	37
4.3	Dimensões foliares.....	39
4.4	Análise imediata.....	41
4.5	Poder Calorífico Superior.....	42
4.6	Análise Termogravimétrica e Calorimetria de Varredura Diferencial.....	43
4.7	Combustão e Perda de massa.....	47
4.8	Sobrevivência aos incêndios florestais.....	51
4.9	Inflamabilidade das espécies classificadas.....	52
4.	CONCLUSÕES.....	54
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
	APÊNDICES.....	64
A.	Gráficos de combustão, chamas e perda de massa.....	65
B.	Gráficos ATG/DSC.....	69
C.	Análises estatísticas dos dados.....	81
D.	Levantamento de Plantas de baixa inflamabilidade em área queimadas.....	104



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ensaios laboratoriais .....	30
Figura 2. Aparato para os ensaios de combustão das amostras:.....	31
Figura 3. <i>Vochysia thyrsoidea</i> ( $\pm 1,3$ m de altura) relativamente preservada .....	33
Figura 4. <i>Palicourea rigida</i> ( $\pm 90$ cm) relativamente preservada .....	34
Figura 5. <i>Lavoseiera bergii</i> ( $\pm 50$ cm) relativamente preservada do consumo das chamas .....	34
Figura 6. Ensaio de ATG/DSC de <i>V. thyrsoidea</i> , <i>P. rigida</i> , <i>L. Bergii</i> e <i>E. inflexa</i> .....	44
Figura 7. Perda de massa e temperatura em função do tempo e a presença de chamas .....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados do levantamento de espécies de baixa inflamabilidade em áreas queimadas.....	25
Tabela 2. Dados meteorológicos da região de coleta das amostras de folhas. ....	26
Tabela 3. Coordenadas de referências dos locais de coleta de amostras .....	27
Tabela 4. Relação entre cor da chama e temperatura. ....	32
Tabela 5. Resultado da análise de médias pelo teste “t” dos teores de umidade em base seca.....	37
Tabela 6. Médias das dimensões foliares das espécies com resultados do teste de t .....	39
Tabela 7. Médias de Voláteis, Cinzas e Carbono das espécies com resultados do teste de t.....	41
Tabela 8. Dados da AT e dTG com resultados do teste de t. ....	45
Tabela 9. Picos de Fluxo de Calor da DSC com resultados do teste de t.....	46
Tabela 10. Dados compilados dos ensaios no combustor com resultados do teste de t.....	49
Tabela 11. Principais características de inflamabilidade.....	53

## 1 INTRODUÇÃO

O Cerrado passa sazonalmente por uma estação seca e, no Distrito Federal, este período ocorre entre julho e setembro, em que praticamente não chove e é um período marcado por baixíssimas taxas de umidade relativa do ar. Isso, associado a altas temperaturas do ar e ventos fortes, potencializa as condições favoráveis para a ocorrência e propagação de incêndios florestais levando o fogo a consumir áreas cada vez maiores. Em determinados períodos, estas condições têm maior influência na ocorrência de incêndios, quando na dormência fenológica há maior taxa de evapotranspiração vegetal. Juntamente com as características climáticas e do relevo, propriedades vegetacionais podem contribuir para uma maior ou menor velocidade de propagação dos incêndios.

A diversidade florística da área e a densidade de ocorrência das diversas espécies constituem variáveis na propagação do fogo sobre a flora local. Portanto, características foliares como o teor de umidade, a constituição química e energética, a disposição e espessura, interferem diretamente na propagação do fogo na vegetação. Neste sentido, pode-se afirmar que o tipo de combustível é o principal potencializador ou retardador da propagação, visto que as outras variáveis são praticamente incontroláveis (clima, tempo e relevo). Desta forma, o conhecimento das características combustíveis da flora pode ser utilizado para a prevenção de incêndios florestais.

As técnicas contra propagação do fogo dentro da silvicultura preventiva objetivam interferir na continuidade, quantidade e a dos combustíveis florestais. Uma estratégia é a substituição da vegetação susceptível por espécies que possam inibir a propagação do fogo, implantadas perpendicularmente a direção dos ventos da seca, adjacentes a estradas e aceiros, servindo ainda como quebra-vento e cerca viva, constituindo-se como barreiras verdes. Plantas de baixa inflamabilidade são estudadas e usadas como mais uma ferramenta de gestão dos incêndios florestais em aceiros verdes.

Neste sentido, têm sido desenvolvidos trabalhos para identificar e indicar espécies vegetais com baixa inflamabilidade para o manejo contra incêndios florestais. Especialmente na interface urbano-florestal a gestão da paisagem sob risco de fogo deve incluir tais espécies de baixa inflamabilidade. Dessa forma, o estudo da inflamabilidade de plantas do Cerrado pode contribuir para prevenção contra incêndios florestais protegendo a vegetação da propagação do fogo.

### Objetivos:

- Levantamento de plantas de baixa inflamabilidade em áreas queimadas por incêndios florestais do cerrado.
- Estudo das características físicas que afetam a propagação do fogo sobre folhas das espécies levantadas em comparação com uma espécie de alta inflamabilidade.
- Indicar 3 espécies de plantas de baixa inflamabilidade de estratos diferentes classificadas para aceiros verdes .

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 *Transferência de calor*

Soares e Batista (2007) explicam que o fogo é o fenômeno físico-químico da combinação do oxigênio com um combustível, levando a produção de calor, luz e chama. Nos combustíveis florestais, essa combustão passa pelo pré-aquecimento (com a secagem, aquecimento e destilação), depois segue-se a combustão dos gases (os componentes voláteis decompostos incendeiam), por fim tem-se a incandescência (combustão do carbono com intensa liberação de calor).

Rodríguez (2010) cita que no incêndio florestal, o calor produzido pode ser transferido de quatro formas:

- a) Radiação- que se constitui como a principal forma de aquecimento dos combustíveis próximos às chamas, especialmente nas propagações superficiais. É a transferência de calor em todas as direções à velocidade da luz sem a necessidade de matéria condutora, podendo fazer o fogo “saltar” propagando-se nas adjacências. A intensidade do calor irradiado decresce com o quadrado da distância entre o foco e o objeto irradiado.
- b) Convecção- é a transferência de calor pelo movimento de gases aquecidos numa corrente ascendente e descendente. Pode propagar o fogo do solo à copa das árvores criando focos secundários.
- c) Condução- é a transferência de calor molécula à molécula dentro do combustível podendo utilizar de conectores para criar focos secundários pelo contato direto dos combustíveis. Causa pouca preocupação nos incêndios florestais, pois têm ação local restrita.
- d) Transporte de brasas faiscantes- Não é um processo termodinâmico, mas é crucial na propagação de incêndios florestais. Em determinadas condições, são formadas brasas que podem ser carregadas pela corrente de convecção ou por ventos fortes levando ao surgimento de focos secundários a grandes distâncias numa propagação errática do incêndio. Para combustíveis finos, é estabelecida uma umidade de 7 % no máximo para que se formem essas brasas faiscantes que podem propagar o foco até a 10 km (CONAF, 1995, *apud* RODRÍGUEZ, 2010). Essa transferência de calor produz a propagação do fogo causando o incêndio. A propagação é determinada pelas características do combustível, pelas condições meteorológicas e pela topografia (RODRÍGUEZ, 2010).

## **2.2 Causas dos incêndios florestais**

As causas determinantes dos incêndios florestais são naturais (como os raios), acidentais e antrópicas. Podem ser causados por acidentes como: centelhas em linhas de transmissão de eletricidade, centelhas de freios de locomotivas, e ainda combustões espontâneas em cargas de carvão. Mas as principais causas dos incêndios florestais são antrópicas por negligência quando pessoas perdem o controle ao queimarem lixo ou restos de podas, fogos de artifício e munições incendiária, ou ainda queimadas rurais que avançam sobre áreas não destinadas a queima (PEREIRA *et al.*, 2011).

Também pode ser de origem antrópica intencional por pessoas mal-intencionadas ou piromaníacos. Com isso, são necessárias diversas estratégias para o combate ao incêndio que é realizado pelo Corpo de Bombeiros Militar e por brigadistas do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente), ICMBio (Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade), IBRAM (Instituto Brasília Ambiental), e voluntários .

A grande maioria dos incêndios florestais ocorre em decorrência dos focos criados criminalmente ou de focos criados com a intenção de limpeza de uma área para agricultura que descontrolados alcançam proporções enormes. Lara *et al.* (2007) revelaram que as queimadas são a principal forma de manejo dos pastos em Cavalcante, GO, que muitas vezes fogem ao controle e avançam sobre áreas de floresta. Comprovaram que essa prática traz mais prejuízos econômicos, financeiros, sociais e ecológicos, que seus aparentes benefícios podem cobrir.

Silva (2012) concluiu que os incêndios no parque estadual de Pedra Azul- ES, foram criminosamente causados a partir de áreas externas. Curt *et al.* (2007) informaram que cerca da metade dos incêndios na interface urbano florestal são provenientes das margens de rodovias.

## **2.3 Consequências dos incêndios florestais**

Soares e Batista (2007), considerando os tipos de combustíveis e o clima, citam que os incêndios florestais podem causar danos: às árvores (pela mortalidade devido o aquecimento do câmbio vascular); ao solo (pela redução da matéria orgânica e erosão); ao caráter protetor da floresta (pela redução da infiltração); à resistência das árvores (pela

suscetibilidade à pragas e doenças); à fauna (pela redução de alimento, abrigo e até morte); ao aspecto recreativo da floresta (pela alteração do aspecto agradável); ao planejamento florestal (pela redução do rendimento sustentável da floresta); às propriedades (pela queima de prédios, veículos e estruturas); e à vida humana (pela morte de civis e bombeiros florestais).

Muitas são as causas da degradação de ambientes florestais, entre estas, uma das mais agressivas, especialmente no DF, é o incêndio florestal. Dependendo das condições, ele irá consumir toda a biota do sistema florestal e do solo, matando desde os micro-organismos do solo, invertebrados, a flora, até a macrofauna. Medeiros e Miranda (2005), em estudo no cerrado *sensu stricto* do DF, revelaram uma mortalidade de 73% da vegetação após três queimadas subsequentes, uma em cada ano.

Lopes *et al.* (2009) observaram uma diminuição na diversidade de espécies de uma área submetida frequentemente a queimadas em Goiás; porém, em uma área queimada e posteriormente protegida por muito tempo foi observado o aumento da diversidade e densidade florísticas. Souza (2010) em estudo na Reserva Ecológica do IBGE, corrobora a hipótese de que o regime frequente de incêndios mantém as características de savanas méxicas e úmidas nas áreas de cerrado, impedindo o progresso da sucessão. Estudos têm concluído que o fogo altera a composição de espécies pela mortalidade de propágulos e impedimento do recrutamento de diásporos de reprodução sexuada (SCHMIDT *et al.*, 2005).

Dados do INPE (2012) mostraram que em 2010 o bioma Cerrado foi o mais afetado no Brasil com mais de 2.036.000 Km<sup>2</sup> atingidos por mais de 112.000 focos de queimadas e incêndios (MORELLI, LAGDEN, 2012). Os incêndios florestais no Cerrado alcançam velocidades de quase 8 km/h (0,2 a 2,2m/s). Essa velocidade está diretamente relacionada com a temperatura, dias sem chuva e velocidade do vento, e inversamente relacionada com a espessura e umidade do combustível e a umidade relativa do ar. Dessa forma, ao propagar-se, pode alcançar uma intensidade da frente de chama de 19.900 kW/m, energia que devasta a comunidade vegetal (MIRANDA, 2010).

Os incêndios florestais no Brasil têm contribuído bastante para emissões de CO<sub>2</sub> para atmosfera que causam o aumento do efeito estufa e o aquecimento do planeta. Os incêndios florestais causam localmente poluição do ar, incêndios em veículos e edificações, fuga e morte da fauna, declínio fitofisionômico, até acidentes automobilísticos por falta de visibilidade nas estradas.

Os gases emitidos pelo incêndio florestal extrapolam os limites locais, causando impactos globais no efeito estufa e poluição (KRUG *et al.*, 2002). Já o Cerrado conservado absorve cerca de 2ton/ha/ano de CO<sub>2</sub> atmosférico e o estoca em forma de Carbono na biomassa. Hoje a atmosfera conta com o dobro de carbono do que tinha antes da revolução industrial, o que tem levado a um aumento na temperatura média do planeta com consequências catastróficas anunciadas (SCHENKEL *et al.*, 2002; KRUG *et al.*, 2002).

Além da destruição do ambiente florestal, os incêndios causam grande poluição atmosférica levando a um alto índice de acometimento por doenças respiratórias principalmente em crianças e idosos que podem até morrer. Castro *et al.* (2009) demonstraram um aumento de mortalidade entre idosos por doença pulmonar obstrutiva crônica e doenças do aparelho respiratório associadas ao aumento da poluição do ar causada por incêndios florestais em Rondônia, além de diminuir a visibilidade nas rodovias.

No caso do DF, apenas 7,44% da cobertura vegetal original está protegido em Unidades de Conservação (CSR/IBAMA, 2009). Anualmente, estas áreas sofrem com os impactos do fogo que destrói a vegetação e mata muitos animais, enquanto outros fogem para zonas urbanas causando transtornos ou acidentes como no caso de serpentes. Muitas destas estão rodeadas por áreas rurais com atividades agropecuárias, onde o preparo do solo para plantio ou na limpeza com a queima são causas de grandes incêndios que ameaçam a conservação da biodiversidade e dos processos ecológicos.

Tatagiba (2010) concluiu que muitos dos incêndios ocorridos em 11 anos no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros eram provenientes das bordas do parque, muitas vezes contíguas a queimadas de manejo agrícola. As perícias feitas pelo Corpo de Bombeiros do DF nos incêndios em Unidades de Conservação indicam que na maioria dos casos o foco inicial encontra-se nas margens do parque.

Portanto, as Unidades de Conservação, áreas degradadas em restauração, edificações, patrimônio florestal e outros bens a serem protegidos necessitam de alternativas mais eficazes na prevenção de incêndios florestais. A gestão de áreas com o uso de plantas de baixa inflamabilidade possibilita uma maior proteção, principalmente se a isso adicionarem um manejo sistemático dos combustíveis florestais e urbanos. Assim, poderia se evitar muitas das consequências ruins dos incêndios florestais e ajudar a sucessão ecológica na produção da estrutura vegetacional capaz de oferecer todos os serviços ambientais que necessitamos.

As plantas de baixa inflamabilidade em barreiras verdes podem contribuir para evitar ou retardar a propagação do fogo para o interior das Unidades de Conservação, proporcionando mais tempo para o combate devido à baixa velocidade de propagação de um incêndio sobre uma área devidamente gerida na proteção contra incêndios florestais.

#### ***2.4 Proteção e Prevenção contra incêndios florestais***

A gestão da inflamabilidade insere-se num conceito amplo que inclui sistemas e subsistemas de prevenção e extinção dos incêndios entre os quais se encontram as plantas de baixa inflamabilidade. Segundo a FAO (2007), “a proteção contra os incêndios florestais inclui todas as ações adotadas para limitar os efeitos adversos, de caráter ambiental, social, político, cultural e econômico, dos incêndios”.

Rodríguez (2010), relata a experiência bem-sucedida em Cuba na proteção contra os incêndios florestais que se baseou na adoção de medidas tais como:

- consolidação e divulgação dos índices de perigo de incêndios especialmente para regiões de alta periculosidade de ocorrência de incêndios;
- organização da cooperação entre instituições e comunidades;
- conscientização de que é melhor gastar com prevenção que com extinção;
- capacitação dos recursos humanos para atividade de proteção;
- mudança no paradigma de prevenção e combate para proteção e manejo do fogo;
- melhoria da performance das brigadas de combate; entre outras.

O incêndio ocorre por um descontrole do fogo e consome áreas não destinadas à queima, enquanto a queimada deve ser planejada e atingir somente o local previamente definido. A prevenção contra os incêndios florestais envolve todas as medidas de manejo do fogo, tratamento do combustível, ordenação e utilização florestal que podem traduzir-se na prevenção da ocorrência ou na redução da gravidade e propagação dos incêndios. Os objetivos da prevenção devem ser: evitar a ocorrência de incêndios e dificultar a propagação do fogo. Os princípios da prevenção são: eliminação ou redução das fontes de fogo de natureza humana e a eliminação ou redução das fontes de propagação (FAO, 2007).

No caso das fontes de natureza humana, deve-se buscar a educação para prevenção que passa pela sensibilização de todas as faixas etárias, especialmente escolares, para a importância dos ambientes naturais e os prejuízos causados pelo fogo nesses locais, bem



como, noções de prevenção. Pode-se realizar a divulgação das ações cotidianas causadoras de incêndios nos meios de comunicação social com estratégias publicitárias. De qualquer forma, a vigilância dissuasória é muito eficaz na prevenção, visto que afasta possíveis incendiários especialmente em unidades de conservação (RODRÍGUEZ, 2010).

A legislação complementa a prevenção contra as fontes de natureza humana, pois regula o uso do fogo de forma sustentável e impõe sanções aos infratores. Quando essa educação passa a compor os valores da comunidade, ações pessoais e institucionais passam a revelar um cuidado preventivo. Isso expressa-se por meio de publicidade preventiva, divulgação dos índices de perigo, construção de aceiros e barreiras verdes, aplicação das leis ambientais e consequente redução do risco de incêndio e da área queimada. Considerando a realidade local, campanhas educativas escolares podem ser efetivas para prevenção (SOARES e BATISTA, 2007).

Se a legislação prevê multas e sanções, elas devem ser aplicadas em tantas quantas vezes forem necessárias, sendo, portanto imperativo o aumento da vigilância. Mas no caso da agricultura popular, que tem práticas arraigadas no senso comum e de interesses imediatistas, a legislação pode não surtir efeito, sendo forçoso criar campanhas educativas de extensão florestal voltadas para preservação ambiental, pela redução dos incêndios causados por pessoas dessas comunidades (RODRÍGUEZ, 2010).

Haltenhoff (2006), cita as técnicas para o manejo do combustível:

- picagem e incorporação ao solo, viável em terrenos pouco acidentados;
- fitocidas, sendo necessário o translado;
- queimadas controladas, que também causam poluição e outros danos;
- barreiras verdes, recomendadas na borda de estradas e entre florestas e cidades;
- modificação da vegetação com podas e raleio e manejo dos resíduos;
- aceiros;
- manejo silvopastoril, pela inserção de gado para controle de gramíneas e herbáceas;
- retardantes de crescimento- produtos químicos inibidores reduzindo o combustível; e
- utilização dos combustíveis como lenha e carvão.

Koprosky (2010) ressaltou o fato de que uma gestão integral dos incêndios florestais no Cerrado deve considerar o regime de fogo como um componente ecológico desse ecossistema especialmente em unidades de conservação. Dessa forma, a permissão da

propagação dos incêndios naturais causados por raios pode trazer muitos benefícios à estabilidade das comunidades. E ainda, a queima controlada racionalizada no início da estação seca pode diminuir a intensidade e propagabilidade dos incêndios nos períodos mais críticos, preservando da morte muitas espécies da fauna e da flora. Assim, a tecnologia de barreiras verdes pode contribuir com a delimitação das áreas a serem queimadas especialmente na interface urbano-florestal.

### **2.5 Incêndio eruptivo**

Os incêndios eruptivos ocorrem pela liberação de voláteis biogênicos por plantas de alta inflamabilidade em determinadas condições. Espécies encontradas concentradas em regiões de vales e cânions que emitem esse tipo de moléculas ao serem submetidas a aquecimento, associadas a uma topografia acívosa, podem surpreender guarnições de combate rapidamente (segundos). O incêndio eruptivo gerado atinge o cume percorrendo uma grande distância de propagação numa velocidade espantosa. As espécies produtoras desses voláteis são acumuladoras de terpenóides e os produzem por meio de seu metabolismo secundário (BARDONI *et al.*, 2011).

O fenômeno começa com a concentração de espécies que produzem esses voláteis que podem acumular-se em regiões mais baixas. Quando aquecidas passam a liberar mais voláteis, que associados aos gases de pirólise tornam-se altamente inflamáveis. Condições topográficas e ventos favoráveis levam rapidamente o incêndio a grandes distâncias acive acima. Um incêndio desse tipo na França consumiu quase 6ha em menos de 1 minuto, com uma taxa de propagação de 5m/s (BARDONI *et al.*, 2011).

Zhao *et al.* (2012) estudaram a emissão de terpenóides provenientes das folhas e serapilheira de *Pinus sylvestris* na China com a técnica de Desorção Térmica - Cromatografia Gasosa - Espectrometria de Massa (TD-GC-MS). Eles concluíram que a emissão à temperatura ambiente é muito baixa, mas à 200°C tem um drástico aumento que pode provocar um incêndio eruptivo, especialmente se acumularem em topografias baixas. Incêndios assim têm vitimado bombeiros pelo mundo.

## 2.6 Inflamabilidade

A inflamabilidade é uma característica da matéria em combustão. A combustão inicia-se com uma fonte de calor que aciona uma reação química no combustível com a participação do comburente (Oxigênio presente no ar). Então, dá-se o aumento de temperatura e conseqüente liberação de calor, desestabilizando a matéria. Assim, ocorre a decomposição térmica pela quebra das moléculas em partículas menores, iniciando a pirólise. Portanto, o combustível passa para o estado gasoso antes da ignição. Os gases combustíveis despreendidos durante a pirólise influenciam sobremaneira o comportamento da queima, ao reagirem com o Oxigênio produzindo as chamas (CARVALHO *et al.*, 2006).

A intensidade da queima depende da combinação entre os gases combustíveis, Oxigênio e quantidade de calor. A chama é obtida pela inflamação dos gases de pirólise. Se a temperatura no material combustível e os gases de pirólise não forem suficientes para manterem a combustão e as chamas, tem-se o fulgor. A ignição é atingida quando mesmo retirada a fonte de ignição, as chamas se mantêm. A umidade do combustível determina a disponibilidade do combustível para queima e seu consumo, pois a água absorve o calor liberado pela combustão. (CARVALHO *et al.*, 2006).

O ponto de inflamação é a temperatura na qual o combustível emite gases que formam chamas em contato com um agente ígneo. Nos combustíveis vegetais o aquecimento inicia a secagem com liberação de vapor, depois vaporização dos óleos essenciais, das resinas e hidrocarbonetos constituindo os gases de pirólise, tendo o primeiro ponto de inflamação (RODRÍGUEZ, 2010).

A facilidade de ignição e propagação do fogo é determinada pela temperatura, tempo de exposição e características do combustível. O início da combustão no "ponto de ignição" ou "ponto de inflamação/inflamabilidade" varia entre 220 e 298°C. Muitos acreditam que cigarros acessos podem dar origem a incêndios ao caírem em gramíneas finas e muito secas. Mas elas precisam de fontes ígneas de mais de 130°C, que em geral, os cigarros não atingem, ficando entre 50 e 110°C. Alguns cigarros que atingem 120°C têm maior probabilidade de inflamar essas gramíneas. Já os fósforos acessos, que atingem 250°C, podem iniciar rapidamente um incêndio em combustíveis finos e secos (RODRÍGUEZ, 2010).

A inflamabilidade pode ser definida como o tempo para aparecimento das chamas num combustível exposto a uma radiação térmica constante. Isso proporciona a transferência

de calor entre as superfícies circundantes e a propagação do fogo, diretamente proporcionais ao poder calorífico do combustível em função de sua composição (RODRÍGUEZ, 2010). Portanto, a inflamabilidade refere-se à propagação do fogo na vegetação em função das características de superfície e dos gases volatilizados com o aumento de temperatura por terem um ponto de inflamabilidade menor.

## **2.7 Inflamabilidade da vegetação**

Anderson (1970) e Martin *et al.* (1994) conceituaram a inflamabilidade da vegetação considerando quatro fatores: inflamabilidade, sustentabilidade, combustibilidade e a consumabilidade. A inflamabilidade é o tempo necessário para a ignição após a exposição a fonte de calor. A sustentabilidade é a capacidade de manter a queima mesmo retirada a fonte de calor e está relacionada com a taxa de propagação do fogo. A combustibilidade é a taxa de queima após a ignição, velocidade de queima que está relacionada a intensidade do fogo. A consumabilidade é a medida da quantidade (massa ou volume) de vegetação consumida pelo fogo.

Gill e Zylstra (2005) consideraram a inflamabilidade da vegetação composta por: ignitabilidade (como tempo necessário para aparecimento de chamas no combustível exposto a fonte de ignição); sustentabilidade (por quanto tempo perduram as chamas); e combustibilidade (taxa de queima- massa perdida em queima flamejante por tempo). Esses componentes são afetados pelas características das espécies e comunidades vegetais, além de variáveis ambientais.

Eles indicaram como principais fatores que afetam a inflamabilidade das espécies vegetais a composição química (lignina, água, sais minerais e voláteis), proporção entre área e volume da copa, densidade da copa, arquitetura da planta, quantidade de material morto e vivo nas copas, e quantidade de material morto na planta e no terreno (GILL e ZYLSTRA, 2005). Para que um incêndio florestal superficial se propague, deve existir mais de 1,2 ton/ha de material combustível fino e seco disponível na área. São mais perigosos os materiais secos com menos de 1 cm de diâmetro. (SOARES, BATISTA, 2007).

Martin *et al.* (1994) consideram que a inflamabilidade de um ecossistema é reflexo da inflamabilidade de plantas individuais. O combustível disponível para propagação dos incêndios florestais no Cerrado é composto principalmente pelas folhas por apresentarem

uma baixa espessura. Miranda *et al.* (2010) apresentaram como biomassa suscetível a combustão no Cerrado as folhas e ramos com menos de 6 mm de espessura. O arranjo das folhas afeta diretamente a propagação, pela continuidade que controla a direção e velocidade, pela densidade que afeta a disponibilidade de ar, e pela distribuição vertical que controla a propagação para as copas. (SOARES, BATISTA, 2007).

As folhas são também as principais responsáveis pela velocidade de propagação dos incêndios florestais que chega a 7,9 Km/h, variando conforme condições ambientais e dos combustíveis disponíveis. Para fisionomias mais abertas a intensidade da frente de fogo pode chegar a 16.394 KW/m. A biomassa suscetível a combustão no cerrado pode chegar a 1 Mg/ha sendo até 94% composta por gramíneas que são quase totalmente consumidas pelas chamas (MUNHOZ; AMARAL, 2010). Dessa forma, as gramíneas contribuem severamente para propagação dos incêndios florestais, sendo, portanto, consideradas de altíssima inflamabilidade.

A temperatura de 327,85 °C (600K) é necessária para o aparecimento de chamas sustentáveis nos gases de pirólise, para combustão da vegetação. Como essa temperatura é muito maior que o ponto de ebulição da água, qualquer umidade precisa ser expulsa pelas camadas mais superficiais das folhas antes da ignição. Quanto maior a umidade mais tempo e calor são necessários para secagem. Portanto, a propagação do fogo sobre comunidades verdes só ocorre se houver muitas plantas secas ou mortas. A pluma de fumaça revela ao longe a energia envolvida no incêndio. Se mais clara demonstra menor quantidade de calor, e quanto mais negra maior é a intensidade das chamas (ALBINI, 1992).

No cerrado a carga de combustível disponível para queima são as folhas e ramos mais finos de até 6 mm de espessura. Dessa forma, a carga de combustível até 2m de altura (média da altura das chamas) varia entre 6 e 12 Mg/ha, sendo composta no campo sujo por cerca de 70% de graminóides. A fitofisionomia campo limpo apresenta carga de combustível com 93% de graminóides e quando incendiados perdem 97% da biomassa (MIRANDA *et al.*, 2010).

Já no cerrado *sensu stricto* a carga de incêndio (material combustível) apresenta 27% de graminóides e 80% da biomassa é consumida num incêndio. Nessa fitofisionomia, um ano após a queima 65% da biomassa é recomposta (MIRANDA *et al.*, 2010). Nas savanas a ampla cobertura graminóide, de baixa umidade e aerada, na estação seca tem um grande acúmulo de biomassa morta e seca, torna-a altamente inflamável (Neves *et al.*, 2011).

Em um trabalho desenvolvido por Castro e Kaufman (1998) foi verificado um consumo de 92% e da biomassa acima do solo no campo limpo e 84% no campo sujo. Árvores e arbustos altos foram pouco afetados pelo fogo no cerrado ralo com consumo de 54% e cerrado denso, 33%. A biomassa total consumida pelo fogo variou de 5,0 Mg/ha em campo limpo até 13,5 Mg/ha em cerrado ralo. (CASTRO e KAUFMAN, 1998). Curt *et al.* (2007) estudando os princípios de incêndios florestais ocorridos nas margens das estradas francesas, com objetivo de munir de informações os gestores de proteção contra os incêndios florestais, apontaram para a importância dos tipos de vegetação afetando diretamente a propagação do fogo.

Onigemo (2007) referenciou que a umidade do combustível morto (ramos secos, árvores e arbustos mortos) está diretamente relacionada com a umidade do ar. Quanto maior a umidade do material vegetal, menor a facilidade que este tem de transformar-se em combustão. Por outro lado, se o ar é seco, a combustão é mais rápida, porque absorve o vapor de água liberado pelo combustível.

Na umidade de extinção, o fogo não se propaga. O fogo só começa e espalha quando o conteúdo de umidade do material está próximo ou abaixo de determinado valor limiar. Esse valor é a umidade de extinção que depende da compactação do combustível, da altura, tamanho, velocidade do vento e inclinação. Quando as condições são favoráveis para queima, seu efeito sobre a disseminação e intensidade do fogo é baixo. Mas quando as condições para queima são precárias, a umidade de extinção pode causar mudanças significativas na propagação do fogo (ONIGEMO, 2007).

## **2.8 Plantas de baixa inflamabilidade**

Plantas de baixa inflamabilidade são tolerantes a seca e sem desfolha no inverno, apresentam alta enervação das folhas (indicando abundante transporte de água), um alto teor de umidade, não são resinosas, oleosas ou cerosas. Ainda apresentam menor acúmulo de detritos e galhos mortos, têm padrão de ramificação solto, são resistentes à seca e por isto queimam lentamente e com menor intensidade e, portanto, são indicadas para uso em aceiros verdes. As características que afetam a inflamabilidade são a composição química (lignina, água, sais minerais e voláteis), a proporção entre área e volume da copa, a densidade, a

arquitetura da planta, a quantidade de material morto e vivo nas copas, e o material morto na planta e no terreno. (BATISTA, BIONDI, 2009).

White e Zipperer (2010) referem ao teor de umidade como um fator preponderante para inflamabilidade por aumentar a capacidade térmica do tecido e inibir o ardor da combustão. Indicaram ainda os estudos de outros pesquisadores que tratam o conteúdo mineral e o teor de voláteis como características que influenciam diretamente a inflamabilidade. Albini (1980), Bilbao *et al.* (1996), Gill e Moore (1996), Etlinger e Beall (2004) e Alessio *et al.* (2008) sugerem que a metodologia em estudos de inflamabilidade deve incluir medições antes, durante e depois dos testes de fogo. Medidas antes do teste incluíram atributos físicos: volume, área, massa, razão superfície/volume, espessura e teor de umidade.

White *et al.* (1996) propuseram o uso de plantas de baixa inflamabilidade como parte da solução para um grande problema nos Estados Unidos que é a destruição de casas na interface urbano florestal.

## ***2.9 Plantas de alta inflamabilidade***

Espécies vegetais caracterizadas como de alta inflamabilidade apresentam muitos óleos essenciais, alto teor de materiais voláteis, folhas secas presas aos ramos no auge do período seco. As gramíneas são classicamente referenciadas como tendo uma alta inflamabilidade. Nas savanas, ocupam áreas consideravelmente grandes. Sua fitofenologia expressa sazonalmente uma dormência no período de estiagem levando a secagem das folhas e de toda parte aérea. Isso contribui para um aumento significativo de sua inflamabilidade culminando em uma potencial propagação dos incêndios. No entanto, perde-se em torno de 90% da fitomassa aérea pela queimada (ONIGEMO, 2007).

Friederici (2013) considerou como a árvore de fogo, o *Pinus ponderosa*, que tem várias características que o ajudam a sobreviver aos incêndios mesmo tendo alta inflamabilidade. Raízes profundas e a casca grossa protegem árvores maduras de danos causados pelo calor, ao passo que seus ramos altos mantêm as acículas longe das chamas. *Pinus laricio* e *Cistus monspeliensis* (arbusto ornamental) apresentaram, no estudo de Bardoni *et al.* (2011), uma grande capacidade de liberação de voláteis oferecendo risco a guarnições de combate. Para *P. laricio*, encontraram emissões eruptivas a partir de 80°C.

Gauteaume *et al.* (2013), avaliando a inflamabilidade de espécies ornamentais utilizadas para cercas vivas na França, alertam para 3 espécies que não devem ser utilizadas no paisagismo próximo às casas na interface urbano-florestal (*Phyllostachys* sp. *Photinia fraseri*, *Cupressus sempervirens*). Randal *et al.* (2012) sugerem como alternativa às gramíneas, para cobertura de solo num paisagismo protetivo, *Helianthus debilis* por sua baixa inflamabilidade, alta eficiência na retenção de água e baixa necessidade de manutenção com um aspecto paisagístico agradável.

Nepstad *et al.* (1999) em seu livro sobre incêndios florestais na Amazônia, esclarece que quanto maior a frequência dos incêndios, maior se torna a inflamabilidade da floresta, pois há uma substituição das espécies por aumento na densidade de gramíneas, sob risco de uma savanização da floresta. Um paralelo entre os incêndios amazônicos e nas matas de galeria do Cerrado pode ser traçado, pois ambos são ambientes florestais. Nesses locais, o incêndio tem dificuldades para entrar devido à alta umidade, mas quando um fogo avança em geral irá consumindo a serapilheira úmida de forma lenta (NEPSTAD *et al.*, 1999).

Como as espécies características desses ambientes não têm as adaptações de resiliência ao fogo, suas cascas finas são afetadas pelas chamas e suas folhas não resistem ao calor e a fumaça. Logo, tem-se uma alta mortalidade e abscisão foliar e até a morte do indivíduo. Com isso, em pouco tempo, há uma grande disponibilidade de luz e calor no chão favorecendo ainda mais a secagem dos combustíveis mortos e o aparecimento de gramíneas e plantas propagadoras do fogo (NEPSTAD *et al.*, 1999). Numa gestão estratégica da inflamabilidade florestal, as barreiras verdes podem ser utilizadas para reforçar a proteção das matas evitando a entrada degradante dos incêndios.

### **2.10 Estudando a inflamabilidade de plantas**

Vários países contam com inúmeras publicações científicas acerca da proteção contra incêndios florestais. Uma das linhas de pesquisa em franco desenvolvimento é a de plantas de baixa inflamabilidade, em que se busca assegurar que determinada espécie vegetal tem uma inflamabilidade menor que outras e por isso é mais indicada para o manejo contra incêndios florestais em barreiras verdes.

Nas observações em campo, o Serviço Florestal Americano (SC, 2005) sugere observar espécies que queimam lentamente e menos intensamente, plantas com caules e folhas não resinosas, oleosas ou cerosas; um alto teor de umidade; plantas suculentas,



espécies com menos acúmulo de detritos e galhos mortos, padrão de ramificação solto. Essas plantas devem ser resistentes à seca, necessitando de menos irrigação durante o estabelecimento. Long *et al.* (2006) analisaram a classificação da inflamabilidade de plantas através de observações de campo por profissionais do fogo experientes. Chegaram a mudar a classificação de algumas plantas, confirmando as alterações por meio de testes em laboratório.

Nestes testes, a inflamabilidade foi quantificada com base no tempo de ignição independente. A sustentabilidade foi o intervalo de tempo após a ignição independente até o final das chamas de combustão. Testes foram filmados para validar a medição de intervalos de tempo. A combustibilidade foi medida pelo pico da taxa de liberação de calor e pela energia total liberada. A altura máxima da chama também foi registrada como uma medida de combustibilidade. A consumibilidade foi medida com uma comparação espacial entre o volume de copa inicial e o volume da copa remanescente após a combustão. Para tanto, a mudança na cobertura foi estimada pela comparação das imagens fotográficas antes e após o teste de fogo (LONG *et al.*, 2006).

Gill e Moore (1996) escolheram folhas ou similares de 50 espécies representativas de suculentas, de alto conteúdo mineral. Da coleta até os ensaios laboratoriais, tomaram os devidos cuidados para evitar a perda de umidade. Fizeram medições de área, volume, espessura antes da secagem em estufa a 95°C por pelo menos 22 h. Utilizaram amostras secas e frescas para os testes de ignitabilidade na mufla a 400°C e uma faísca elétrica era ativada dentro do forno até que a ignição ocorresse (tempo de atraso da ignição). Algumas folhas inflamaram-se rápida e intensamente enquanto outras eram difíceis de inflamar. Os resultados apontaram para alta significância de apenas duas variáveis: teor de umidade e área de superfície em relação ao volume (GIL e MOORE, 1996).

A termogravimetria (TG) é a técnica que mostra a perda de massa em função da temperatura. Para isso, utiliza-se um equipamento que mede a massa de uma pequena amostra aquecida a uma taxa constante ou até uma determinada temperatura. Essa técnica gera uma curva (ATG) da perda de massa (%) em função do aumento da temperatura. Já a DTG é a técnica da primeira derivada da perda de massa em função da temperatura. Pela DTG obtêm-se os picos onde há maior perda de massa em função da temperatura, facilitando a análise do pico de temperatura em relação à perda de massa. (ZHANG *et al.*, 2011).

Liidakis *et al.* (2008) desenvolveram uma metodologia para avaliar a inflamabilidade de espécies florestais utilizando o equipamento termogravímetro. Para isso, durante o período de seca, coletou-se folhas maduras de espécies representativas das florestas gregas que sofrem com os incêndios. Essas folhas foram trituradas e prensadas em pelotas e submetidas a termogravimetria.

A ATG (análise termo gravimétrica) tem sido apontada como alternativa viável nos estudos de inflamabilidade por possuir vantagens como homogeneidade da amostra, ambiente totalmente controlado, com isso as diferenças podem ser atribuídas a constituição química evitando variações ambientais, propiciando ainda alta reprodutibilidade. A secagem, decomposição dos voláteis, hemicelulose, celulose e lignina pode ser associada com diferentes intervalos dos gráficos de análise térmica ATG. A porcentagem de perda de massa entre 300° a 400°C está associada com a degradação da celulose liberando gases voláteis. Quanto maior esse valor mais inflamável é a amostra. (WHITE e ZIPPERER, 2010; ZHANG *et al.*, 2011)

Zhang *et al.* (2011) objetivaram avaliar a inflamabilidade de 10 espécies de gramíneas comuns da pradaria de planície chinesa que constantemente passa por incêndios. Para tanto utilizaram análise de TG- DTG. A perda de massa foi considerada importante para os estudos de modelagem e risco de incêndios. Das curvas de DTG priorizaram os picos de evaporação da umidade e dois picos da degradação térmica oxidativa. Desses picos, foi calculado um índice integrado de inflamabilidade e as espécies foram ranqueadas.

Para tanto utilizaram a seguinte metodologia: caracterização da área de coleta e sua carga de combustível, secaram as amostras a 60°C por 24h, depois foram moídas de 0,3 a 0,5 mm, e puseram 3 a 5mg em cada cadinho de Al do termogravímetro para ATG-DTG. Na ATG utilizaram um fluxo de ar de 50 l/min e rampa de aquecimento linear 10°C/min de 30 a 600°C. Fizeram ensaios com três repetições, obtendo um desvio padrão médio de 2 a 6% para cada espécie. Utilizaram a temperatura de “*onset*” (início) que corresponde ao início da pirólise oxidativa (início da maior perda de massa) para caracterizar a inflamabilidade. Depois utilizaram a Bomba calorimétrica a oxigênio para medição do calor de combustão (ZHANG *et al.*, 2011).

O Fluxo de calor é a transferência de energia térmica que se expressa pela taxa de transferência de calor por unidade de área normal à direção da transferência de calor,

conforme a equação do fluxo de calor médio- $q = (Q \cdot \Delta t) / A$ , em que:  $Q$  - quantidade de calor transferido durante um processo em J;  $\Delta t$ - variação do tempo em s; e  $A$ - área sobre a qual incide o calor em  $\text{cm}^2$  (ÇENGEL *et al.*, 2012).

A calorimetria diferencial por varredura (DSC) é a técnica na qual a energia (fluxo de calor) é medida em função do tempo/ temperatura programada em uma atmosfera controlada, pela diferença entre a amostra e a referência. Leroy *et al.* (2006) coletaram partes aéreas de espécies de interesse para o manejo dos incêndios florestais na França e submeteram as amostras a ensaios de TGA e DSC.

A análise laboratorial da inflamabilidade de plantas tem sido consagrada pela medição da taxa de liberação de calor pelo calorímetro de cone, que usa o consumo de oxigênio para obter a taxa liberação de calor (BABRAUSKAS, 1988). Núñez-Regueira *et al.* (1996) utilizaram o calorímetro de bomba estática na metodologia para determinar os valores caloríficos e a inflamabilidade de espécies florestais na Espanha.

### **2.11 Aceiros verdes**

Pereira *et al.* (2007) abordou técnicas de prevenção da propagação do fogo dentro da silvicultura preventiva objetivando interferir na continuidade, quantidade e qualidade dos combustíveis florestais. Uma estratégia é a conversão da vegetação susceptível por espécies que possam inibir a propagação do fogo, implantadas perpendicularmente a direção dos ventos da seca adjacentes a estradas e aceiros. Estes aceiros verdes servem ainda como quebra-vento e cerca viva.

Medeiros e Fiedler (2004) observaram que os aceiros têm diminuído a velocidade e o avanço dos incêndios no Parque Nacional Serra da Canastra. Associados aos aceiros, eles propõem o sistema de detecção e comunicação precoces, além da educação ambiental com visitas e palestras como estratégias para prevenção dos incêndios. Outra vantagem é que as trilhas podem ser enriquecidas com o aceiro verde aumentando a malha de proteção e diminuindo a erosão.

Os aceiros baseiam-se no princípio da quebra de continuidade do material combustível no sentido horizontal e vertical em relação à superfície terrestre. Aceiro (ou barreira) verde é uma técnica de prevenção da propagação do fogo, para impedir ou reduzir a velocidade e a intensidade das chamas, evitando também que alcance as copas. Consiste no “plantio de uma faixa de vegetação com espécies de baixa inflamabilidade, que por suas

características, ofereçam resistência à propagação do fogo”, principalmente pelo conteúdo de umidade. O objetivo é mudar o comportamento do fogo na transição com a vegetação a proteger, servindo como suporte para ações de combate e queima controlada (BATISTA, BIONDI, 2009).

Tian *et al.* (2007) informam que no sul da China aceiros verdes têm sido feitos com a plantação de árvores de folhas largas (como *Schima superba*) sobre aceiros tradicionais (remoção da vegetação até deixar o solo mineral) sombreando-os. Servem ainda para o controle das linhas de fogo e áreas mais propícias ao combate. Eles testaram a eficácia do aceiro verde como barreira à propagação de um incêndio que atingiu as copas com intensidade de até 28,379 kw/m e 8,5 m de altura. Isso levou a queima apenas da primeira fila das 6, de *Schima superba* com 13 anos de idade.

Ribeiro *et al.* (2007) testaram a inflamabilidade de muitas espécies para aceiro verde sob uma linha de transmissão de energia elétrica. Entre elas, sanção do campo e hibisco foram as melhores em barrar o fogo com características que favorecem sua implantação para tal fim.

Morrow (1993) propõe um design para proteção contra o fogo por meio de “quebra-vento resistente ao fogo” a ser implantado contra o setor de perigo de fogo. Ela indica plantas de casca lisa, suculentas, retentoras de água e caducifólias. A troca de folhas deve ocorrer no início das chuvas, para não servirem de combustível, sendo logo decompostas. As árvores para a barreira verde devem proporcionar bastante sombra a fim de evitar o desenvolvimento do estrato herbáceo. Mollison (1998) sugere as plantas carnudas e leitosas como retardatárias do fogo.

O Instituto de Pesquisa Florestal de Ghana (*Forestry Research Institute of Ghana*, 2003) estudou a problemática dos incêndios desse país e apontou a tecnologia de aceiros verdes como a melhor alternativa de barreira contra propagação dos incêndios. Esses aceiros foram implantados pelas comunidades locais para proteção de reservas contra o risco de fogo. Avaliações de campo mostraram a espécie *Cassia siamea* como uma planta de baixa inflamabilidade, não indicada para áreas naturais, devido sua natureza invasiva.

Toscano *et al.* (1997) conseguiram bons resultados na proteção contra o fogo com cercas vivas plantadas de estacas de espécies de fácil propagação, adaptadas as condições edafoclimáticas, com alta capacidade de rebrotamento, rápido crescimento, resistentes ao fogo e de múltiplos usos. No caso de árvores, estas devem evitar a entrada da luz diretamente

no solo, dificultando, desta forma, o alastramento do extrato graminoso. Assim sendo, o plantio com estacas de mais de 1,5 m favorece a funcionalidade dos aceiros verdes de espécies de baixa combustibilidade.

Zahawi e Holl (2009) concluíram que a propagação por estaquia deve ser uma técnica mais utilizada na restauração ecológica (associada ao plantio de mudas), pois obtiveram resultados comprovando seu rápido desenvolvimento e baixo custo. A estaquia oferece a vantagem de um desenvolvimento livre da competição com gramíneas e maiores resistências ao fogo.

Os aceiros verdes devem ser estrategicamente implantados para proteger ativos sob risco de fogo. Para isso, deve-se considerar a topografia, a insolação, o solo, a direção do vento predominante entre outros parâmetros, especialmente a inflamabilidade das espécies que o comporão. Com o objetivo de evitar o incêndio de copa e facilitar o combate e a supressão do fogo, o aceiro verde deve reduzir a intensidade das chamas e evitar a propagação (BATISTA *et al.*, 2012).

Os aceiros verdes vêm sendo utilizados na China desde 1950 principalmente com as espécies *Schima superba*, *Camellia oleifera* e *Myria rubra*. Com uma boa gestão na proteção contra incêndios, o sul da China conseguiu índices de até 93% na redução da área queimada. Comparado com aceiros negros e tradicionais, eles podem reduzir a erosão, doenças, com vantagens econômicas e ecológicas. Eles são locados em cumes de morros e bordas das florestas de maior risco, plantando-se *Schima wallichii* num espaçamento de 1 x 1m com 10 a 25m de largura. Depois do fechamento das copas pode-se empregar o raleio, mantendo o sombreamento que evita ervas heliófilas (CUI, 2007).

### **2.12 Características foliares que afetam a inflamabilidade**

Num incêndio florestal, a parte da planta que contribui mais para propagação do fogo é a folha. Portanto, esse estudo concentra-se em características foliares relacionadas à inflamabilidade.

### **2.12.1 Umidade**

O teor de umidade é determinante da inflamabilidade dos combustíveis vegetais e, por isto, as plantas mortas têm menor estabilidade em função da baixa umidade em comparação à planta verde e, dependendo das condições ambientais, propiciam maior propagação do fogo em incêndios de baixa intensidade. Somente incêndios de média a alta intensidade podem consumir as plantas vivas até 7 cm de diâmetro que geralmente apresentam umidade de 75 a 150% de seu peso seco. A umidade foliar em geral vai de 300% na folhagem a 50% na senescência (RODRÍGUEZ, 2011; SOARES, BATISTA, 2007).

A umidade foliar é reflexo das condições climático-atmosféricas e da fisiologia da planta. A chuva, a umidade relativa e a temperatura do ar, o vento e a radiação solar são fatores que levam a secagem. Dessa forma, o material vivo tem maior estabilidade de umidade que o morto. Boa parte do calor da combustão, antes de inflamar os combustíveis, será necessária para vaporizar a água existente no combustível. O vapor d'água resultante reduzirá o oxigênio próximo ao combustível diminuindo a combustão dos gases inflamáveis (SOARES, BATISTA, 2007).

### **2.12.2 Voláteis e Carbono fixo**

Depois da secagem, as superfícies foliares sob efeito do calor liberam gases inflamáveis que aceleram as chamas. As essências, óleos, resinas e outros metabólitos vegetais são liberados naturalmente principalmente na floração e quando aquecidos liberam vapores de baixo ponto de inflamação. O Anetol de anis volatiliza a 35°C, o Cineol dos eucaliptos volatiliza a 40°C, com mais de 40°C as colônias se volatilizam nos pinos. Estes vapores altamente inflamáveis dispõem constantemente suas espécies ao fogo, basta um agente ígneo (RODRÍGUEZ, 2010).

A umidade do tecido, os gases voláteis e a superfície vegetal condicionam a inflamabilidade. *Tamarix aphylla* é uma espécie de muito baixa inflamabilidade e possui alto teor de sais minerais que estão envolvidos na retenção dos gases inflamáveis constituindo um inibidor da ignição (RODRÍGUEZ, 2010). Portanto, os teores de voláteis e cinzas são importantes componentes da inflamabilidade. O teor de Carbono fixo é obtido subtraindo-se de 100 a soma dos teores de voláteis e de cinzas.

O pré-aquecimento, a combustão dos gases, e a combustão do Carbono fixo constituem as três fases que se sobrepõem no desenvolvimento do incêndio florestal. No pré-aquecimento, da temperatura ambiente até 200°C, ocorre a secagem pela eliminação de vapor de água e inicia a pirólise dos combustíveis próximos às chamas até cerca de 260 a 400°C que é a temperatura de inflamação para os combustíveis florestais. O tempo transcorrido para isso dependerá das espécies envolvidas (umidade, maturação, espessura). O estágio de maturação envolve o teor umidade, os tecidos vegetais e seus compostos, e a senescência foliar. (RODRÍGUEZ, 2010). Bardoni *et al.* (2011) estudaram os voláteis biogênicos que são inflamáveis a relativamente baixas temperaturas 50- 200°C.

### **2.12.3 Espessura**

A espessura foliar interfere diretamente no tempo para liberação do vapor de água e dos gases combustíveis que têm uma distância a percorrer do mesófilo para superfície. O fluxo de gases da pirólise é iniciado pela decomposição da hemicelulose, seguido da celulose e depois da lignina que em contato com o Oxigênio do ar formam as chamas. Iniciando a segunda fase, as chamas consomem os gases pirolisados aumentando-se a temperatura até uns 1.300°C, ainda sem combustão dos sólidos. Em geral, os incêndios florestais atingem 800°C. Com o início da incandescência, temos a combustão do Carbono com intensa liberação de calor (cerca de 35% do processo da combustão) e poucas chamas, restando as cinzas (RODRÍGUEZ, 2010).

Quanto maior a inervação foliar, maior a espessura e maior é a quantidade de água que passa pela folha (TIAN *et al.*, 2007). Hull *et al.* (2012) explicaram que folhas finas secam rapidamente e logo se inflamam, enquanto folhas grossas guardam mais água e demoram mais para aquecer e se inflamar. Ele explica ainda que a caducifolia pode favorecer a baixa inflamabilidade, porque a planta não retém folhas mortas.

### **2.12.4 Poder calorífico**

O calor de combustão é a efetiva liberação de calor pela queima total de uma unidade de massa. O comportamento das chamas no incêndio está relacionado com a umidade do combustível, determinando a disponibilidade do combustível para queima e seu consumo,

pois gasta-se calor para a retirada da umidade durante a combustão. (MARTIN *et al.*, 1994). O calor de combustão varia também com o teor de umidade, então sabendo o poder calorífico superior do material seco (determinado numa bomba calorimétrica adiabática) e o teor de umidade pode-se calcular o calor envolvido na combustão do material úmido pela equação de Soares (1985):  $H_w = H_d \{ [100 - (U/7)] / (100 + U) \}$  onde:  $H_w$  = Calor de combustão do material úmido (kcal/kg);  $H_d$  = Poder Calorífico Superior do material seco (kcal/kg); e  $U$  = Teor de umidade do material (%) (base seca).

O poder calorífico das folhas de espécies florestais estudadas ficou entre 3.495 e 8.400 cal/g. As resinas e óleos vegetais, por terem um maior conteúdo energético que a celulose, definem um maior calor de combustão. Dessa forma, as coníferas geralmente têm maior poder calorífico e outras espécies que possuem óleos essenciais (RODRÍGUEZ, 2010; SOARES, BATISTA, 2007).

Williamson e Agee (2002) descobriram que o poder calorífico não varia muito nas espécies de coníferas (médias de  $4904 \pm 14$  cal/g), mas as variações no teor de cinzas afetam muito o poder calorífico. Núñez-Regueira *et al.* (2002) estudaram a inflamabilidade e poder calorífico de espécies arbustivas que causam o princípio de muitos incêndios na Galícia, concluíram que o poder calorífico superior varia muito pouco ao longo das estações.

Os ensaios na bomba calorimétrica de oxigênio promovem uma combustão completa da amostra fornecendo seu poder calorífico. Vários autores estudaram a inflamabilidade a partir de ensaios de poder calorífico. Behm (2003) encontrou poderes caloríficos de folhas de pinheiros variando entre 4638 até 5130 cal/g. Dimitrakopoulos e Panov (2001) obtiveram poderes caloríficos de 4419 até 5637 cal/g num estudo de folhas e ramos de 21 espécies. Dimitrakopoulos *et al.* (2011) obtiveram índices de inflamabilidade utilizando mufla e bomba calorimétrica de oxigênio segundo a norma ISO N° 5657-1986E.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 *Clima e tempo da área de estudo*

O clima predominante no Distrito Federal é o Tropical Sazonal, de inverno seco. A temperatura média anual é de 22,5 °C, médias mensais com pequena estacionalidade. A precipitação média anual varia entre 1200 e 1800 mm. No período de maio a setembro, os índices pluviométricos mensais reduzem-se bastante e a umidade relativa do ar permanece



muito baixa, podendo ocorrer secas prolongadas (CSR/ IBAMA, 2009). O clima das áreas de levantamento e coleta são coincidentes com o clima de todo DF: Estação chuvosa começando em setembro ou outubro até abril ou maio, período que concentra 75% da precipitação; já a seca tem auge em agosto. As temperaturas mais altas são registradas em setembro, chegando a 27 °C, quando a umidade relativa do ar chega a 10% (IBGE, 2004). Nos meses de estiagem no Cerrado, associado a baixa umidade relativa do ar temos os ventos fortes. Isso potencializa a propagação dos incêndios por distâncias e velocidades maiores.

Agosto é o período com maior concentração dos incêndios florestais no DF, segundo estatística do Corpo de Bombeiros (CARVALHO *et al.*, 2006), devido à seca associada com fortes ventos. Velocidade do vento, temperatura máxima, umidade relativa mínima, precipitação acumulada e dias sem chuvas são as variáveis meteorológicas potencializadoras da propagação dos incêndios florestais. Os dias sem chuva estão diretamente relacionados com a frequência e intensidade dos incêndios florestais (SOARES, BATISTA, 2007). Mas também as chuvas ocorridas na estação anterior influenciam diretamente a intensidade do fogo. Quanto maior os índices pluviométricos anteriores, maior é a produção de biomassa foliar e, portanto, maior a disponibilidade de combustível para as queimadas. Especialmente no caso das gramíneas que apresentam alta inflamabilidade e são as maiores responsáveis pela propagação dos incêndios nas savanas.

### **3.2 Coleta de dados**

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Inicialmente foi feito um levantamento de campo em áreas de queimadas por incêndios florestais, seguida de coleta de amostras de folhas (em 2013 e 2014) e na sequência análise das características físicas das folhas das espécies estudadas em laboratório de Madeiras na Fazenda Água Limpa e de Energia de Biomassa no Laboratório de Produtos Florestais.

### **3.3 Levantamento de campo**

Foi realizado um levantamento de plantas de baixa inflamabilidade em áreas incendiadas no Distrito Federal pela constatação visual de menor queima em comparação com a vegetação adjacente. Essas áreas foram identificadas pela visualização direta do incêndio ativo e de áreas queimadas, além de notícias do dia do incêndio e informações de

bombeiros militares. Entre agosto e setembro de 2013, foram localizadas e visitadas sete áreas de incêndios, totalizando aproximadamente 40 ha de áreas queimadas em fitofisionomias de cerrado *sensu stricto*, cerradão, mata de galeria, vereda, campo sujo, campo limpo, cerrado rupestre. Behm *et al.* (2006) confirmaram a baixa inflamabilidade de 22 espécies indicadas por profissionais do fogo para barreiras verdes após análises laboratoriais. Mas não foi encontrada na literatura uma metodologia que partisse do levantamento em áreas queimadas para busca de espécies de baixa inflamabilidade. Portanto, essa foi uma importante inovação deste trabalho, pois observou-se e selecionou-se as espécies em situações em que foram submetidas a incêndios reais.

Nas áreas incendiadas analisadas predominou a fitofisionomia de cerrado *sensu stricto* e cerradão de ampla ocorrência no Distrito Federal. Para o levantamento das espécies de baixa inflamabilidade, fez-se o caminhamento pela área queimada, até quatro dias após o incêndio florestal. Analisava-se as espécies adjacentes fotografando o espécime de folhas preservadas relativamente verdes ao lado de outro altamente consumido pelas chamas, com uma máquina fotográfica Canon®SX30. As coordenadas geográficas foram registradas, baseadas em WGS 84, com GPS Garmin® Etrex 30 configurado para captura de sinais GPS e Glonass, conforme a Tabela 1.

Uma análise preliminar com base na resistência visual ao fogo foi feita para escolha daquelas espécies que apresentavam características de baixa inflamabilidade pelo critério elencado de visualização de plantas que não tiveram suas folhas consumidas pelo fogo.

Tabela 1. Dados do levantamento de espécies de baixa inflamabilidade em áreas queimadas.

Data	Área percorrida (m <sup>2</sup> )	Coordenadas de referência
17/08/2013	11197,00	-16° 02.01138' -47° 59.25312'
23/08/2013	22199,94	-15° 58.92502' -47° 57.09168'
24/08/2013	40266,78	-16° 02.54502' -47° 57.64668'
25/08/2013	24791,97	-16° 02.04473' -47° 57.02322'
29/08/2013	15275,16	-15° 31.68996' -47° 37.02720'
04/09/2013	30550,33	-15° 58.38612' -47° 59.36634'
12/09/2013	65316,85	-15° 56.99682' -47° 54.25632'
13/09/2013	4515,29	-15° 56.92176' -47° 50.98098'
14/09/2013	5144,39	-15° 56.44398' -47° 54.14340'
17/09/2013	28880,27	-15° 56.73882' -47° 54.53286'
17/09/2013	147036,50	-16° 02.24724' -47° 55.16574'

### 3.4 Coleta de amostras foliares

A coleta foi realizada nos dias 21, 22 e 23 de setembro de 2013, cinco dias depois do auge da seca sem chuva e nos dias 1 e 2 de setembro de 2014, no auge da seca, conforme Tabela 2 da estação meteorológica Roncador - DF (OMM: 83373), (Lat.: -15.93° Long.: -47.88°) localizada na área do IBGE próximo à FAL. Os indivíduos foram fotografados e tiveram suas coordenadas de localização registradas.

Tabela 2. Dados meteorológicos da região de coleta das amostras de folhas. (BDMEP/INMET, 2015)

<b>Data</b>	<b>Precipitação (mm)</b>	<b>Temperatura Máxima (°C)</b>	<b>Umidade Relativa Média (%)</b>	<b>Velocidade do Vento Média (m/s)</b>
21/09/2013	0	32,1	49,7	2,3
22/09/2013	0	33,1	43,0	0,3
23/09/2013	0	34,6	44,2	1,0
01/09/2014	0	-	-	1,0
02/09/2014	0	31,4	57,0	2,0

No dia 01/09/2014 a estação meteorológica não registrou os dados de temperatura máxima e umidade relativa média.

A coleta de folhas foi realizada nos anos de 2013 e 2014 em áreas adjacentes queimadas. Aleatoriamente foram escolhidos três locais distintos, em cada local foram coletadas amostras de folhas verdes incluindo o pecíolo, perfazendo de 6 a 12 amostras para cada uma das seguintes espécies selecionadas no levantamento de campo: *Vochysia thyrsoidea*, *Palicourea rigida*, *Roupala montana*, *Bromelia laciniosa*, *Lavoisiera bergii* e *Lycopodiella alopecuroides*.

Sendo as gramíneas consideradas de alta inflamabilidade, para fins de comparação, coletou-se também amostras de *Echinolaena inflexa* (Poir.) Chase (Poaceae). As folhas jovens foram isentas de coleta, afim de garantir que as amostras representam folhas do auge da seca. Os indivíduos foram fotografados e tiveram suas coordenadas de localização registradas, conforme Tabela 3. As folhas foram acondicionadas em sacos de polietileno vedados e guardadas ao abrigo do sol e posteriormente em geladeira (cerca de 8 °C) para diminuir a evapotranspiração foliar.

Na segunda fase do estudo, foram escolhidas 4 espécies: *E. inflexa*, *L. bergii*, *P. rigida* e *V. thyrsoidea*; pois *R. montana*, *B. laciniosa* e *L. alopecuroides* foram

desclassificadas. Portanto, uma espécie de baixa inflamabilidade de árvore, arbusto e subarbusto e a gramínea comparativa de alta inflamabilidade foram estudadas.

Tabela 3. Coordenadas de referências dos locais de coleta de amostras de folhas dos indivíduos selecionados.

Data	Local	Coordenadas de referência
21/09/2013	Marinha Leste	-16° 02,25942' -47° 55,13670'
22/09/2013	Marinha Sul	-16° 01,49322' -47° 57,58062'
23/09/2013	Fazenda Água Limpa	-15° 57,06624' -47° 54,11490'
01/09/2014	Fazenda Água Limpa	-15° 56,91500' -47° 54,48100'
02/09/2014	Fazenda Água Limpa	-15° 56,54000' -47° 54,62400'

### 3.5 Análises de laboratório

#### 3.5.1 Teor de umidade

A desidratação das folhas para determinação do teor de umidade, baseou-se na norma ABNT 7190 (1977). A água da evapotranspiração que ficou confinada nas embalagens durante o transporte do campo para o laboratório, foi proporcionalmente somada a massa fresca das folhas, encontrando-se a massa úmida. Em seguida, as amostras foram colocadas em estufa a  $\pm 90$  °C (ZHANG *et al.*, 2011; DIMITRAKOPOULUS *et al.*, 2011; BATISTA *et al.*, 2012). Pesagens sucessivas e periódicas foram feitas até que a massa ficasse constante, utilizando balança com sensibilidade de  $10^{-4}$ g. Para *L. bergii* e *E. inflexa* foram utilizados ramos pois se incluem nos combustíveis disponíveis com menos de 6 mm de diâmetro. O teor de umidade foi calculado em base seca pela equação  $TU (\%) = [(massa\ fresca - massa\ seca) / massa\ seca] * 100$ .

#### 3.5.2 Espessura, área e volume foliar

A medição da espessura das folhas foi realizada com paquímetro digital com sensibilidade  $10^{-2}$ mm, em pelo menos 6 folhas de cada espécie. Para *E. inflexa* foram medidos o colmo medial e folha medial de espécimes coletados. Para a medida da área foliar, a folha foi prensada sobre um papel centimetrado e seu contorno desenhado. As folhas de *L. bergii* foram analisadas no programa ImageJ 1.49s de Wayne Rasband (domínio público). O volume foliar foi determinado pelo método da balança hidrostática, baseado na determinação de volume de amostras, segundo Vital (1984) (Figura 1c). O volume foliar de *L. bergii* e *E.*

*inflexa* foi obtido pelo produto entre área e espessura para cada amostra (Figura 1a e 1b).

### **3.5.3 Análise imediata**

As folhas secas (para *L. bergii* e *E. inflexa* foram utilizados ramos) foram moídas em moinho de faca e em seguida o pó foi classificado em peneiras de malha de 0,25 mm e 0,425 mm. Portanto, houve 3 classes: maior que 0,425 mm; entre 0,425 e 0,25 mm; e menor que 0,25mm. A análise imediata baseou-se na norma NBR 8112 (1986), porém analisadas em triplicata. No ensaio de material volátil, os cadinhos previamente limpos, tarados, identificados e tampados, contendo cada um 1g ( $\pm 0,003$  g) de biomassa classificada, foram colocados na porta da mufla por 3 minutos e depois no interior da mufla por 7 minutos a 900°C. Em seguida, os cadinhos foram retirados, resfriados em dessecador e pesados.

Para o ensaio de teor de cinzas a mufla foi aquecida a 700°C e os cadinhos, previamente limpos, tarados, identificados e tampados, contendo cada um 1g ( $\pm 0,0030$ g) de material classificado, foram colocados por pelo menos 4 h no interior da mufla, até combustão total. Então, foram retirados e esfriados em dessecador, obtendo a massa de cinzas. O teor de Carbono fixo foi calculado pela diferença entre o total de massa seca menos o teor de voláteis e cinzas, (Figura 1).

### **3.5.4 Poder calorífico Superior**

Amostras de 1 g ( $\pm 0,1$ ) de biomassa seca e triturada (granulometria maior que 0,425mm) foram transformadas em *pellets*, seca em estufa a 105°C por pelo menos 2h e então utilizada para a determinação do poder calorífico superior em calorímetro Parr 1261, para amostras de 2013 (danificou) e Parr 6400 para as amostras de 2014 (Figura 1e e 1f) conforme protocolo do equipamento e com base na norma ABNT NBR 8633/84, com adaptações do Laboratório de Produtos Florestais/ Setor energia de biomassa.

## **3.6 Análise Termogravimétrica e Calorimetria Diferencial**

Micro amostras de biomassa seca triturada e classificada foram submetidas a desidratação. A biomassa foi colocada em cadinho de Alumina, e submetida à programação

de temperatura numa atmosfera de ar respirável na termobalança Setsys 12 Setaram. O procedimento ocorreu em conformidade com o protocolo do LPF/ Laboratório de Energia de Biomassa, conforme segue:

1. Tara do cadinho;
2. Biomassa no cadinho (<25mg e diâmetro < 0,25mm);
3. Programação da curva: 25 a 800°C com taxa de aquecimento de 20°C/min);
4. Fluxo de ar (21% de O<sub>2</sub> e 5% H<sub>2</sub>O): 2 ensaios a 13ml/min e 2 a 80ml/min;
5. Resfriamento e análise dos dados no programa Setsoft 2000 versão 1.7 revisão 4:
  - Derivada da perda de massa (dTG) evidenciando a maior taxa de degradação térmica;
  - Integração do pico da dTG para especificar a temperatura de início da maior taxa de perda de massa (*onset*) e o pico da dTG;
  - Variação da massa durante o ensaio indicando a consumabilidade;
6. Integração do fluxo de calor para mostrar a temperatura do pico do fluxo de calor.

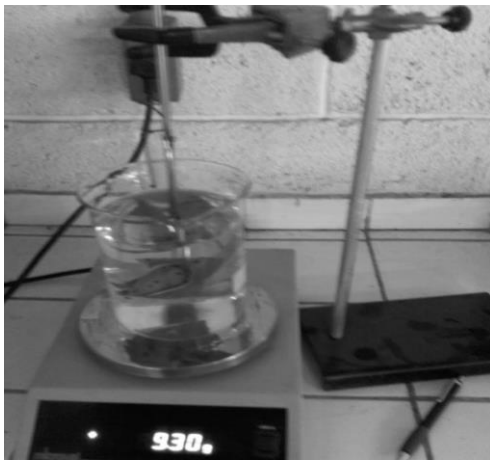
Os resultados de fluxo de calor da DSC forneceram uma informação qualitativa sobre a temperatura do pico do fluxo de calor como resposta à maior taxa de perda de massa (DTG), mas não foi possível calcular a entalpia do processo devido regulagens do equipamento.



A



B



C



D



E



F

Figura 1. Ensaios laboratoriais. Determinação da espessura (A), área (B) volume (C) e ensaio de análise imediata (D) das folhas. Calorímetros Parr 1261 e 6400 (E) e analisador termo gravimétrico (F).

### 3.7 Combustão e Perda de massa

No mesmo dia da coleta, no Laboratório de madeiras da FAL, as amostras de folhas das espécies de *Vochysia thyrsoidea*, *Palicourea rigida*, *Echinolaena inflexa*, e *Lavoisiera bergii* foram submetidas ao ensaio de combustão em um conjunto composto por combustor,

grelha, anteparo, balança e os acessórios termômetro digital com termopar, balança e cronômetro (Figura 2).



Figura 2. Aparato para os ensaios de combustão das amostras: a– aparato completo com termopar e balança, b– combustor, gaiola e recipiente para álcool, c– anteparo e bandeja com manta isolante e d– recipiente para álcool montado dentro do anteparo (QUIRINO, 1991, com adaptação).

As folhas foram cortadas em dimensões menores que 10 cm de largura por 15 cm de comprimento para serem dispostas verticalmente no cesto (para promover a passagem das chamas) e este foi inserido no combustor. O combustor foi sobreposto a uma balança com sensibilidade de  $10^{-2}$ g. Um termopar foi disposto 10 cm acima da borda do conjunto combustor balança, para ficar em contato com a chama. Um recipiente contendo 40 ml de Álcool 92,8° INPM (densidade 0,80g/ml, PCS 6381,96 kcal/kg (DAL BEM, 2008)) foi colocado sob o combustor contendo a amostra de folhas sem que tocasse o conjunto combustor, amostra, balança. Em ensaios preliminares essa quantidade de álcool foi suficiente para queimar toda amostra e menos não.

Então, acendia-se o álcool e iniciava-se a coleta dos dados de tempo, temperatura e perda de massa, até a que cessassem as chamas na amostra e estabilizasse a massa. Os ensaios



foram iniciados com o acendimento do álcool, finalizados com estabilização da perda de massa. A estabilização ocorria quando, restando apenas brasas e tições, a massa começava a aumentar. Todos procedimentos foram filmados com uma câmera.

A duração das chamas foi aferida pela média de 3 cronometragens visuais dos vídeos gravados durante os ensaios, iniciando e parando conforme aparecia e apagava a chama. Abaixo do eixo principal dos gráficos de combustão e perda de massa está representado o resultado do tempo total de duração das chamas. A Tabela 4, onde a temperatura das chamas é relacionada de acordo com as cores apresentadas pela combustão, segundo Carvalho *et al.* (2009) *apud* Drisdale (1999) foi utilizada para análise das chamas.

Tabela 4. Relação entre cor da chama e temperatura.

<b>Cor da chama</b>	<b>Temperatura aproximada (°C)</b>
Vermelha	550
Vermelho fosco	700
Vermelho vivo	900
Laranja	1100
Branca	1400

### **3.8 Análise dos dados**

Os dados de todos os ensaios foram analisados estatisticamente por meio de Análise de Variância (ANOVA) em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) para as variáveis estudadas considerando as espécies *V. thyrsoides*, *P. rigida*, *L. bergii* e *E. inflexa* como tratamentos com repetições variadas (conforme apêndice 7.3). Quando foi o caso utilizou-se o teste “t” para comparação das médias. Para análise dos dados foi utilizado o programa ASSISTAT Versão 7.7 beta (SILVA e AZEVEDO, 2009).

Foi feito um ranqueamento das espécies estudadas quanto as características de inflamabilidade a partir do produto entre a nota (de 1- menor inflamabilidade relativa na variável a 4- maior inflamabilidade) e um peso (de 1 a 7 quanto maior for a relação da variável com a baixa inflamabilidade).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Levantamento de plantas de baixa inflamabilidade em áreas queimadas

#### 4.1.1. Espécies classificadas

Nas figuras 3, 4 e 5 são apresentadas fotografias representativas das plantas classificadas como de baixa inflamabilidade, descobertas no levantamento e não desclassificadas, as quais tiveram suas propriedades físicas analisadas em comparação com *E. inflexa*. No levantamento, foram observados vários indivíduos das espécies de interesse com folhas apresentando-se relativamente mais preservadas das chamas que a vegetação adjacente. Entre estes, foram fotografados 48 indivíduos de *Vochysia thyrsoidea* Pohl (Vochysiaceae), 34 de *Palicourea rigida* H.B.K. (Rubiaceae), e 6 de *Lavoisiera. Bergii* Cogn. (Melastomataceae) com muitos indivíduos.

No apêndice D, estão as localizações em coordenadas de GPS dos espécimes fotografados no levantamento. Assim, pode-se verificar o álbum com várias espécies além das apresentadas nesse estudo. Com base na data e hora da foto, pode-se consultar o local de coleta no apêndice D das coordenadas de GPS.



Figura 3. *Vochysia thyrsoidea* ( $\pm$  1,3m de altura) relativamente preservada em relação à vegetação adjacente consumida pelas chamas de alta intensidade.





Figura 4. *Palicourea rigida* ( $\pm 90$  cm) relativamente preservada em comparação com a vegetação adjacente já iniciando a perda de folhas.



Figura 5. *Lavoseiera bergii* ( $\pm 50$  cm) relativamente preservada do consumo das chamas enquanto a vegetação adjacente foi completamente queimada.

#### 4.1.2 Características botânicas e silvicultura das espécies classificadas

*V. thyrsoides* é acumuladora de alumínio dependente e calcífuga que cresce exclusivamente em solos ácidos. Têm hábito arbóreo sempre verde podendo chegar a 18m de altura no Cerrado. Possui ramos espessos e copa umbeliforme, sementes aladas disponíveis de outubro a novembro com baixa taxa de germinação. Ocorre em cerrado stricto sensu e cerradão (HARIDASAN, 2008; SILVA JUNIOR et al., 2005). Pode ter uso ornamental e medicinal, a germinação e estabelecimento podem chegar a 60% (ALMEIDA et al., 1998).

Em relação à estrutura, *P. rigida* tem hábito arbustivo a arbóreo, essas espécies apresentam padrão de ramificação solto e não retêm folhas e galhos mortos. As folhas de *P. rigida* apresentam alta enervação, características que contribuem para sua baixa inflamabilidade, pois os pêlos diminuem a desidratação. *P. rigida* são classificadas vegetativamente como sempre verdes contínuas com queda foliar concentrada no mês de setembro anualmente. O brotamento de *P. rigida* ocorre de fevereiro a outubro anualmente (PIRANI et al., 2009).

Essa fenologia favorece a baixa inflamabilidade, pois começam a perder as folhas no início das chuvas enquanto recompõe as folhas jovens. A taxa de germinação de *P. rigida* foi de 25% com escarificação e ácido giberélico, demonstrando que podem ser propagadas por mudas (KUHLMANN, 2012; SAMPAIO, 2007). Sendo nativa do Cerrado, apresentam boa adaptação e resistência ao período de seca. *P. rigida* é uma acumuladora de Alumínio (HARIDASAN, 2008).

*L. bergii* tem hábito subarbustivo de até 1,3m de altura e pequenas folhas inseridas quase verticalmente num caule de 1,9mm de diâmetro em média. *L. bergii* frutifica entre março e outubro. (MUNHOZ et al., 2011). Somavilla e Graciano-Ribeiro (2011) alertam para hipótese de *L. bergii* apresentar comportamento invasivo em veredas. Esse potencial de estabelecimento pode ser interessante para o estabelecimento de uma barreira verde. Se a implantação de *L. bergii* estiver associada com *P. rigida* e *V. thyrsoides*, sua disseminação estará limitada pelo sombreamento destas.

Já *E. inflexa* é uma erva perene com até 0,6 m de altura que apresenta dormência no período da seca, mantêm as folhas senescentes propiciando a propagação de incêndios. Ela ocorre desde a Venezuela, com alta frequência em campos, cerrado *sensu stricto* e áreas

úmidas. Apontada como potencial forrageiro (ALMEIDA *et al.*, 1998; MUNHOZ *et al.*, 2011)

Gill e Moore (1996) alertaram para o fato de que as plantas estudadas em relação à sua baixa inflamabilidade devem ser utilizadas com cautela pois podem ser tóxicas ou causarem doenças. Há que se considerar o potencial invasor dessas espécies também. Neste caso *P. rigida* não oferece risco pois é até utilizada como medicinal (SILVA JUNIOR *et al.*, 2005) e com seu limitado poder germinativo (25%) e dispersão por aves não é invasora (SAMPAIO *et al.*, 2007). *V. thyrsoides* também é utilizada na medicina popular como expectorante e não é invasora (LORENZI, 2002).

#### 4.1.3. Espécies desclassificadas

No levantamento, também foram fotografados 19 indivíduos de *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae), 17 de *Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. f. (Bromeliaceae), e 4 de *Lycopodiella alopecuroides* (L.) Crandifill (Licopodiaceae) com muitos indivíduos. Depois foram feitas análises preliminares que acabaram desclassificando-as para o objetivo deste estudo, conforme segue.

A *Roupala montana* apresentou um comportamento que a comprometeu: observou-se grande mortalidade da parte aérea dessa espécie em áreas queimadas, confirmado pela literatura (FIEDLER *et al.*, 2004; LOPES *et al.*, 2009; MIRANDA e SATO, 2006). Portanto, apesar de sua baixa inflamabilidade no momento do incêndio, as altas temperaturas comprometem a fisiologia de manutenção da parte aérea, obrigando-a a ativar os meristemas subterrâneos para rebrota. Nas análises preliminares apresentou as médias: teor de umidade de 87%, 72% de teor de materiais voláteis, 2% de teor de cinzas, 26% de Carbono fixo, Poder Calorífico Superior= 5106 cal/g, espessura foliar de 0,36 mm, 278 cm<sup>2</sup> de área, 6,5 cm<sup>3</sup> de volume, pico de perda de massa na ATG à 359°C quando havia consumido 35% de sua massa, pico do fluxo de calor a 383°C quando havia consumido 42% da massa foliar, com uma taxa máxima de consumo de 1,6 mg/min.

*Bromelia laciniosa* apresenta um comportamento fenológico que a compromete como planta de baixa inflamabilidade. Quando o fogo passa, queima as folhas mortas e as vivas são preservadas. *B. laciniosa* foi a espécie cujo teor de umidade foi o maior (337%) e estatisticamente diferente das demais. Ela ocorre em latossolo de cerrado, mas sua



característica fisio-anatômica de manter aderidas ao caule as folhas mortas, a desclassifica como planta de baixa inflamabilidade, mas apresentou boas características: 74,5% de teor de voláteis, 4,9% de cinzas, 20,7% de Carbono fixo, PCS= 4507 cal/g.

*Lycopodiella alopecuroides* foi retirada da segunda fase devido apresentar praticamente o mesmo nicho da *Lavoisiera bergii*, sendo mais restrita a solos muito encharcados no mundo inteiro. *L. alopecuroides* pertence ao filo *Lycophyta* que apresenta vasos condutores traqueídais e ausência de cambio vascular bifacial que se traduz em menor capacidade de transporte de seiva. Sua reprodução depende de água pois o anterozoide (gameta) é flagelado e precisa nadar para fecundar (RAVEN *et al.*, 2001). Mas considerando os ensaios laboratoriais preliminares, apresenta características de baixa inflamabilidade, com teor de umidade de 192%, 73,9% de voláteis, 9% de cinzas, 17,1% de Carbono fixo, 4573 cal/g de Poder calorífico superior.

#### 4.2 Teor de Umidade

Os resultados de teor de umidade das espécies coletadas foram avaliados pela Análise de Variância (ANOVA) com F significativo ao nível de 1% de probabilidade e são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Resultado da análise de médias pelo teste “t” dos teores de umidade em base seca das folhas das espécies selecionadas.

<b>Espécie</b>	<b>Teor de Umidade</b>
<i>Lavoseiera bergii</i>	257,09 a
<i>Palicourea rigida</i>	173,10 b
<i>Vochysia thyrsoidea</i>	145,62 c
<i>Echinolaena inflexa</i>	49,65 d

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

A espécie *L. bergii* apresentou o maior teor de umidade que diferiu estatisticamente das demais. É uma espécie que ocorre preferencialmente em veredas e em locais com solo hidromórfico (MUNHOZ *et al.*, 2011). Assim, seu alto teor de umidade está muito relacionado com a alta umidade do solo de ocorrência e não a mecanismos fisiológicos de xeromorfismo adaptativo. Já *V. thyrsoidea* e *P. rigida* apresentaram teores de umidades intermediários e estatisticamente diferentes entre si, mas ocorrendo em cerrado com

latossolo enxuto, seu elevado teor de umidade está relacionado com mecanismos fisiológicos de adaptação à seca e às queimadas (HARIDASAN, 2008).

*E. inflexa* apresentou o menor teor de umidade, como era de se esperar de uma gramínea, que no período de seca entra num estado fisiológico de latência (RAVEN *et al.*, 2001). Com isso, é natural que tenham um baixo teor de umidade o que contribui sobremaneira para sua alta inflamabilidade.

O teor de umidade em base úmida das quatro espécies foram: para *L. bergii* apresentou 71,26%, *V. thyrsoidea* 59,16%, *P. rigida* 62,21% e *E. inflexa* 33,52%. Murray *et al.* (2013) encontraram plantas nativas da floresta esclerofila seca do sudeste australiano de baixa inflamabilidade com  $U_{bu}$  variando de 40,12 a 77,23%. A umidade de extinção em incêndio florestal é o conteúdo de umidade mínimo para que o combustível não entre em combustão e não se inflame, é de 25 a 35% base seca. Dessa forma, supõe-se que para ocorrência da chama é necessário que as folhas atinjam esse patamar com secagem, pois o teor de umidade tem uma relação inversa com a inflamabilidade (RODRÍGUEZ, 2011; SOARES, BATISTA, 2007). A inflamabilidade da planta inteira é mais influenciada pelo teor de umidade e quantidade de biomassa foliares (LONG *et al.*, 2006).

Agee *et al.* (2002), estudando coníferas da floresta nordeste do Pacífico norte-americano, considerou que o risco de incêndio começa com o teor de umidade mínimo das folhas de 100%, base úmida. Neste caso, as gramíneas atingiam esse patamar de risco no auge do verão chegando a 38%, enquanto as acículas de pinus ficavam em 85%. Weise *et al.* (2005), estudando plantas ornamentais norte-americanas supostamente de baixa inflamabilidade, encontrou teores de umidade de 180 a 304%.

Batista *et al.* (2012) encontrou 184% como o menor teor de umidade para espécie de menor inflamabilidade entre as espécies estudadas. Batista e Biondi (2009) encontraram teor de umidade (BS) de 169% para folhas de *Ligustrum lucidum* considerando-a de baixa inflamabilidade e indicada para barreiras verdes no Brasil. No estudo de Tian *et al.* (2007), *Ligustrum lucidum* apresentou o maior teor de umidade de 210,6% e um alto tempo para ignição (62s), mas apresentou um alto pico da taxa de liberação de calor.

A *Schima superba*, utilizada classicamente como aceiro verde na China, apresentou teor de umidade de 157% e 72s para ignição. *Michelia macclurei* apresentou 143% de umidade

e foi indicada para aceiro verde (TIAN *et al.*, 2007; CUI, 2007). Batista *et al.* (2012) confirmaram a baixa inflamabilidade de *Michelia champaca* que apresentou teor de umidade base seca de 183,7%.

### 4.3 Dimensões foliares

A ANOVA para área foliar resultou em “F” significativo ao nível de 1% de probabilidade, conforme Tabela 6. A espessura foliar das espécies analisadas diferiu significativamente ao nível de 1% de probabilidade para todas as espécies (Tabela 6), com *P. rigida* apresentando a maior área foliar e *E. inflexa* a menor. O volume foliar diferiu de forma significativa ao nível de 1% de probabilidade, conforme Tabela 6.

Tabela 6. Médias das dimensões foliares das espécies com resultados do teste de t

Espécie	Área (cm <sup>2</sup> )	Espessura (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
<i>P. rigida</i>	630,05 a	0,56 a	21,67 a
<i>V. thyrsoidea</i>	182,77 b	0,48 b	5,63 b
<i>L. bergii</i>	0,34 c	0,27 c	0,09 c
<i>E. inflexa</i>	2,2	0,18 d	0,41 c

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si.

As grandes folhas de *P. rigida* de alta enervação e hidratação estão associadas à sua baixa inflamabilidade proporcionando-lhe maior área foliar, estatisticamente diferente das demais espécies. Já as folhas diminutas de *L. bergii* também apresentam baixa inflamabilidade demonstrando que esse parâmetro por si não explica a baixa inflamabilidade. A disposição das folhas também favorece uma maior ou menor inflamabilidade, como é o caso de *V. thyrsoidea* e *L. bergii* que têm folhas dispostas quase verticalmente, diminuindo a área de ataque das chamas devido a inclinação. Silva e Klink (2001) encontraram área foliar de *E. inflexa* de 2,2cm<sup>2</sup>, valor que foi utilizado na tabela 6. Apesar de *E. inflexa* ter folhas dispostas verticalmente, tem baixo teor de umidade.

Murray *et al.* (2013) estudando espécies da floresta esclerofila seca no sudeste Australiano (que tem muitas características semelhantes com o cerrado) indica que folhas mais compridas ao serem aquecidas retêm mais calor e se inflamam mais rapidamente. Schwilk e Caprio (2011) relacionaram o tamanho da folha com a severidade dos incêndios



em florestas de coníferas na Sierra Nevada, Califórnia, EUA, onde quanto maiores os comprimentos das folhas maiores a severidade dos incêndios.

A alta enervação foliar de *P. rigida* favoreceram sua espessura e resistência às chamas. A grande espessura de *V. thyrsoidea* pode compensar outras características não tão favoráveis à baixa inflamabilidade, como a área foliar. A espessura do subarbusto *L. bergii* (caule apresenta 1,9 mm de diâmetro em média) foi ainda maior que da gramínea, associada ao seu pequeno comprimento, forma de inserção no caule (cerca de 30 °) e alta umidade, faz com que mantenha sua umidade por mais tempo quando atacada pelas chamas. A menor espessura de *E. inflexa* (colmo tem em média 0,95 mm de diâmetro) está relacionada ao hábito herbáceo.

Murray *et al.* (2013) não encontrou diferenças significativas entre a espessura das folhas de espécies exóticas e nativas, nem forte relação entre a espessura e a inflamabilidade, mas atribuindo menor inflamabilidade às nativas, explicaram que isso se deve à cutícula foliar espessa das espécies nativas como resposta xeromórfica. Tian *et al.* (2007) relacionaram a anatomia foliar com a inflamabilidade, indicando que *Camellia sinensis* por sua alta proporção de tecido paliçádico e esponjoso tem favorecida a sua baixa inflamabilidade, como provavelmente ocorre com *P. rigida*. Gauteame *et al.* (2013) encontraram a espessura de 0,032 cm em *Pittosporum tobira* de baixa inflamabilidade.

O maior volume foliar de *P. rigida* está relacionado com a grande quantidade de tecidos e enervações foliares. As folhas diminuas de *L. bergii* explicam o seu menor volume, mas seus ramos (folhas e caule) apresentam cerca de 7 mm de espessura. O fogo vai interagir com os ramos, visto que se trata de um subarbusto. Dessa forma, considerando o volume do ramo, há uma diferença entre *L. bergii* e *E. inflexa* (Tabela 6).

A Autoridade Nacional do Fogo Australiana (CFA, 2011) explica a relação área/volume foliares salientando que folhas pequenas, finas e estreitas têm uma elevada proporção área de superfície/volume que as torna mais susceptíveis à secagem. Geralmente, quanto maior a relação área de superfície/volume, maior a inflamabilidade foliar. A inflamabilidade ainda pode ser aumentada com a presença de óleos essenciais e resinas. A relação área/volume foliar expressa a junção das dimensões da folha (comprimento, largura, espessura). O fogo vai interagir com todas as dimensões na proporção da relação Área/volume, desidratando mais rapidamente a folha quando a relação for maior.

#### 4.4 Análise imediata

Apesar de fazer parte da análise imediata, o teor de umidade foi tratado separadamente devido a sua relevância para baixa inflamabilidade. Pela análise de variância observou-se diferença significativa entre as espécies para materiais voláteis, cinzas e carbono fixo ao nível de 1% de probabilidade, conforme Tabela 8.

Tabela 7. Médias de Voláteis, Cinzas e Carbono das espécies com resultados do teste de t

<b>Espécie</b>	<b>Materiais voláteis (%)</b>	<b>Cinzas (%)</b>	<b>Carbono fixo (%)</b>
<i>E. inflexa</i>	76,83 a	9,84 a	13,33 c
<i>P. rigida</i>	76,10 a	7,20 b	16,70 b
<i>L. bergii</i>	73,90 b	8,26 b	17,84 ab
<i>V. thyrsoidea</i>	73,58 b	7,57 b	18,85 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si nas colunas.

Behm *et al.* (2003) associou o teor de voláteis em combustíveis finos (< 6mm de espessura) com a consumabilidade, ou seja, quanto maior esse teor, maior e mais rápido é o consumo, favorecendo a propagação depois da desidratação. Os resultados põem *E. inflexa* em primeiro lugar no teor de voláteis e menor teor de carbono fixo e, portanto, maior inflamabilidade. A diferença entre *E. inflexa* e *P. rigida* não foi significativa, mas associado aos outros fatores reflete a alta inflamabilidade de *E. inflexa*. *L. bergii* foi moída incluindo os caules, o que aumentou a porcentagem de lignina (RAVEN *et al.*, 2001) nas amostras, aumentando assim o teor de carbono fixo que a põe entre *V. thyrsoidea* e *P. rigida*.

Os teores de materiais voláteis e carbono fixo são diretamente afetados pela constituição dos tecidos foliares. Por todo mesófilo da folha, encontram-se feixes vasculares que podem ser lignificados em maior ou menor grau dependendo da espécie. (RAVEN *et al.*, 2001). Para as folhas, Oliveira e Carvalho (2009), encontraram de 20 a 38% de lignina e 20 a 45% de celulose, dependendo da espécie. Weise *et al.* (2005) conceituam que as folhas apresentam principalmente celulose. Já para o caule, estudos apontam cerca de 45% de celulose e 20% de lignina (KLOCK *et al.*, 2005).

O maior teor de cinzas foi apresentado por *E. inflexa*, significativamente diferente das demais ao nível de 1% de probabilidade. Essa característica é comum em gramíneas pois acumulam silicatos para resistência à toxidez do alumínio e ferro, ataques de insetos e para manterem-se eretas e diminuir a evapotranspiração (SÁVIO *et al.* 2011).

White e Zipperer (2010) afirmaram que o alto teor de cinzas favorece a resistência da planta contra o fogo, pois quanto maior esse teor, menor o teor de voláteis e carbono fixo que são os combustíveis. Dimitrakopoulos *et al.* (2013) encontrou teores de cinzas variando entre 2 e 6% em folhas de coníferas, com menor inflamabilidade para *Picea excelsa* com 4,5%, alertando para o fato de que a inflamabilidade é influenciada pelas características da comunidade vegetal e não apenas pela espécie.

#### 4.5 Poder Calorífico Superior

A ANOVA para os dados de poder calorífico superior (PCS) das amostras coletadas resultou em F não significativo. O poder calorífico superior apresentado por *V. thyrsoidea* foi de 4.570 cal/g, *P. rigida* de 4.581 cal/g, *L. bergii* 4.492 cal/g e para *E. inflexa* foi de 4.548 cal/g. Soares e Batista (2007) conceituaram que em geral os combustíveis florestais apresentam um valor de combustão de 4.000 kcal/kg de material seco.

Analisando as diferenças dos dados, vê-se que *L. bergii* obteve o menor valor. Essa é mais uma prova de sua baixa inflamabilidade pois gera menos calor para propagação do fogo, mesmo incluindo seu caule na amostra. As folhas de *P. rigida*, por sua grande enervação, devem ter maior quantidade de lignina. O estudo da inflamabilidade no calorímetro não pode ter seus resultados diretamente interpretados, pois outras variáveis interferem na combustão das folhas, como é o caso da ocorrência de combustões incompletas. O maior PCS pode estar relacionado com o maior teor de lignina (RODRÍGUEZ, 2010).

Com os resultados de poder calorífico e teor de umidade, pode-se calcular o calor de combustão do material úmido (Soares, 1985) que representa o calor envolvido num incêndio real para essas espécies, conforme equação na pág. 23. O calor de combustão para folhas verdes de *V. thyrsoidea* foi de 1470 cal/g, de *P. rigida* 1263 cal/g, de *L. bergii* 796 cal/g, e de *E. inflexa* esse calor foi de 2815 cal/g. Esse parâmetro mostra que as espécies estudadas classificadas como de baixa inflamabilidade praticamente emitem menos da metade do calor liberado pela gramínea num incêndio florestal.

Em média, aproximadamente 60% do total do Poder Calorífico está disponível para combustão flamejante, enquanto os 40% restantes ficam para carbonizar até a combustão brilhante. Dessa forma, durante um incêndio flamejante da vegetação, o calor eficaz de

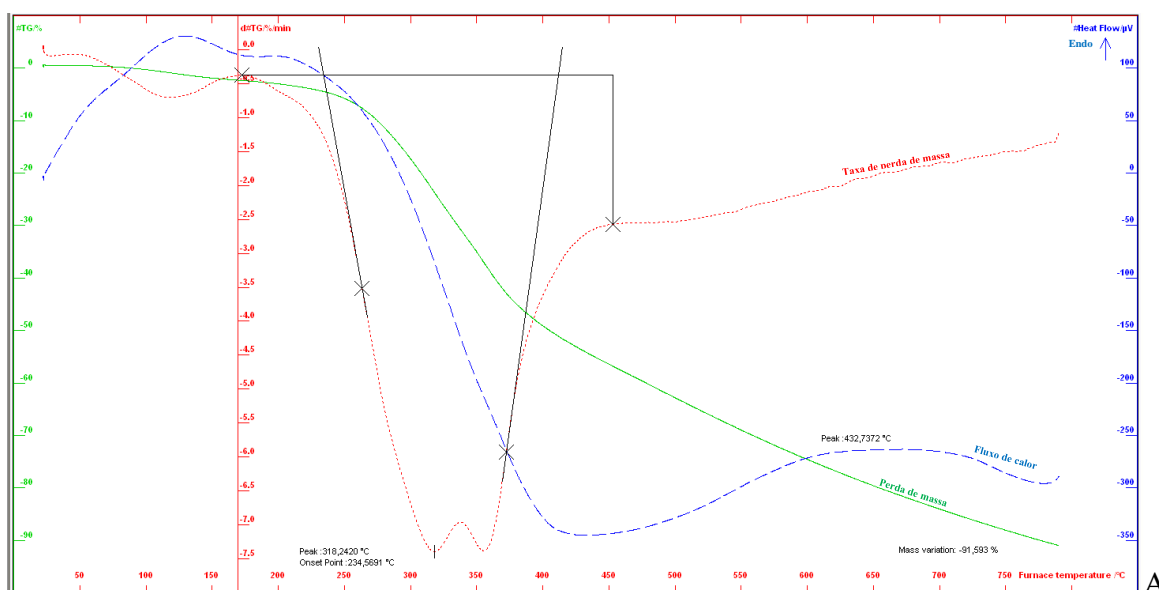
combustão é similar ao calor de combustão dos voláteis em função do teor de umidade, bem menor que no calorímetro (WHITE, ZIPPERER, 2010).

Liidakis *et al.* (2005) estudando espécies representativas de florestas atenienses, por meio de um equipamento que desenvolveram conforme a Diretiva 79/831 da Comissão Europeia, encontraram as folhas de *Pinus brutia* apresentando a menor inflamabilidade e a maior temperatura para autoignição de 242°C, com pico de temperatura de 472°C (42°C maior que o menor pico apresentado pelas outras espécies) e 4936,23 cal/g de PCS (o segundo menor entre as 6 espécies).

A relação entre PCS e inflamabilidade pode estar relacionada a mecanismos de defesa contra mortalidade causadas por incêndios, como ocorre com *Ulex europeus*, com o maior PCS 5003,82 cal/g, apresentou a menor inflamabilidade. Em contraste, *Castanea sativa*, com a maior inflamabilidade, mostrou o menor PCS, de 4091,43 cal/g. Mas isso não se aplica a *Pinus pinaster*, que tem PCS extremamente alto, maior que 5972 cal/g e também alta inflamabilidade que pode ser atribuída aos óleos essenciais e resinas foliares (NÚÑEZ-REGUEIRA *et al.*, 1996).

#### 4.6 Análise Termogravimétrica e Calorimetria de Varredura Diferencial

Na Figura 6 estão os gráficos de termogravimetria e calorimetria de varredura diferencial representativos para cada uma das espécies estudadas.



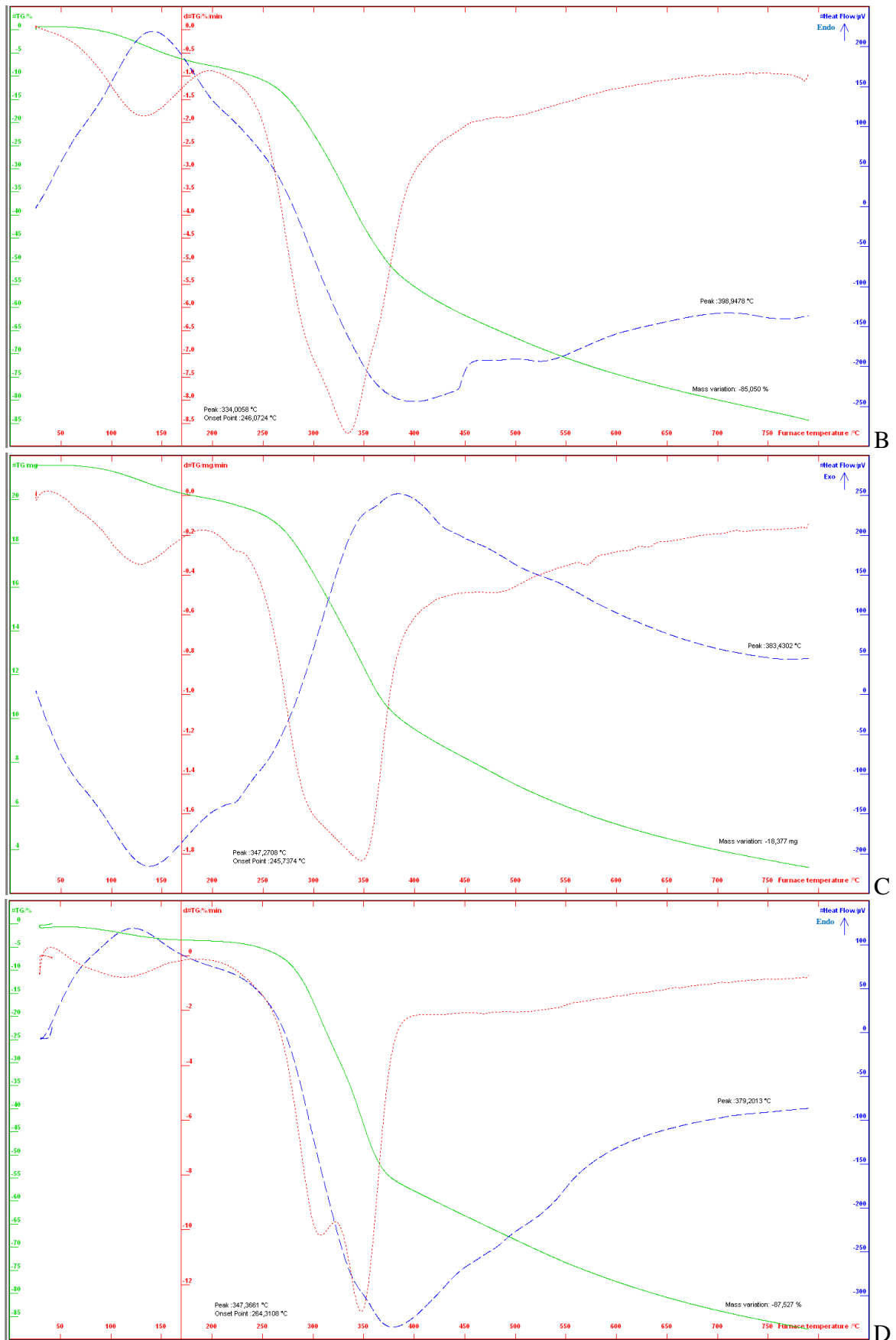


Figura 6. Ensaio de ATG/DSC de *V. thyroidea* (A), *P. rigida* (B), *L. Bergii* (C) e *E. inflexa* (D), mostrando a perda de massa, a taxa de perda ou primeira derivada e o fluxo de calor em função da temperatura.

Os picos da DTG (primeira derivada da perda de massa) dão uma indicação clara dos estágios de degradação térmica. O primeiro, na faixa de 40 a 120°C, que corresponde principalmente à secagem, também podendo refletir a degradação térmica de óleos essenciais e resinas foliares. No segundo pico, entre 120 e 360°C, ocorre a decomposição da celulose e principalmente hemicelulose, correspondendo a degradação térmica dos voláteis. A terceira faixa de temperatura, 360 a 500°C, está relacionada principalmente à decomposição da lignina, com a queima incandescente do carbono fixo. Depois restam as cinzas incombustíveis. Dessa forma, os combustíveis com baixas temperaturas de início (*onset*) são mais inflamáveis (ZHANG *et al.*, 2011).

Os gráficos acima mostram 2 picos bem distintos para perda de massa: o primeiro referente a secagem do material e evaporação de óleos essenciais de 70 a 170°C aproximadamente, e o segundo relacionado à queima de voláteis (celulose e hemicelulose) cerca de 270 a 370°C. O pico da lignina ( $\pm 500^\circ\text{C}$ ) praticamente não se expressa devido suas baixas concentrações no tecido foliar. Também dois picos de fluxo de calor, o primeiro com fornecimento de energia para evaporação de água e óleos essenciais e um segundo como resposta de liberação de calor da queima de voláteis e um pouco de Carbono fixo (Tabela 9).

Tabela 8. Dados médios de quatro observações do pico de temperatura (PT), massa no PT (MP) da ATG, Temperatura de início da maior taxa de perda de massa (Onset) e maior taxa de perda de massa ( $>\text{dTG}$ ) com resultados do teste de t.

	PT(°C)		PM (%)		Onset (°C)		$>\text{dTG}$ (mg/min)
<i>L. bergii</i>	347,79	a	59	b	246,1	b	1,9 a
<i>E. inflexa</i>	344,11	ab	61	b	260,5	a	2,1 a
<i>P. rigida</i>	330,13	bc	65	ab	244,9	bc	1,8 a
<i>V. thyrsoides</i>	325,64	c	71	a	236,2	c	1,4 b

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si.

A temperatura no pico da perda de massa (PT) e a taxa máxima de perda de massa ( $>\text{dTG}$ ) tiveram “F” significativo ao nível de 5% de probabilidade. Os dados de porcentagem de massa no pico da taxa de perda de massa (MP) no ensaio de termogravimetria e a temperatura *onset* apresentaram “F” significativo ao nível de 1% de probabilidade. A variação de massa apresentou “F” não significativo e em *V. thyrsoides* foi de 89,5%, em *P. rigida* foi 90,1%, *L. bergii* 86,8% e em *E. inflexa* foi 85,9%. Esse parâmetro está relacionado com a consumabilidade das folhas durante a combustão.

*E. inflexa* alcançou a maior taxa de perda de massa (2,1 mg/min  $\approx$  13%/min) em 344,1 °C depois de as chamas terem consumido 39% de sua massa. Essa maior temperatura associada a alta taxa de perda de massa pela liberação de gases provenientes dos materiais voláteis, conferem às folhas de *E. inflexa* uma alta propagabilidade do fogo. Já *V thyrsoides* e *P. rigida* não alcançam tão altas taxas de perda de massa e temperaturas tão elevadas.

Zhang *et al.* (2011) estudaram 10 gramíneas comuns nas planícies Chinesas de Songhua Jiang-Nen Jiang que muitas vezes são devastadas por incêndios de pastagem. Encontraram, a menor inflamabilidade para *Aneurolepidium chinense* com temperatura de 322°C no 2º pico de perda de massa com 7,2%/min de combustibilidade, e a maior para *Menticago ruthenica* com pico em 321,7 °C e 15,5%/min.

Liodakis *et al.* (2008) estudando espécies de florestas suscetíveis aos incêndios, desenvolveram uma metodologia e utilizou a análise termogravimétrica para classificar a inflamabilidade, atribuindo a *Pistacia lenticus* a menor inflamabilidade das espécies estudadas. Ao primeiro pico da dTG (primeira derivada da curva de perda de massa) relacionou a fase gasosa da combustão (cerca de 310°C) e ao segundo a fase sólida (cerca de 410°C). Eles concluíram que a capacidade de ignição está relacionada de maneira linear com a combustibilidade de fase gasosa (expressa no tamanho do primeiro pico). À temperatura de *onset* (início da maior taxa de perda de massa) definiram como a temperatura relativa de ignição espontânea. Quanto maior a *onset* maior a inflamabilidade pois é maior a taxa de perda de massa na fase gasosa da combustão, como ocorreu em *E. inflexa* com a maior *onset* e dTG máxima.

Os dados da temperatura do pico do fluxo de calor apresentaram F significativo ao nível de 1% de probabilidade. Na Tabela 9 estão os dados de picos de fluxo de calor para as espécies estudadas.

Tabela 9. Picos de Fluxo de Calor da DSC com resultados do teste de t.

<b>Espécies</b>	<b>Temperatura do pico (°C)</b>	
<i>Vochysia thyrsoides</i>	431,26	a
<i>Palicourea rigida</i>	397,87	b
<i>Lavoseiera bergii</i>	398,78	b
<i>Echinolaena inflexa</i>	383,68	b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

O percentual de massa restante no pico fluxo de calor apresentaram “F” não significativo na ANOVA, o teste de t não apresentou diferenças significativas entre as médias de 43,7% para *V. thyrsoidea*, 44,7% para *P. rigida*, 44,2 % para *L. bergii* e 47% para *E. inflexa*. Esses dados estão alinhados com os valores relativos às porcentagens do fim do teor de voláteis e início do teor de carbono fixo, onde ocorre a maior liberação de gases e calor durante a combustão. *E. inflexa* como tem a maior taxa de consumabilidade, chega mais rapidamente nesse pico.

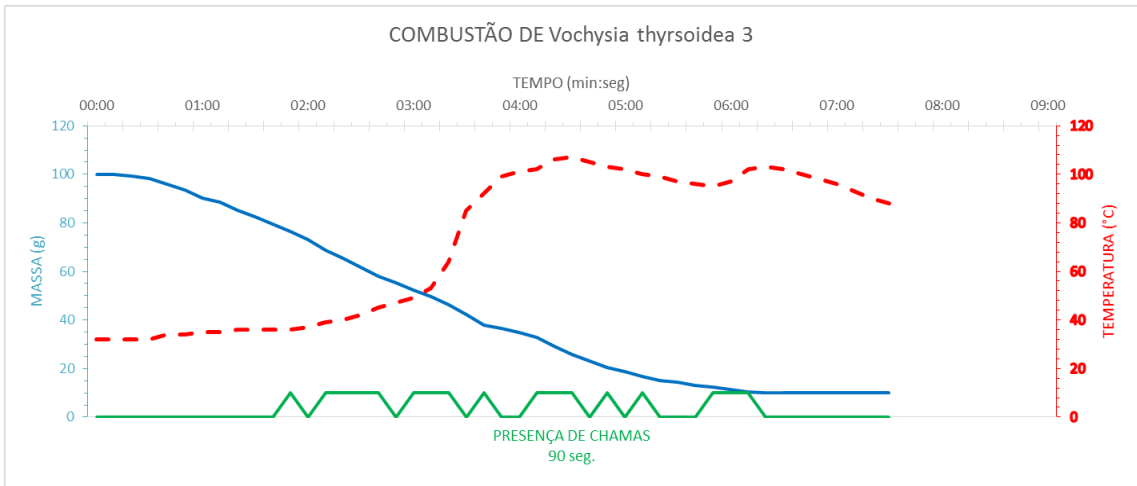
O maior pico de fluxo de calor para *V. thyrsoidea* está coincidentemente relacionado ao seu maior teor de carbono fixo. Isso porque as maiores temperaturas nessa faixa se relacionam a queima do carbono fixo na massa restante, depois de consumida boa parte dos materiais voláteis. A maior temperatura também é mais difícil de ser alcançada, tornando a inflamabilidade de *V. thyrsoidea* menor. A menor diferença entre o pico de temperatura da perda de massa e o pico do fluxo de calor para *E. inflexa* indica que mais rápido consegue transmitir o calor, o que proporciona maior propagabilidade de suas chamas. Leroy *et al.* (2006) encontraram picos exotérmicos de fluxo de calor entre 364,9°C e 504,9 °C e as espécies menos inflamáveis foram *Arbustus unedo* e *Cistus monspeliensis*.

#### **4.7 Combustão e Perda de massa**

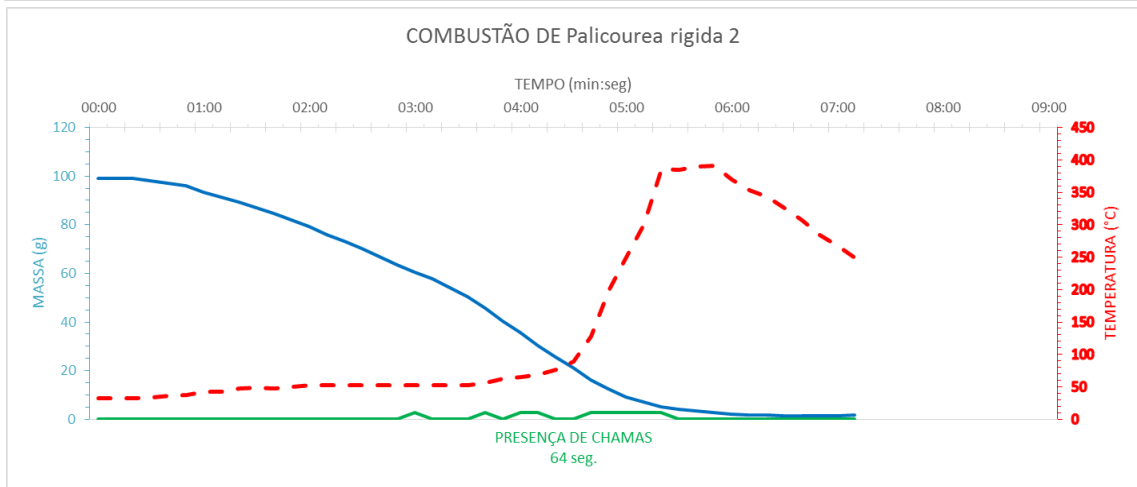
O acendimento do álcool ao longo do processo forneceu cerca de 204,2 kcal. A distribuição das chamas pelo volume das folhas favoreceu o consumo total das folhas e indicou uma propagação lateral das chamas. Em geral, a primeira chama em quase todos os ensaios foi muito breve e deve estar relacionada com a inflamação dos óleos essenciais foliares. Depois, um grupo de chamas mais estáveis apresentam-se agrupadas e com uma duração maior. Inicialmente relacionando-se com a combustão dos voláteis e na sequência com a combustão do carbono fixo com chamas mais claras. O pico de temperatura se relacionou com a fração da massa foliar associada aos materiais ligno-celulósicos. A massa restante se relaciona com o teor de cinzas quando houve combustão total do material foliar (QUIRINO, BRITO, 1991).

Na Figura 7 estão os gráficos de perda de massa, temperatura da combustão e presença de chamas em função do tempo de combustão das folhas das espécies selecionadas. Na Tabela 11 estão os dados compilados. A ANOVA para os tempos de aparecimento da primeira chama resultaram em F significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < .05$ ), enquanto os outros dados apresentaram F não significativo.

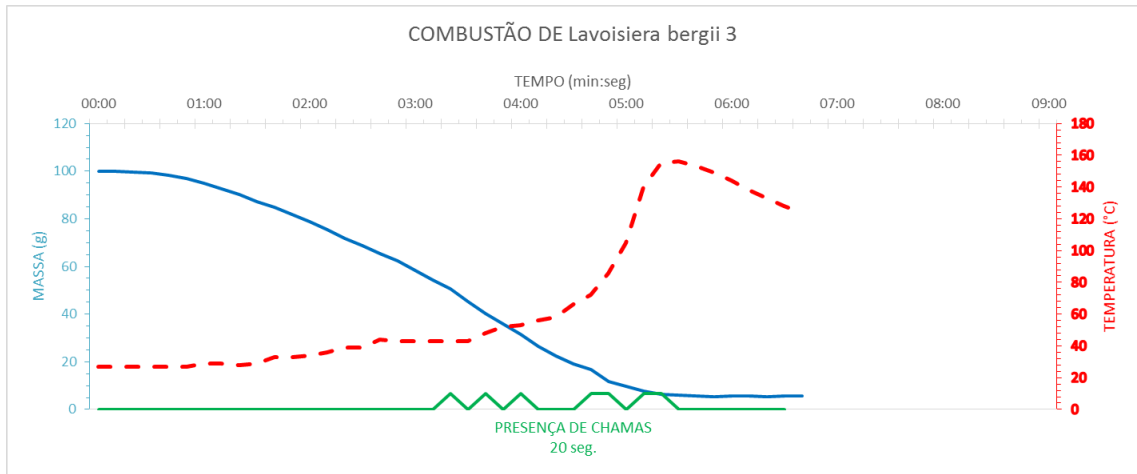




A



B



C

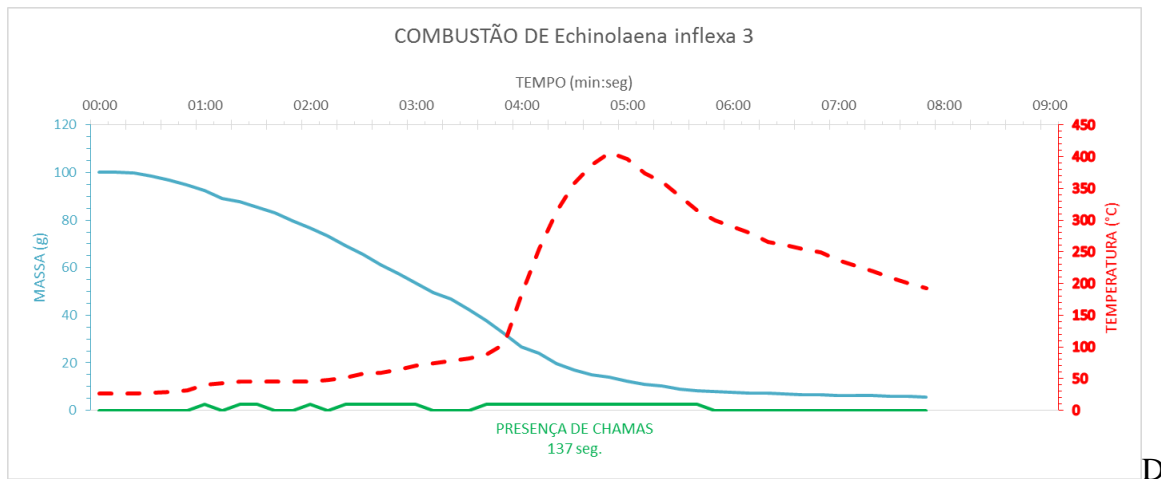


Figura 7. Perda de massa e temperatura em função do tempo e a presença de chamas na combustão de *V. thyrsoidea* (A), *P. rigida* (B), *L. bergii* (C) e *E. inflexa* (D). O n°. depois do nome representa a repetição.

Tabela 10. Dados compilados dos ensaios no combustor com resultados do teste de t (apenas a tempo para 1ª chama teve F significativo).

Espécie	Pico		Primeira chama			Total chamas	Consumo
	(°C)	(%)	(seg)	(°C)	(%)	(seg)	(%)
<i>V. thyrsoidea</i>	252,7	16,0	116,7 bc	66,0	67,0	88,7	93,0
<i>P. rigida</i>	344,7	3,0	143,3 ab	60,3	61,3	71,7	97,7
<i>L. bergii</i>	154,3	6,7	183,3 a	51,3	53,3	17,0	93,3
<i>E. inflexa</i>	308,3	9,3	70,0 c	41,3	86,7	175,7	96,3

(%) representa a massa.

Foi possível observar para *Vochysia thyrsoidea* uma inconstância das chamas, com um acende/apaga não permitindo a propagação das chamas, o que potencializa ainda mais a baixa inflamabilidade dessa espécie. Outro ensaio apresenta um agrupamento das chamas, isto é, as chamas permanecem por mais tempo. As chamas da combustão de *V. thyrsoidea* não atingiram os tons mais claros, indicando temperaturas menores de propagação. Observou-se também que até a estabilização da perda de massa, restaram folhas parcialmente não queimadas em alguns ensaios.

As chamas na combustão de *Palicourea rigida* não alcançaram o branco, indicando uma temperatura menor que as chamas claras de *E. inflexa*. Ao final da combustão da *Palicourea rigida*, restaram cinzas da lâmina foliar e brasas das nervuras principais provavelmente devido a uma maior lignificação destas estruturas. Poucas partes da nervura central mais espessa ficaram sem queimar.

Nos ensaios de *Lavoisiera bergii* as primeiras chamas apesar de fugazes apresentaram coloração branca indicando altas temperaturas e azul sinal de combustão completa. No restante do ensaio as chamas permaneceram em tons mais escuros. As chamas em *E. inflexa* apresentam-se bem claras indicando altas temperaturas e ainda bem fortes caracterizando as chamas eruptivas. Ao final da combustão, restaram apenas brasas indicando uma alta consumabilidade para essa espécie

As temperaturas registradas nesse ensaio (pelo termopar estar 10 cm distante da amostra) são evidentemente menores que as temperaturas efetivas da combustão dessas folhas, também em condições reais de campo. A distância entre o termopar e a amostra bem como o *delay* do termopar causam essa forte redução na medição de temperatura. As chamas em materiais ligno-celulósicos podem chegar a 1500°C. A incandescência mostrada no final dos ensaios pelas nervuras das folhas indica temperaturas maiores que 1000°C (CARVALHO *et al.*, 2009). Dessa forma, considerando também as cores das chamas, pode-se afirmar que as temperaturas registradas nos ensaios são maiores nas amostras. Em geral, os ensaios de combustão mostram que os picos de temperatura ocorrem logo após o fim das chamas e coincidem com o quarto final da massa.

Rocha *et al.* (2004) informa que a expressiva decomposição térmica da lignina se dá a partir de 500°C, antecedida pela decomposição de hemicelulose e celulose a partir de 250°C, e iniciada pela decomposição térmica dos extrativos a partir de 100°C. Batista *et al.* (2012), utilizando um epiradiador a 250°C, confirmaram a baixa inflamabilidade de *Viburnum odoratissimum* que apresentou 18,2 segundos para o início da ignição. Esses dados indicam que a baixa inflamabilidade está relacionada à um conjunto de fatores. No caso das espécies do presente estudo, as espécies selecionadas foram classificadas previamente como de baixa inflamabilidade a partir do levantamento de campo.

Murray *et al.* (2013) encontrou o tempo de atraso na ignição de espécies nativas entre 6,4 a 72,4s. Essas espécies foram consideradas de menor inflamabilidade quando comparadas com espécies exóticas à floresta esclerófila seca do sudeste australiano. As folhas da espécie *Persoonia pinifolia* apresentaram o maior tempo de atraso para ignição quando submetida a um calor radiante de 500°C de 74,4 segundos e teor de umidade de 58,26%. *P. pinifolia* possui folhas estreitas quase aciculares e é da família das Proteaceae como *R. montana* desse estudo. *Gonocarpus teucroides* apresentou o maior teor de umidade (77,2%) mas um tempo de atraso da ignição não tão grande de 19,8s.

*Michelia macclurei* apresentou o menor índice de possibilidade de fogo, um tempo de ignição de 38 segundos no cone-calorímetro e um teor de umidade de 142,7% (TIAN *et al.*, 2007). Kim *et al.* (2006), estudando inflamabilidade de espécies florestais coreanas, encontrou a menor temperatura de ignição por calor radiante de 307 °C para folhas caídas de *Quercus variabilis*.

Biondi *et al.* (2014), considerando o potencial das estradas como barreiras à propagação de incêndios na interface urbano florestal, estudou a inflamabilidade de espécies ornamentais nativas do sul do Brasil objetivando seu uso como barreiras verdes associadas às estradas. *Aspilia montevidensis* e *Peltodon rugosus* foram confirmadas como plantas herbáceas de baixa inflamabilidade indicadas para barreiras verdes por apresentarem, entre outras características, tempo para ignição maior que 60 segundos e 13 e 9,2 segundos de duração da combustão das folhas, respectivamente, num epiradiador a 250°C.

Dimitracopoulos *et al.* (2011) estudando espécies representativas de coníferas de florestas europeias, concluíram que a frequência dos incêndios florestais em determinadas áreas não pode ser atribuída à inflamabilidade espécie-específica, mas a um conjunto de fatores ecológicos, ambientais e antropogênicos. Utilizando um cone radiador, encontrou como tempo para ignição de *Picea excelsa* 39,6 segundos à 231,7°C, com PCS de 19,1 kJ/g e teor de cinzas de 4,5% (1h à 650°C). Já *Pinus silvestres* apresentou a maior temperatura de ignição de 248,2°C, tempo de ignição de 28,1s, PCS 20,5 kJ/g e teor de cinzas de 2,5%.

Hachimi *et al.* (2011) estudando florestas Marroquinas durante o verão, ranqueou a inflamabilidade de 22 espécies representativas utilizando a técnica do epiradiador e outras características foliares. Encontrou a menor inflamabilidade para *Thymelae alythroides* com 43% de teor de umidade base seca e 8,8s para ignição no epiradiador.

#### **4.8 Sobrevivência aos incêndios florestais**

Keeley *et al.* (2011) explica que algumas espécies estão adaptadas a regimes de fogo, mas os indivíduos em si em geral são susceptíveis ao incêndio. O fogo antropogênico pode mudar essa condição afetando espécies que trazem essa caracter evolutivo. Para eles, algumas espécies de alta inflamabilidade concentram suas estratégias reprodutivas após um evento de fogo, pois acabam ganhando a competição ao afetar as sementes de outras espécies e descobrir a serapilheira do solo, favorecendo seus propágulos. Nas coletas de 2014, foi

verificado que os indivíduos de *V. thyrsoidea*, *P. rigida*, *L. bergii*, afetados pelo fogo no ano anterior, apresentaram alta capacidade de sobrevivência com rebrotas e folhas novas. Num estudo de sobrevivência aos incêndios florestais, *P. rigida* apresentou alta taxa de sobrevivência em áreas queimadas (LOPES et al., 2009). A floração de *P. rigida* é até favorecida pelo fogo (MIRANDA, SATO, 2006). No caso de *P. rigida* notou-se um maior ataque por insetos e micro-organismos nos indivíduos afetados pelo fogo.

Fiedler *et al.* (2004) confirmaram a resistência de *V. thyrsoidea* ao incêndio após reinventariar uma área de Cerrado após 3 anos. *Palicourea rigida* Kunth praticamente não alterou sua população com a passagem de 2 incêndios durante 4 anos mantendo sua densidade e dominância (LOPES *et al.*, 2009). *R. montana* é fortemente afetada pelo fogo, em suas flores, frutos, estabelecimento e sobrevivência (MIRANDA, SATO, 2006). Fiedler *et al.* (2004) verificaram que *R. montana* foi praticamente excluída da comunidade após a passagem do fogo. *P. rigida* mostrou-se resiliente ao fogo, enquanto *R. montana* sofreu drástica redução (SENA, PINTO, 2008). Lopes *et al.* (2009) evidenciaram a forte suscetibilidade de *R. montana* ao fogo com uma expressiva redução de sua densidade relativa em área com a ocorrência de incêndios.

#### **4.9 Inflamabilidade das espécies classificadas**

Na Tabela 11 está o ranqueamento das espécies quanto a inflamabilidade a partir dos parâmetros mais representativos encontrados no estudo. Os valores do somatório de pontos separam claramente *E. inflexa* de alta inflamabilidade das demais. *L. bergii* apresentando a menor pontuação é a menos inflamável, seguida por *P. rigida* e *V. thyrsoidea*.

O maior peso (7) foi conferido ao tempo para ocorrência da primeira chama. Esse parâmetro expressa a característica mais marcante para inflamabilidade, pois mostra que a folha resiste por mais tempo ao fogo antes de apresentar chama. O peso 6 foi conferido ao tempo de duração das chamas, tendo em vista que representa a sustentabilidade das chamas. Nesse tempo, está a oportunidade de a chama secar, pirolisar e incendiar folhas adjacentes. A temperatura de *onset* recebeu o peso 5, pois quanto maior essa temperatura maior a taxa de perda de massa pela combustão, representando a combustibilidade. O peso 4 foi conferido ao teor de umidade, devido sua forte influência para inflamabilidade, pois a chama só é

possível após o avanço da frente de secagem que se relaciona diretamente com o tempo para o aparecimento da chama.

Tabela 11. Principais características de inflamabilidade. Análise das relações entre as variáveis frente à inflamabilidade. Pontuações (de 1 a 4, multiplicado por um peso de 1 a 7). Última coluna- indica sua pontuação de inflamabilidade- quanto menor, menor inflamabilidade.

Espécies	U (%)	MV (%)	E (mm)	PCS (cal/g)	TCh (s)	DCh (s)	TOn (°C)	Σ Pontos
<i>V. thyrsoidea</i>	146 (12)	73,6 (3)	4,8 (4)	4570 (3)	117 (21)	89 (18)	236,2 (5)	<b>(66)</b>
<i>P. rigida</i>	173 (8)	76,1 (9)	5,6 (2)	4581 (4)	143 (14)	72 (12)	244,9 (10)	<b>(59)</b>
<i>L. bergii</i>	257 (4)	73,9 (6)	2,7 (6)	4492 (1)	183 (7)	17 (6)	246,1 (15)	<b>(45)</b>
<i>E. inflexa</i>	50 (16)	76,8 (12)	1,8 (8)	4548 (2)	70 (28)	176 (24)	260,5 (20)	<b>(110)</b>

U – umidade, MV – material volátil, E – espessura, PCS – poder calorífico superior, TCh – tempo de ocorrência da primeira chama, DCh - duração das chamas, TOn – temperatura de onset.

Os gases de pirólise são provenientes dos materiais voláteis existentes nas folhas, por isso foi conferido o peso 3 ao teor de voláteis. A ação do calor sobre o tecido foliar, ocorre em camadas de forma que primeiro tem-se a frente de secagem, seguida pela frente de pirólise. Portanto, a espessura relaciona-se com o tempo e a distância para avanço dessas frentes e por isso recebeu o peso 2. Por fim, o Poder Calorífico Superior representa todo o calor que a biomassa foliar pode fornecer para propagação do incêndio durante todo o processo de queima, e por isso recebeu o menor peso. O somatório de pontos separou as espécies de baixa inflamabilidade em 67% (110-66/66) da espécie de alta inflamabilidade. Ou seja, considerando apenas os parâmetros analisados e as espécies estudadas, *V. thyrsoidea* tem 67% menos possibilidade de se inflamar que *E. inflexa*, *P. rigida*, 86% e *L. bergii* tem a possibilidade de inflamação 144% menor que *E. inflexa*.

Gauteame *et al.* (2013), ranqueando espécies estudadas, tabelaram com 178% de teor de umidade base seca, 0,032cm de espessura, área de 13,2cm<sup>2</sup>, volume de 0,43cm<sup>3</sup>, 31,09cm<sup>-1</sup> de relação área/volume, 29,6s para ignição e 9s de duração das chamas no epirradiador a 420°C, e 19,93 kJ/ kg de PCS para *Pittosporum tobira* que foi classificada como de baixa inflamabilidade e indicada para o paisagismo protetivo. Os autores alertam para o fato de que a irrigação frequente e as podas de manutenção tendem a diminuir a inflamabilidade das plantas em geral.

#### 4. CONCLUSÕES

O elevado teor de umidade, que é um excelente indicativo de baixa inflamabilidade, o baixo teor de material volátil, o alto tempo de atraso para ignição, forneceram um indicativo confirmador da baixa inflamabilidade de *V. thyrsoides*, *P. rigida* e *L. bergii* em comparação a *E. inflexa*.

Em comparação com a vegetação adjacente queimada, as espécies *Vochysia thyrsoides*, *Palicourea rigida*, e *Lavoseiera bergii* apresentaram-se como espécies de baixa inflamabilidade. Esta constatação, a partir das observações em áreas queimadas foi comprovada e explicada pela análise de suas características e com os resultados dos ensaios laboratoriais especialmente em comparação com *Echinolaena inflexa*.

*Roupala montana*, apesar de se apresentar preservada em áreas queimadas, sofre mortalidade com a passagem do fogo. *Bromelia laciniosa*, apesar de se apresentar preservada em áreas queimadas, retém folhas secas, o que a desclassifica como planta de baixa inflamabilidade. *Lycopodiella alopecuroides* apresenta-se preservada em áreas queimadas e apresenta características de baixa inflamabilidade, mas faltam-lhe atributos de resistência à seca.

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Este estudo visou preencher uma lacuna nas pesquisas sobre inflamabilidade das espécies do Cerrado. O estudo da inflamabilidade das espécies nativas pode apontar estratégias alternativas para contenção dos incêndios florestais no Cerrado de modo a diminuir os danos ecológicos e sociais. Associadas aos aceiros tradicionais, estas plantas de baixa inflamabilidade poderão ser utilizadas na proteção aos incêndios florestais em áreas de restauração, em casas na interface urbano florestal, em unidades de conservação. As plantas de baixa inflamabilidade se configuram como mais uma estratégia na proteção contra incêndios florestais em qualquer estrutura ou sistema que se queira proteger.

O estudo da inflamabilidade pode ajudar nas atividades do Corpo de Bombeiros ao alertar para as espécies de alta inflamabilidade e possibilidade de manejo preventivo com as espécies de baixa inflamabilidade. As barreiras verdes podem servir como rotas mais seguras de acesso e fuga para guarnições de combate e ocupantes da área de propagação do fogo. Muitas pessoas, atraídas pelo contato com a natureza, querem estabelecer suas residências o mais próximo possível de áreas florestais. Também instituições que precisam se instalar próximos a ambientes naturais e ricos em vegetação. Daí a necessidade de um paisagismo

protetivo que concilie a segurança contra incêndios e a proximidade com a beleza cênica de ambientes naturais.

Em áreas de Cerrado, a estratégia é construir aceiros e evitar a alta dominância de poucas espécies, principalmente gramíneas, criando um mosaico de inflamabilidade, com plantas de baixa inflamabilidade integrando a silvicultura preventiva. As fitofisionomias como cerrado *sensu stricto* e os campos são onde ocorre a maioria dos incêndios florestais de maiores proporções, devido maior quantidade de gramíneas, insolação e vento.

Nos aceiros já construídos, ou em planejamento, sugere-se o uso das espécies estudadas da seguinte forma:

1. Coleta de sementes e produção de mudas em viveiro: *Lavoisiera bergii*- coleta abundante de semente para plantio direto a lanço em faixas gradeadas; *Vochysia thyrsoidea* e *Palicourea rigida*- coleta de sementes e produção de mudas em saquinhos;
2. Construção ou manutenção do aceiro tradicional;
3. Dentro do aceiro tradicional, preparo de solo em linhas, coincidentes com as linhas da gradagem, sobre o aceiro com subsolagem, sulcagem, correção, adubação;
4. Gradagem de 3 faixas ao longo do aceiro: as faixas externas serão destinadas para o plantio a lanço de *L. bergii* e *L. alopecuroides*; os limites entre as faixas laterais e central serão destinados ao plantio das mudas de *P. rigida*; o centro da faixa central será destinado ao plantio das mudas de *V. thyrsoidea*;
5. Plantio direto a lanço de *L. bergii* sobre as faixas gradeadas;
6. Plantio das mudas de *P. rigida* nas linhas distantes 1m entre si e de *V. thyrsoidea* na linha central distantes 2m entre si, intercaladas com *P. rigida*;
7. Tratos culturais (remoção da mato-competição, replantio e adubação de cobertura) até o estabelecimento, no mínimo 2 anos; e
8. Manutenção periódica com remoção do mato sobre o aceiro tradicional e da serapilheira sob a barreira verde.
9. Com a perda de folhas na estação chuvosa a serapilheira da barreira verde deve ter uma deterioração breve, não contribuindo para propagação. O sombreamento deve levar a uma baixa densidade de ervas invasoras sob *V. thyrsoidea*.

Depois de instalado e estabelecido, transcorridos alguns anos, poderão ser testadas, analisadas e comprovadas as propriedades de contenção da propagação de incêndios.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEE, J. K.; WRIGHT, C. S.; WILLIAMSON, N.; HUFF, M. H. (2002) Foliar moisture content of Pacific Northwest vegetation and its relation to wildlandfire behavior. **Forest Ecology and Management** 167 p.57-66

ALBINI, F. A., (1992): Dynamics and modeling of vegetation fires: observations, pp. 39-52, in Crutzen and Goldammer (eds.) **Fire in the Environment** (New York: Wiley).

ALESSIO, G. A.; PEÑUELAS, J.; LLUSIÀ, J.; OGAYA, R.; ESTIARTE, M.; DE LILLIS, M. (2008). Influence of water and terpenes on flammability in some dominant Mediterranean species. **International Journal of Wildland Fire** 17, p. 274–286.

ALMEIDA, S. D., PROENÇA, C. E. B., SANO, S. M., & RIBEIRO, J. F. (1998). **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: Embrapa-CPAC, p.464.

ANDERSON, H. E. (1970). Forest fuel ignitibility. **Fire Technology** 6, p. 312 – 322.

BARBONI, T.; CANNAC, M.; LEONI, E.; CHIARAMONTI, N. (2011). Emission of biogenic volatile organic compounds involved in eruptive fire: implications for the safety of firefighters. **International Journal of Wildland Fire**, 20, 152–161.

BARBONI, T.; CANNAC, M.; LEONI, E.; CHIARAMONTI, N. (2011). Emission of biogenic volatile organic compounds involved in eruptive fire: implications for the safety of firefighters. **International Journal of Wildland Fire**, 20, p. 152–161.

BATISTA, A. C., BIONDI, D. (2009). Avaliação da inflamabilidade de *Ligustrum lucidum* Aiton (Oleaceae) para uso potencial em cortinas de segurança na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, UFRPE, v.4, n.4, p.435-439.

BATISTA, A.C., BIONDI, D., TETTO, A. F., ASSUNÇÃO, R., TRES, A., TRAVENISK, R. C. C., KOVALSYKI, B. (2012). Evaluation of the Flammability of Trees and Shrubs Used in the Implementation of Green Barriers in Southern Brazil. General Technical Report PSW-GTR-245. In: **Proceedings of the Fourth International Symposium on Fire Economics, Planning, and Policy: Climate Change and Wildfires**, Mexico City, Mexico. November 5-11.

BEHM, A. L. (2003). **Flammability of native understory species in ineflatwood and hardwood hammock ecosystems**. These of Master. University of Florida.

BEHM, A. L.; LONG, A. J.; MONROE, M. C.; RANDALL, C. K.; ZIPPERER, W. C.; HERMANSEN-BAEZ, L. A. (2011). **Fire in the Wildland-Urban Interface: Preparing a Firewise Plant List for WUI Residents**. Circular 1453. University of Florida. IFAS Extension.

DAL BEM, A. J. (2008). **Análise do desempenho de um motor ciclo Otto alimentado com álcool de 75 INPM**. Tese de doutorado em Engenharia Mecânica. Universidade de São Paulo. 231p.

BILBAO, R.; MASTRAL, J. F.; CEAMANOS, J.; ALDEA, M.E. (1996). Modeling of the pyrolysis of wet wood. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis** 36, p. 81–97.

CASTRO, E. A.; KAUFFMAN, J. B. (1998). Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology** 14. p. 263–283.

CASTRO, H. A., GONÇALVES, K. S., HACON, S. S. (2009). Tendência da mortalidade por doenças respiratórias em idosos e as queimadas no Estado de Rondônia/Brasil – período entre 1998 e 2005. **Ciência & Saúde Coletiva**, 14(6): p. 2083-2090.

ÇENGEL, YUNUS A., GHAJAR, AFSHIN J. (2012) **Transferência de Calor e de Massa-uma abordagem prática**. Adaptado por Mehmet Kanoglu. Tradução Fátima Lino. 4. Ed. Porto Alegre: AMGH, 904 p.

CFA. (2011) Brochure: LANDSCAPING FOR BUSHFIRE: GARDEN DESIGN AND PLANT SELECTION. Disponível em: [http://www.cfa.vic.gov.au/fm\\_files/attachments/plan\\_and\\_prepare/landscaping/landscaping\\_for\\_bushfire.pdf](http://www.cfa.vic.gov.au/fm_files/attachments/plan_and_prepare/landscaping/landscaping_for_bushfire.pdf), acesso em 16/04/2015

CARVALHO, R. V. T. G.; ROSA, L. M.; SILVA, M. G.; BARROS, F. C.; **BRAGA, G. C. B.**; ARAUJO, A. A. ; LANDIM, H. R. O.; SOUZA JUNIOR, D. V. ; SIGNALE, V. ; CAMPOS, A. T. ; PEREIRA, S. L. ; SPOTORNO, M. Q. ; PEREIRA, K. M. G.; VALDEZ, R. F. C. C.; RAMALHO, M. D.; ALVES, K. R. B.; RIBEIRO, G. B.; SILVA, E. J.; LISBOA NETO, J. P.; SALAZAR, H. F. (2009). **Manual básico de combate a incêndio: módulo 1: Comportamento do fogo**. 2. ed. Brasília: CBMDF. 160p.

CSR/IBAMA. (2009). **Relatório Técnico de Monitoramento do Desmatamento no Bioma Cerrado, 2002 a 2008: Dados Revisados**. Novembro de 2009.

CUI, Y. (2007) Fire management in China: Application and Developmen to fuelbreaks. In **Wildfire 2007**, Sevilha, Espanha,

CURT, T.; GANTEAUME, A.; ALLEAUME, S.; BORGNIET, L.; CHANDIOUX, O.; JAPPIOT, M.; LAMPIN, C.; MARTIN, W. (2007).Vegetation flammability and ignition potential atroad-forest interfaces (southern France). In **Wildfire 2007**, Sevilha, Espanha.

DIMITRAKOPOULOS, A. P.; PAPAIOANNOU, K. K. (2001). Flammability assessment of Mediterranean forest fuels. **Fire Technol** 37: 143-152.

DIMITRAKOPOULOS, A.P; MITSOPOULOS, I.D; KALIVA, A. Short communication. (2011).Comparing flammability traits among fire-stricken (low elevation) and non fire-stricken (high elevation) conifer forest species of Europe: a test of the Mutch hypothesis. **Forest Systems**, 22.

DORAN, J. D.; RANDALL; C. K.; LONG; A. J. (2007). **Fire in the Wildland-Urban Interface: Selecting and Maintaining Firewise Plants for Landscaping**. Brochure. University of Florida, Institute of Foodand Agricultural Sciences (IFAS) and the USDA Forest Service, Southern Research Station, Southern Center for Wildland-Urban Interface Research and Information

FAO. (2007). **Manejo del Fuego: principios y acciones estratégicas. Directrices de carácter voluntario para el manejo del fuego**. Documento de Trabajo sobre el Manejo delFuego No.17. Roma (disponible [www.fao.org/forestry/site/35853/en](http://www.fao.org/forestry/site/35853/en)).

FIEDLER, N. C.; AZEVEDO, I. N. C.; REZENDE, A. V.; MEDEIROS, M. B.; VENTUROILI, F. (2004) Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição Florística de uma área de Cerrado sensu stricto na Fazenda Água Limpa-DF. **SIF R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 1, p. 129-138.

FORESTRY RESEARCH INSTITUTE OF GHANA. (2003). Final technical report: **Forest fire management in Ghana**. Kumasi, December 2003.

FRIEDERICI, P. (2013). Catching Fire. **Nature Conservancy**. July/ August 2013. p. 30-41.

GANTEAUME, A.; JAPPIOT, M.; LAMPIN, C.; GUIJARRO, M.; HERNANDO, C. (2013). Interfaces in Southeastern France: Laboratory Assessment. **Environmental Management** 52:467–480 DOI 10.1007/s00267-013-0067-z

GILL, A. M.; MOORE, P. H. R. (1996). **Ignitibility of leaves of Australian plants**. CSIRO Plant Industry, Centre for Plant Biodiversity Research. (Canberra). 36 p.

GILL, A. M.; ZYLSTRA, P. (2005). Flammability of Australian forests. **Australian Forestry**, Canberra, Vol. 68, No. 23, p. 87–9.

HALTENHOFF, H. D. (2006). **Silvicultura Preventiva**: Silvicultura para la prevención de incendios forestales en plantaciones forestales. Manual de trabajo 452. Corporación Nacional Forestal. 2ª Ed. Gobierno de Chile.

HULL, B.; ASHTON, S. F.; VISSER, R. M.; MONROE, M. C. (2012) **Forest Management in the Interface: Reducing**. Document FOR 179, Forest Management in the Interface series of the School of Forest Resources and Conservation, Florida

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Estação Brasília. (2013). **Gráfico de estação meteorológica automática**. Disponível em [http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_auto\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf). Acesso em: 14/12/2013.

INPE (2014). **Comparativo dos dados do ano corrente com os valores máximos, médios e mínimos**. Disponível em: [http://www.inpe.br/queimadas/estatisticas\\_estado.php?estado=DF&nomeEstado=DISTRIT0%20FEDERAL](http://www.inpe.br/queimadas/estatisticas_estado.php?estado=DF&nomeEstado=DISTRIT0%20FEDERAL). Acesso: 10/10/2014

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (2004) Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Gerência do Centro de Estudos Ambientais do Cerrado. **Reserva Ecológica do IBGE: Ambiente e plantas vasculares**. Rio de Janeiro.

KEELEY, J. E.; PAUSAS; J. G.; RUNDEL, P. W.; BOND, W. J.; BRADSTOCK, R. A. (2011). Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. **Trends in Plant Science**, August 2011, Vol. 16, No. 8. Published by Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.tplants.2011.04.002

KIM, D. H.; LEE, M. B.; KOO, K. S.; LEE, S. Y. (2006). Abstract: Forest fire risk assessment through analyzing ignition characteristics of forest fuelbed. **Ecology and Management** 234S S31

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. (2005). **Química Da Madeira**- 3ª Ed. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. SCA. UFPR. Curitiba. 2005. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/quimicadamadeira.pdf> acesso 26/12/2014

KOPROSKI, L. (2010). **Risco de incêndio e suas correlações com a diversidade biológica no Parque Estadual do Cerrado (Paraná, Brasil)**. Tese de doutorado. Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 226 p.

KRUG, T.; FIGUEIREDO, H. B.; SANO, E. E.; ALMEIDA, C. A.; SANTOS, J. R.; MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. A. (2002). **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Relatórios de referência. Emissões de gases de efeito estufa da queima de biomassa no Cerrado não-antrópico utilizando dados orbitais**. Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília.

LARA, D. X., FIEDLER, N. C., MEDEIROS, M. B. (2007). Uso do fogo em propriedades rurais do cerrado em Cavalcante, GO. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 1, p. 9-15, jan-mar.

LEROY, V., CANCELLIERI, D., LEONI, E. (2006). Thermal degradation of ligno-cellulosic fuels: DSC and TGA studies. **University of Corsica**, France.

LIODAKIS, S.; VORISIS, D.; AGIOVLASITIS, I. P. (2005). A method for measuring the relative particle fire hazard properties of forest species. **Termochimica Acta** 437. P. 150-157.

LIODAKIS, S.; KAKARDAKIS, T.; TZORTZAKOU, S.; TSAPARA, V. (2008). How to measure the particle ignitability of forest species by TG and LOI. **Thermochimica Acta** 477.

LONG, A.; HINTON, B.; ZIPPERER, W.; HERMANSEN-BAEZ, A.; MARANGHIDES, A.; MELL, W. (2006). Quantifying and ranking the flammability of ornamental shrubs in the southern United States. In: **Fire Ecology and Management Congress Proceedings**. The Association for Fire Ecology. Washington State University Extension.

LOPES, S. F., VALE, V. S., SCHIAVINI, I. (2009). Efeito de queimadas sobre a estrutura e composição da comunidade vegetal lenhosa do cerrado sentido restrito em Caldas Novas, GO. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.4, p.695-704.

LORENZI, H. (2002). **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora

MADRIGAL, J.; HERNANDO, C.; GUIJARRO, M.; DIEZ, C.; MARINO, E.; CASTRO, A. J. (2009). Evaluation of Forest Fuel Flammability and Combustion Properties with an Adapted Mass Loss Calorimeter Device. **Journal of Fire Sciences** .Online First, published on June 11, doi:10.1177/0734904109102030

MARTIN, R. E.; GORDON, D. A.; GUTIERREZ, M. E.; LEE, D. S.; MOLINA, D. M.; SCHROEDER, R. A.; SAPSISDB STEPHENS, S. L.; CHAMBERS, M. (1994). Assessing the flammability of domestic and wildland vegetation. In **Proceedings of the 12th**

**conference on fire and forest meteorology**, (Society of American Foresters: Bethesda, MD), Jekyll Island, GA. p. 130–137.

MASSADA, A. B.; RADELOFF, V. C.; STEWART, S. I. (2011). Allocating fuel breaks to protect structures in the wildland–urban interface. **International Journal of Wildland Fire**, 20, P. 59–68

MEDEIROS, M. B.; MIRANDA, H. S. (2005). Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta bot. Bras.** 19(3): 493-500.

MEDEIROS, M.B.; FIEDLER, N.C. (2004). Incêndios Florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: Desafios para a conservação da Biodiversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p.157- 168.

MIRANDA, H. S.(org.) (2010). **Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades no cerrado: Resultados do Projeto Fogo**. IBAMA, Brasília.

MIRANDA, H. S.; SATO, M. N. (2006). Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Orgs.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, p.95-103

MIRANDA, H.S.; NETO, W.N. & NEVES, B.M.C. (2010). Caracterização das queimadas de Cerrado. In: MIRANDA, H.S. (org.). **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo**. Brasília-IBAMA, p. 23- 33.

MOLLISON, B., SLAY, R. M. (1998). **Introdução a Permacultura**. Tradução Andre Luiz Jaeger Soares. Brasília: MA/ SDR/ PNFC, 204p.

MORELLI, F.; LAGDEN, P. (2012) Queimadas: prevenção e combate. Artigo. **Revista Digital Univesp**. Disponível: [http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/2012\\_Morelli\\_Lagden\\_Queimadas\\_prevencao\\_UNIVESP.pdf](http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/2012_Morelli_Lagden_Queimadas_prevencao_UNIVESP.pdf) acesso:15/Mar/2012.

MORROW, R. (1993). **Permacultura Passo a Passo**. Tradução de André Luis Jaeger Soares. Pirenópolis: Ecocentro IPEC.

MUNHOZ, C.B.R. & AMARAL, A.G. (2010). Efeito do fogo no estrato herbáceo-subarbustivo do Cerrado. In: MIRANDA, H.S. (org.). **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo**. Brasília-IBAMA, p. 93- 102.

MUNHOZ, C. B. R., EUGÊNIO, C. U. O., & OLIVEIRA, R. C. (2011). **Vereda: guia de campo**. Rede de Sementes do Cerrado, Brasília.

MURRAY, B. R.; HARDSTAFF, L. K.; PHILLIPS, M. L. (2013) Differences in Leaf Flammability, Leaf Traits and Flammability- Trait Relationships between Native and Exotic Plant Species of Dry Sclerophyll Forest. **PLoS ONE** 8(11): e79205. doi:10.1371/journal.pone.0079205

NEPSTAD, D. C.; MOREIRA, A.; ALENCAR, A. A. (1999). **A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia**. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, Brasil. 202 p.; il.

NEVES, A. C. O.; BEDÊ, L. C.; MARTINS, R. P. (2011). Revisão sobre os Efeitos do Fogo em Eriocaulaceae como Subsídio para a sua Conservação. **Biodiversidade Brasileira**, v. 2, p. 50-66.

NÚÑEZ-REGUEIRA, L.; AÑON, J. A. R.; CASTIÑEIRAS, J. P. (1996). Calorific values and flammability of forest species in Galicia. Costal and hillside zones. **Bioresource Technology** 57.

NÚÑEZ-REGUEIRA, L.; AÑON, J. A. R.; CASTIÑEIRAS, J. P. NÚÑEZ -FERNÁNDEZ, O. (2001). Calculation of forest biomass indices as a toll to fight forest fires. **Thermochimica Acta** 378. P. 9-25

NÚÑEZ-REGUEIRA, L.; RODRÍGUEZ-AÑON, J. A.; PROUPÍN, J.; DIZ, A. V. (2002). Calorimetry as a tool to design campaigns to prevent and fight forest fires originating from shrub species. **Thermochimica Acta** 394. p.279–289.

OLIVEIRA, P. C.; CARVALHO, C. J. R. (2009). Fósforo, nitrogênio, lignina, celulose e polifenóis em amostras de serrapilheira foliar de *Neea macrophylla*, *Cecropia palmata* e *Casearia arborea* no Nordeste do Estado do Pará. **Revista Brasileira de Agroecologia**. 4(3): 20-28.

ONIGEMO, A. E. (2007) **Avaliação de índices de risco de incêndio em áreas com predominância de gramíneas cespitosas na sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS**. Tese de Doutorado. Dep. Ecologia. ICB. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande.

PEREIRA, A. M. M.; CATTANEO, A. C. M.; LACERDA, F. S.; MEDEIROS, F. C.; WILLMERSDORF, O. R.; AVELAR. P. S. C. (2011). **Investigação de incêndios florestais**/Brasília: Prevfogo/Ibama,76 p.: il.

PEREIRA, R. S.; NAPPO, M. E.; REZENDE, A. V. (2007). **Prevenção de incêndios florestais e uso do fogo como prática silvicultural**. Comunicações técnicas florestais. Departamento de Engenharia florestal. Universidade de Brasília. 60 p. il.

PIRANI, F. R.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F. (2009). Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. **Acta bot. bras.** 23(4): p.1096-1109.

QUIRINO, V. F., BRITO, J. O. (1991) Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal. LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS- LPF - SÉRIE TÉCNICA Nº 13. Brasília.

RAVEN, P.H., EVERT, R.F. & EICHHORN, S.E. (2001). **Biologia Vegetal**, 6ª. ed. Coord. Trad. J.E. Kraus. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

RIBEIRO, G. A.; LIMA, G. S.; OLIVEIRA, A. L. S.; CAMARGOS, V. L. (2007). Uso de vegetação como aceiro verde na redução da propagação de fogo sob linhas de transmissão. **Revista CERES**, UFV.

RIBEIRO, G. A.; LIMA, G. S.; OLIVEIRA, A. L. S.; CAMARGOS, V. L.; MAGALHÃES, M. U. (2006). Eficiência de um retardante de longa duração na redução da Propagação do fogo. **SIF. R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.6, p.1025-1031

ROCHA, J. D.; PÉREZ, J. M. M.; CORTEZ, L. A. B. (2004) Aspectos teóricos e práticos do processo de pirólise de biomassa. Apostila do Curso Energia na indústria de açúcar e álcool. UNIFEI, ITAJUBÁ, 12 a 16 de junho de 2004.

RODRÍGUEZ, M. P. R. (2010). **Manejo del Fuego**. Editorial Felix Varela. La Habana, Disponível em: <http://www.fire.uni-freiburg.de/iffn/country/cu/Manejo-del-Fuego-Ramos-Rodriguez-Cuba-2010.pdf>, acesso em 20/11/2014.

SAMPAIO, S.N. L.; SILVA, A.P.F.N.; BATISTA, E.G.; PINTO, A.S. (2007). Germinação de sementes de *Palicourea rigida* (Rubiaceae) em duas áreas distintas de cerrado. In Anais do **VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG.

SÁVIO, F. L., DA SILVA, G. C., TEIXEIRA, I. R., & BORÉM, A. (2011). Produção de biomassa e conteúdo de silício em gramíneas forrageiras sob diferentes fontes de silicato. **Semina: Ciências Agrárias**, 32(1), p.103-110.

SC (2005). FORESTRY COMMISSION THROUGH A GRANT FROM THE USDA FOREST SERVICE. **Landscaping can be attractive e Firewise: “fire smart” plant list for SC**. Native and Landscape.

SCHENKEL, C. S.; BRUMMER, B. M.; FELIZOLA, E. R. (2002). **Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço. Uma avaliação multitemporal da perda de cobertura vegetal no DF e da diversidade florística da Reserva da Biosfera do Cerrado – Fase 1– 2.ed.** – Brasília: UNESCO.

SCHMIDT, I. B., SAMPAIO, A. B.; BORGHETTI, F. (2005) Efeitos da época de queima sobre a reprodução sexuada e estrutura populacional de *Heteropterys pteropetala* (Adr. Juss.), Malpighiaceae, em áreas de Cerrado sensu stricto submetidas a queimas bienais. **Acta bot. bras.** 19(4): 927-934.

SCHWILK, D. W.; CAPRIO, A. C. (2011). Scaling from leaf traits to fire behaviour: community composition predicts fire severity in a temperate forest. **Journal of Ecology**, 99: 970-980. doi: 10.1111 / j.1365-2745.2011.01828.x

SENA, A. L., PINTO, J. R. R. (2008). Regeneração natural em áreas degradadas com enfoque na capacidade de resiliência das espécies lenhosas do Cerrado. **IX Simpósio nacional do Cerrado**. 12 a 17 de outubro de 2008, Brasília DF.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. (2009). Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: **WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE**, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers.

SILVA, F. S. E. & AZEVEDO, C. A. V. (2002). Versão do programa computacional Assisat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p. 71-78.

SILVA, L. P. P. (2012). **Ocorrências de incêndios florestais no entorno do Parque Estadual de Pedra Azul Domingos Martins**, ES. Monografia. Departamento de Ciências Florestais e da Madeira- Centro de Ciências Agrárias-Universidade Federal do Espírito Santo. Jeronimo Monteiro.

SILVA JÚNIOR, M. C., & DOS SANTOS, G. C. (2005). **100 árvores do cerrado: guia de campo**. Rede de sementes do Cerrado.

SOARES, R. V. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba: FUPEF, 1985. 213 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. (2007). **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. UFP, Curitiba. 264p.

SOUZA, A. J. B. (2010). **Estrutura e dinâmica da vegetação lenhosa de cerrado sensu stricto no período de 19 anos na Reserva Ecológica do IBGE, Distrito Federal**. Dissertação de mestrado, Ecologia- UnB- IB. 66p.

TATAGIBA, M. M. A. (2010). **Estudo da Dinâmica Espacial e Temporal dos Incêndios Florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. 76p.

TIAN, X., SHU, L., WANG, M. (2007) Study on Eight Tree Species' Combustibility and Fuelbreak Effectiveness. In **Wildfire 2007**, Sevilha, Espanha.

TOSCANO, A. O., SEQUEIRA, A. ALVARADO, N. D. (1997). **Cercas Vivas**. Guía Tecnológica 12. INTA. Gobierno de Nicaragua. Managua.

VITAL, B. R. (1984). **Métodos de determinação da densidade da madeira**. (Boletim Técnico, 1). Viçosa, MG: SIF, 21p.

WEISE, D. R., WHITE, R. H., BEALL, F. C., & ETLINGER, M. (2005). Use of the cone calorimeter to detect seasonal differences in selected combustion characteristics of ornamental vegetation. **International Journal of Wildland Fire**, 14(3), p. 321-338.

WHITE, R.H.; WEISE, D.R.; FROMMER, S. (1996). Preliminary evaluation of the flammability of native and ornamental plants with the cone calorimeter. In: **Proceedings of the 21st International Conference on Fire Safety**. Sissionville, WV: Product Safety Corporation.

WHITE, R.H; ZIPPERER, W. C. (2010). Testing and classification of individual plants for fire behaviour: plant selection for the wildland–urban interface. **International Journal of Wildland Fire**, 19 (2), p. 213–22.

ZAHAWI, R. A., HOLL, K. D. (2009). Comparing the Performance of Tree Stakes and Seedlings to Restore Abandoned Tropical Pastures. **Restoration Ecology**. Vol. 17, No. 6, pp. 854–864.

ZHANG, Z.; ZHANG, H.; ZHOU, D. (2011). Flammability characterization of grassland species of Songhua Jiang-Nen Jiang Plain (China) using thermal analysis. **Fire Safety Journal** 46. P. 283–288

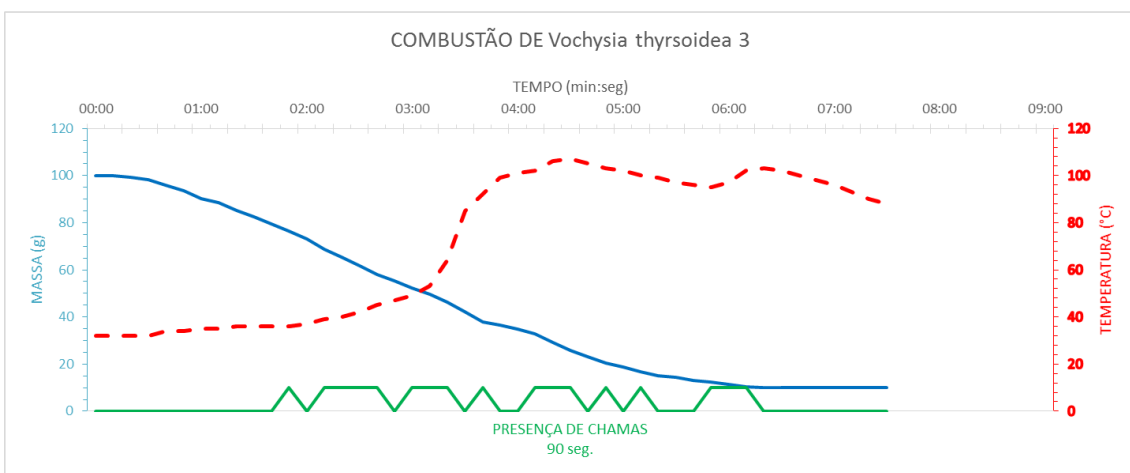
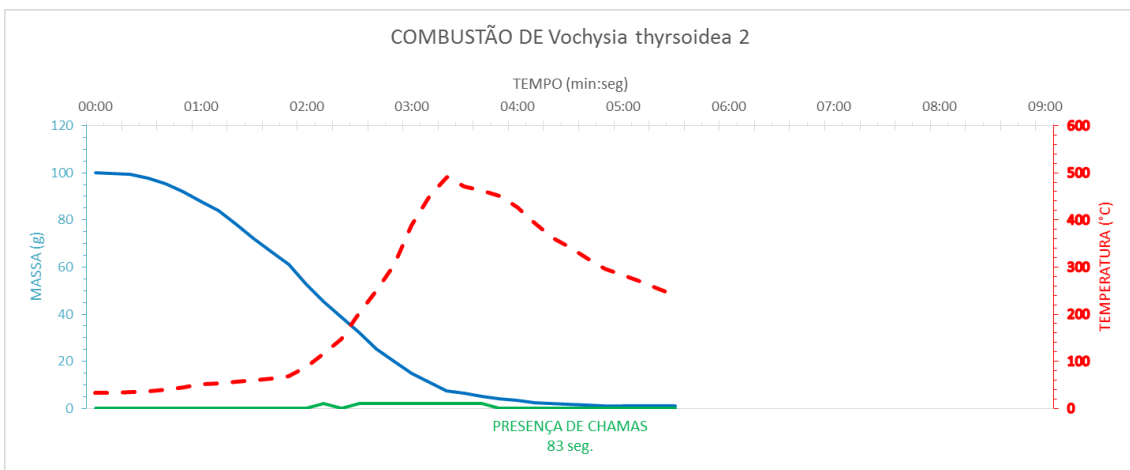
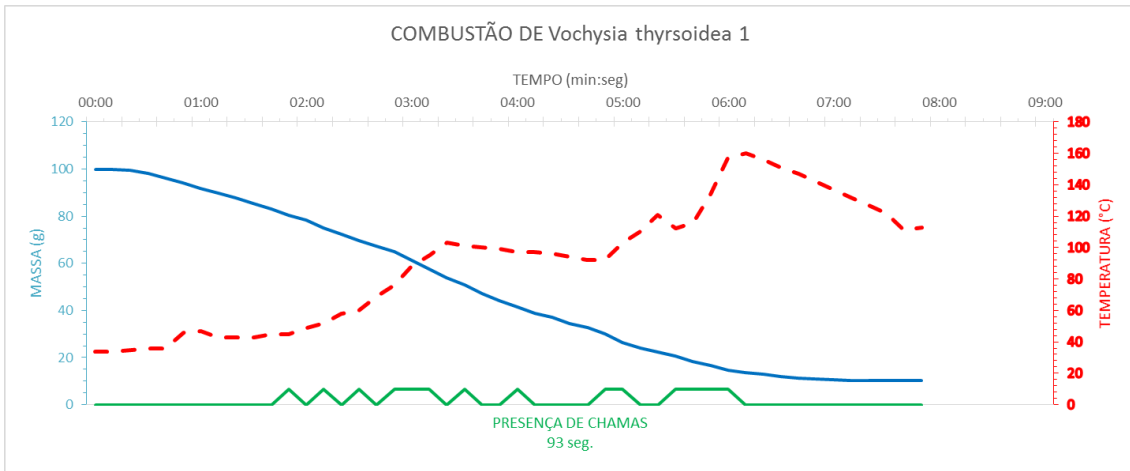
ZHAO, F.-J.; SHU, L.-F.; WANG, Q.-W. (2012). Terpenoid emissions from heated needles of *Pinus sylvestris* and their potential influences on forest fires. **Acta Ecologica Sinica** 32. P. 33–37

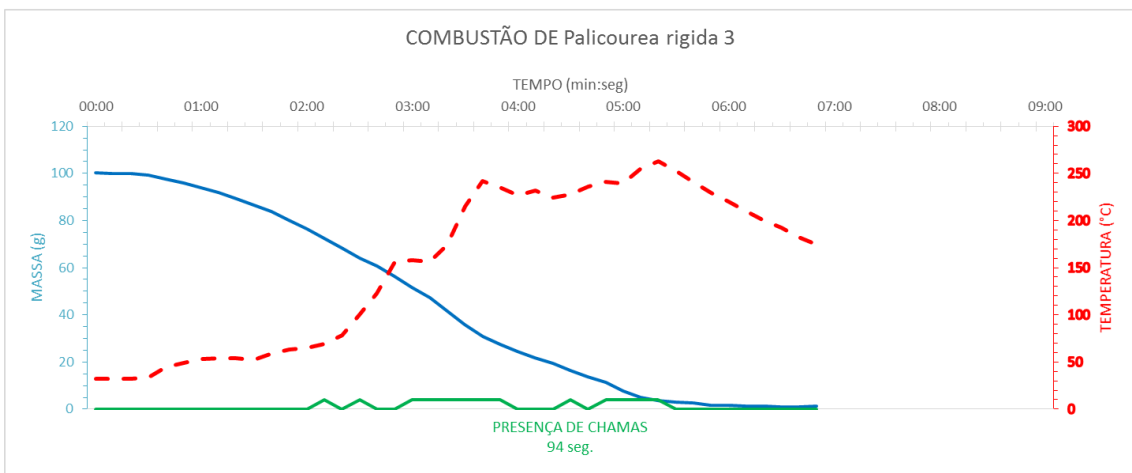
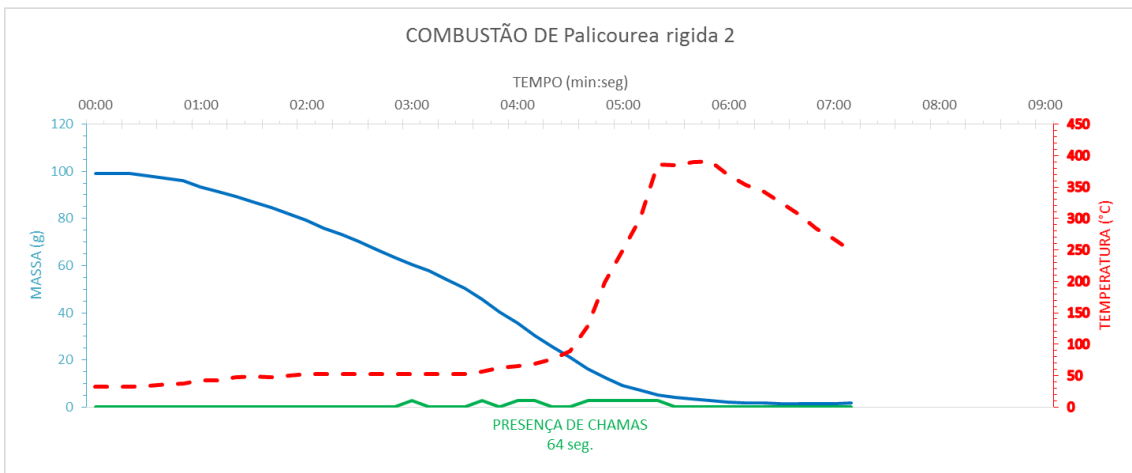
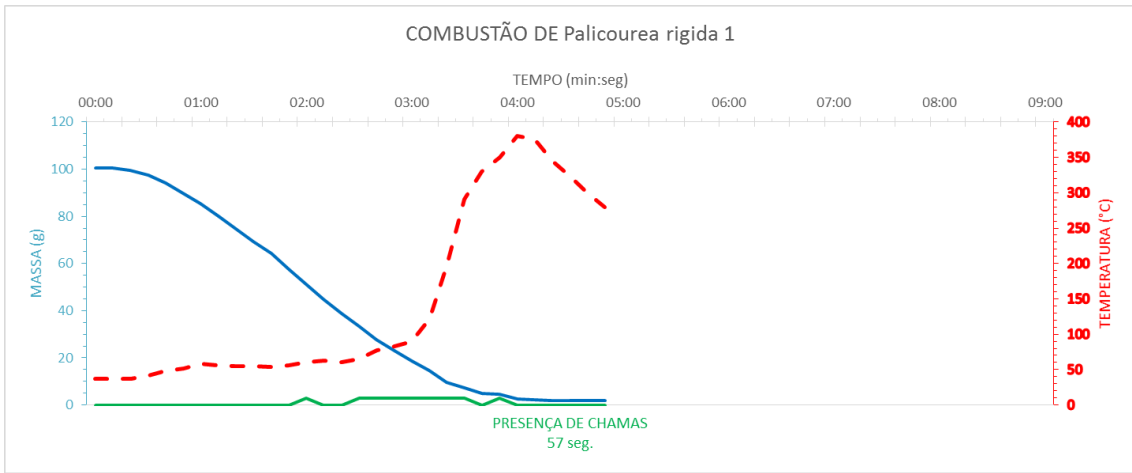


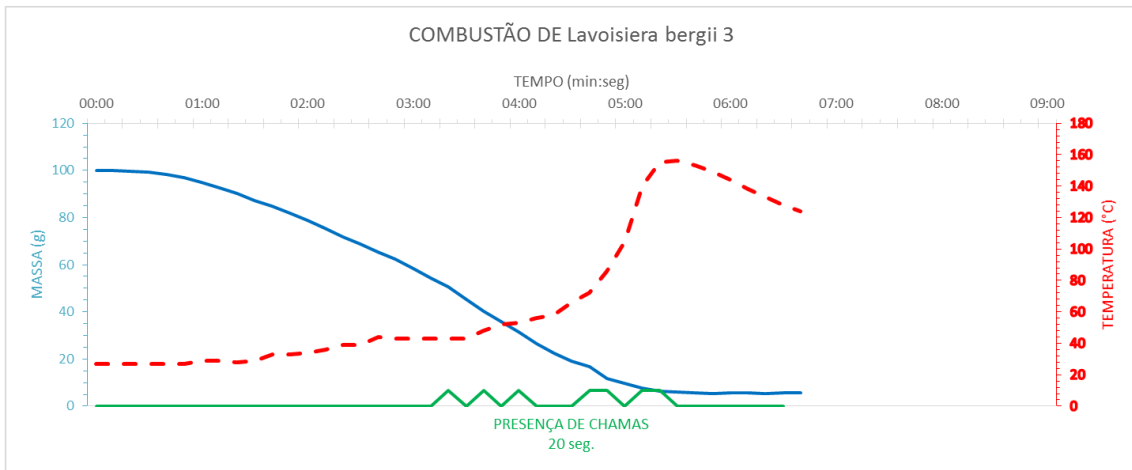
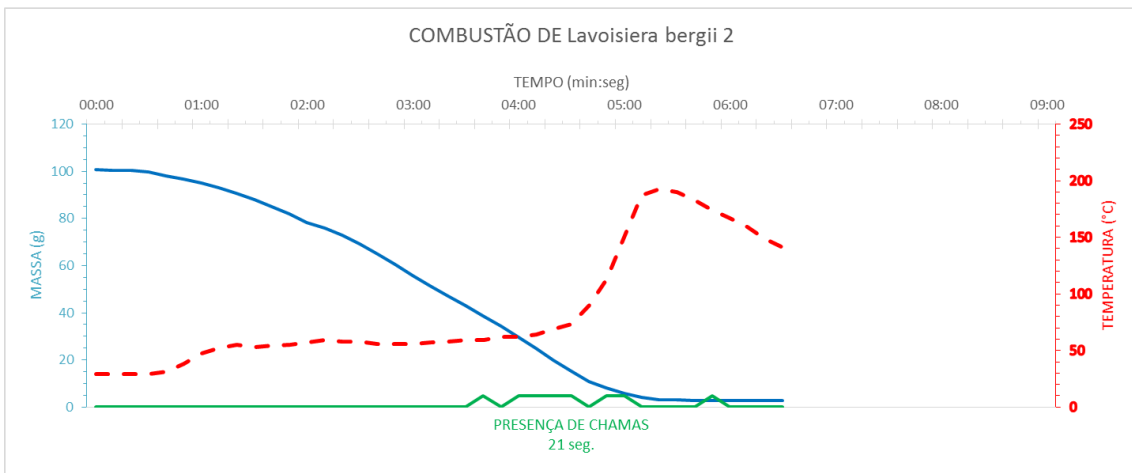
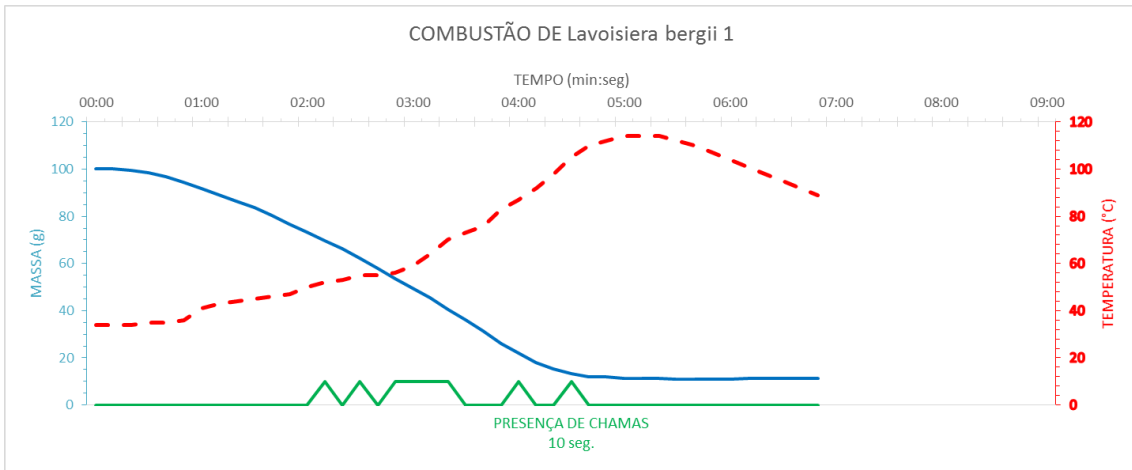
## **APÊNDICES**

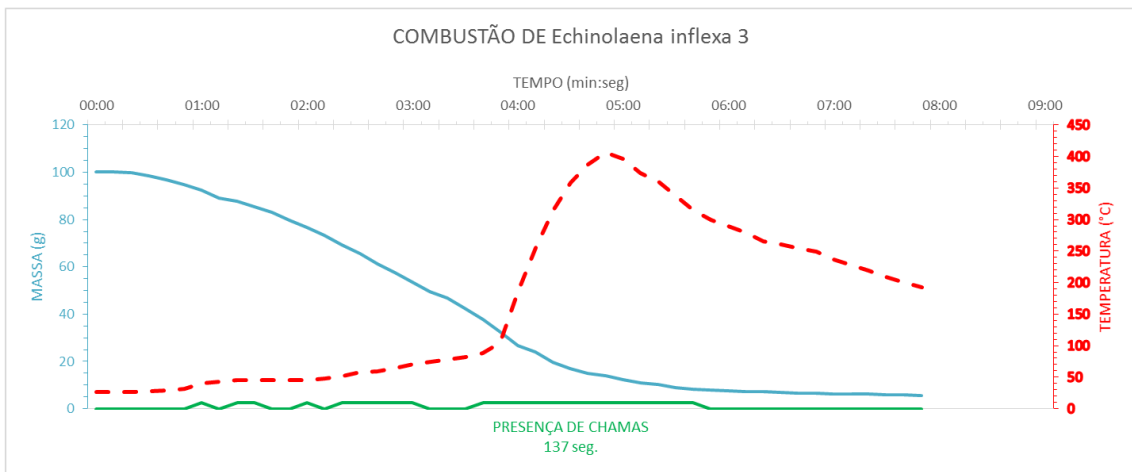
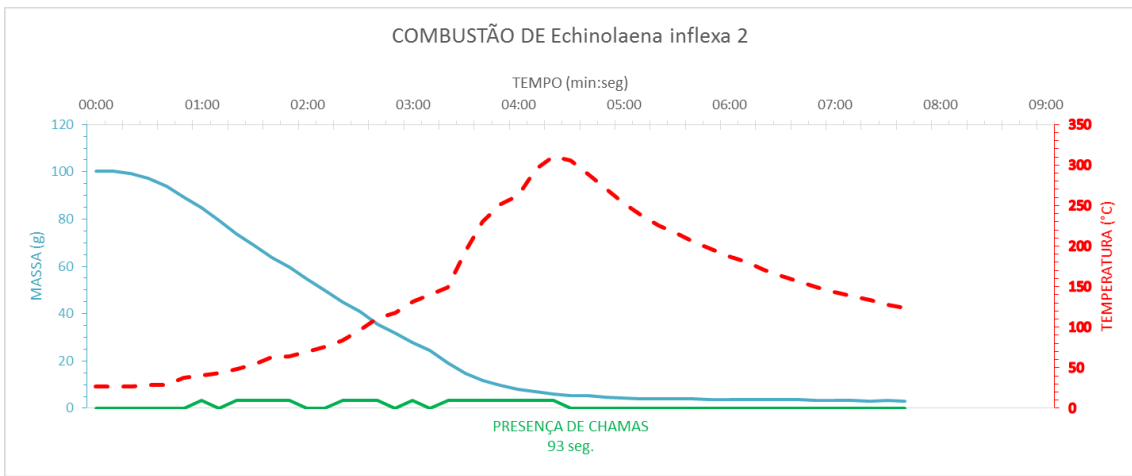
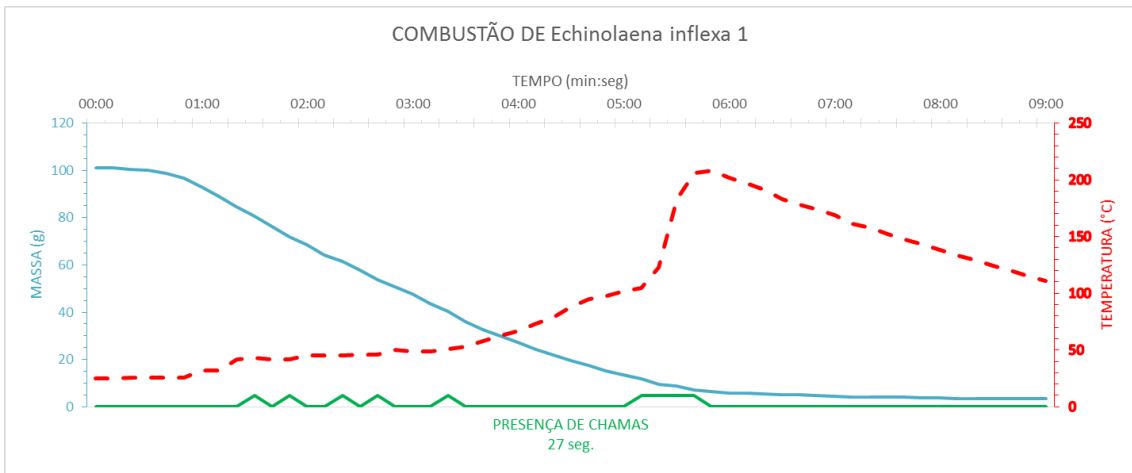
## A. Gráficos de combustão, chamas e perda de massa

Com 3 repetições para cada espécie.

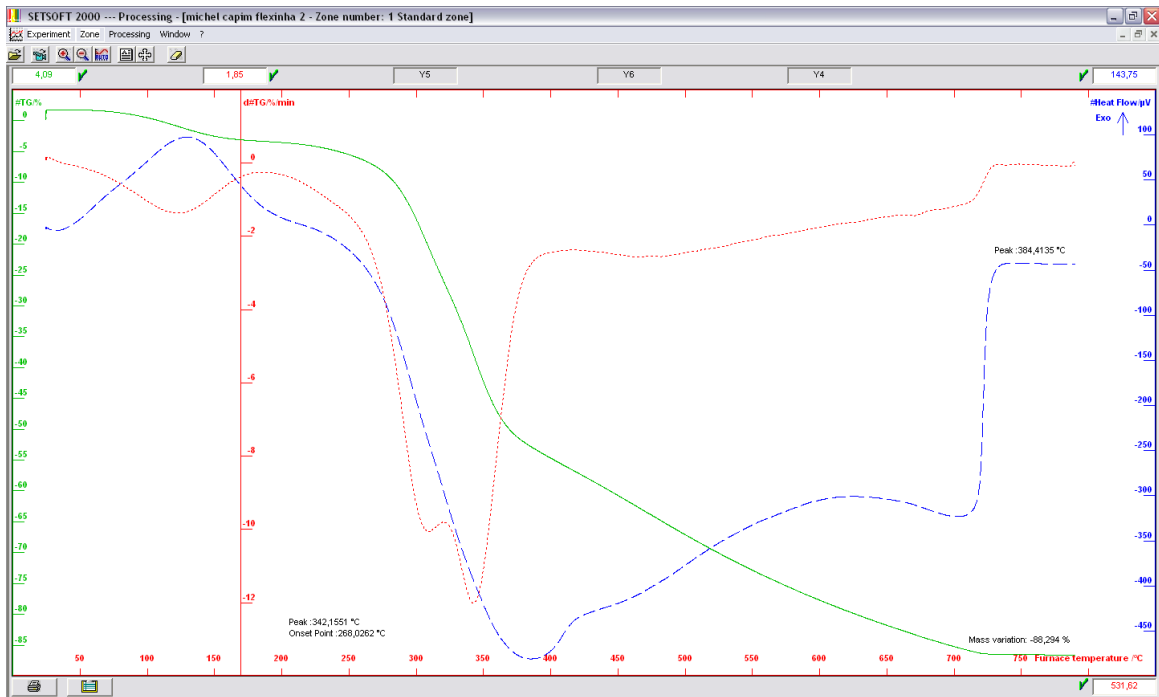




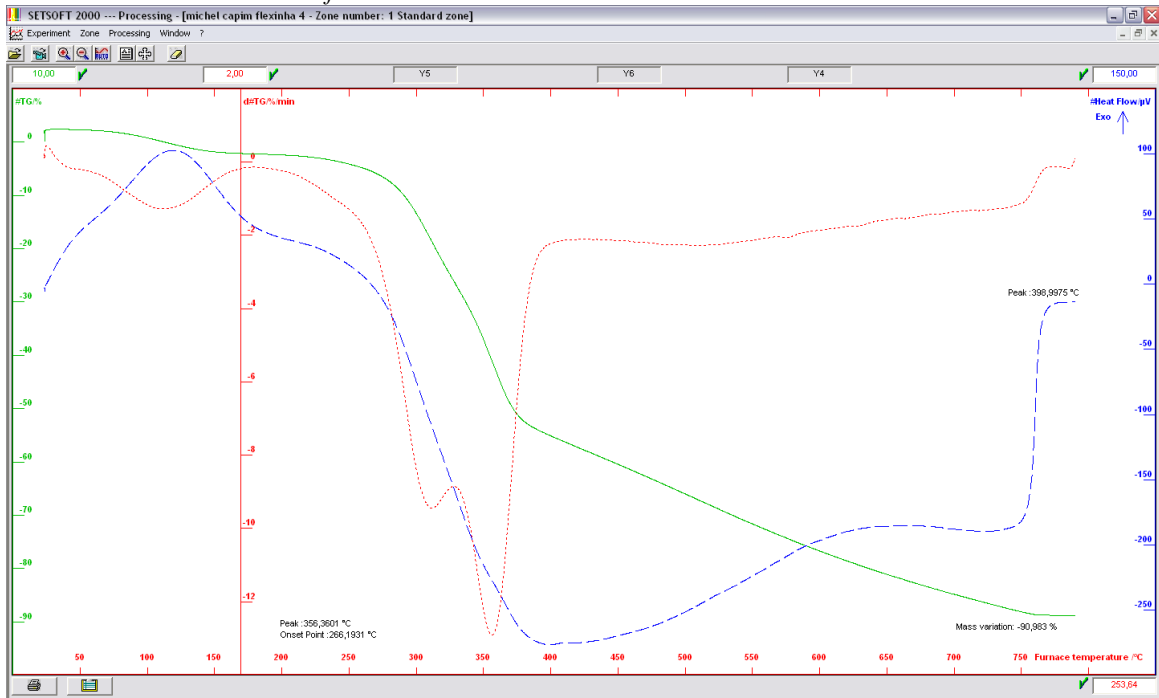




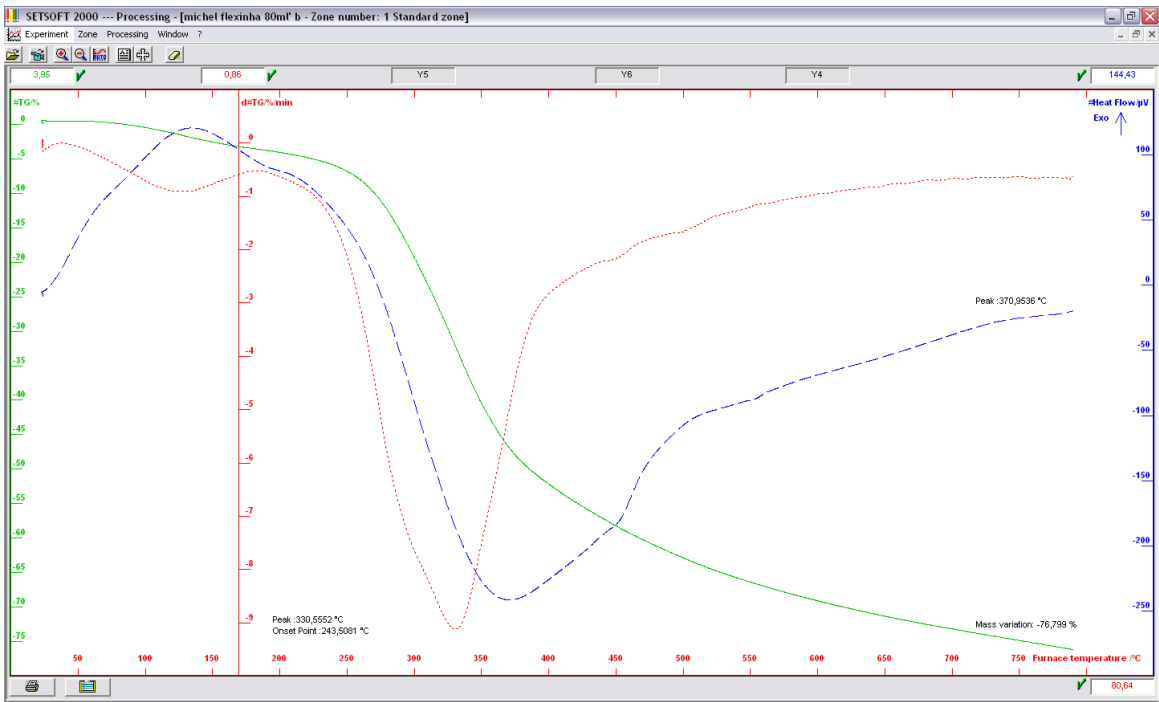
## B. Gráficos ATG/DSC



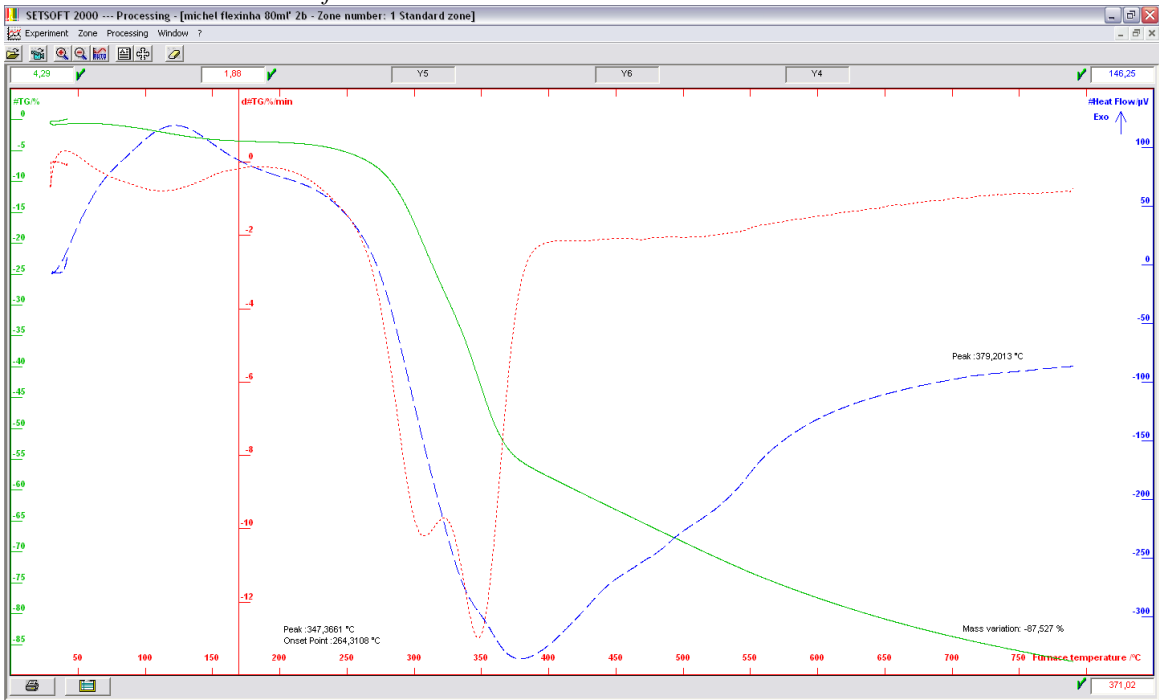
ATG/ DSC de *Echinolaena inflexa*



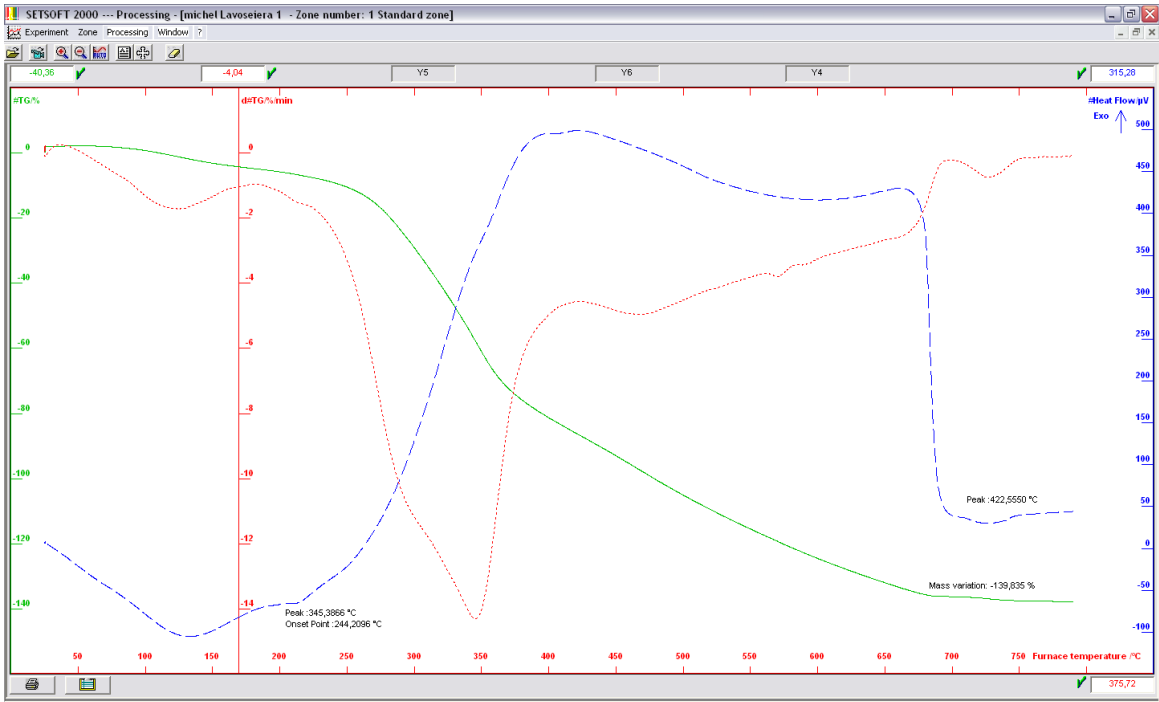
ATG/ DSC de *Echinolaena inflexa*



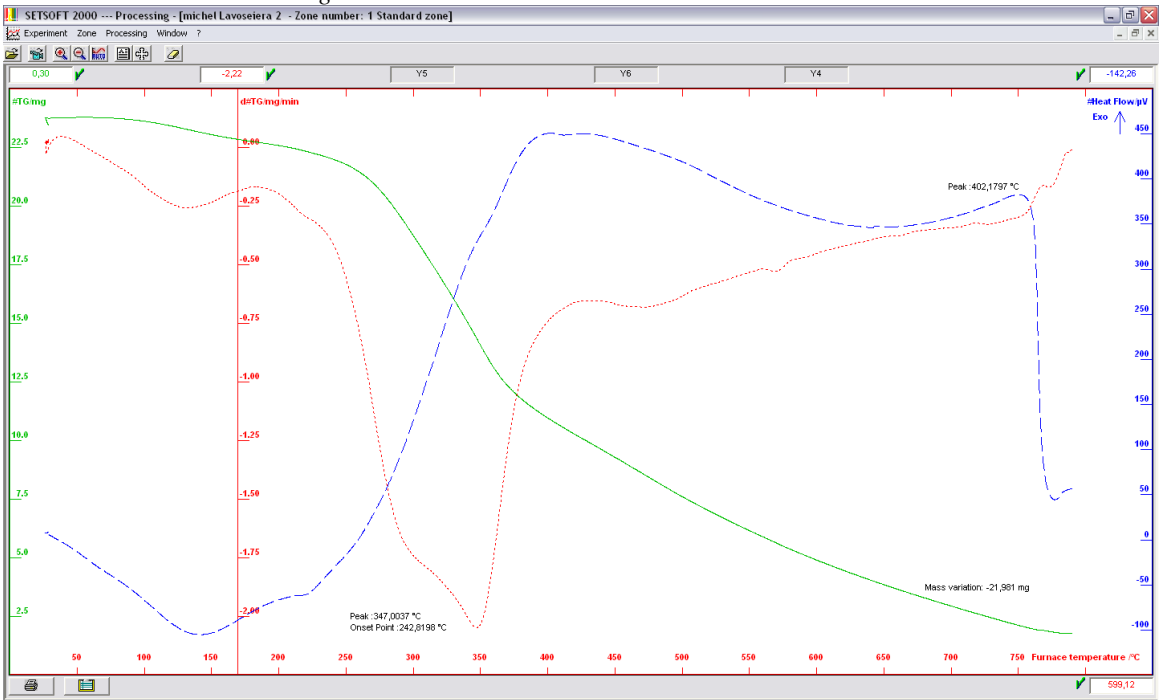
ATG/ DSC de *Echinolaena inflexa*



ATG/ DSC de *Echinolaena inflexa*

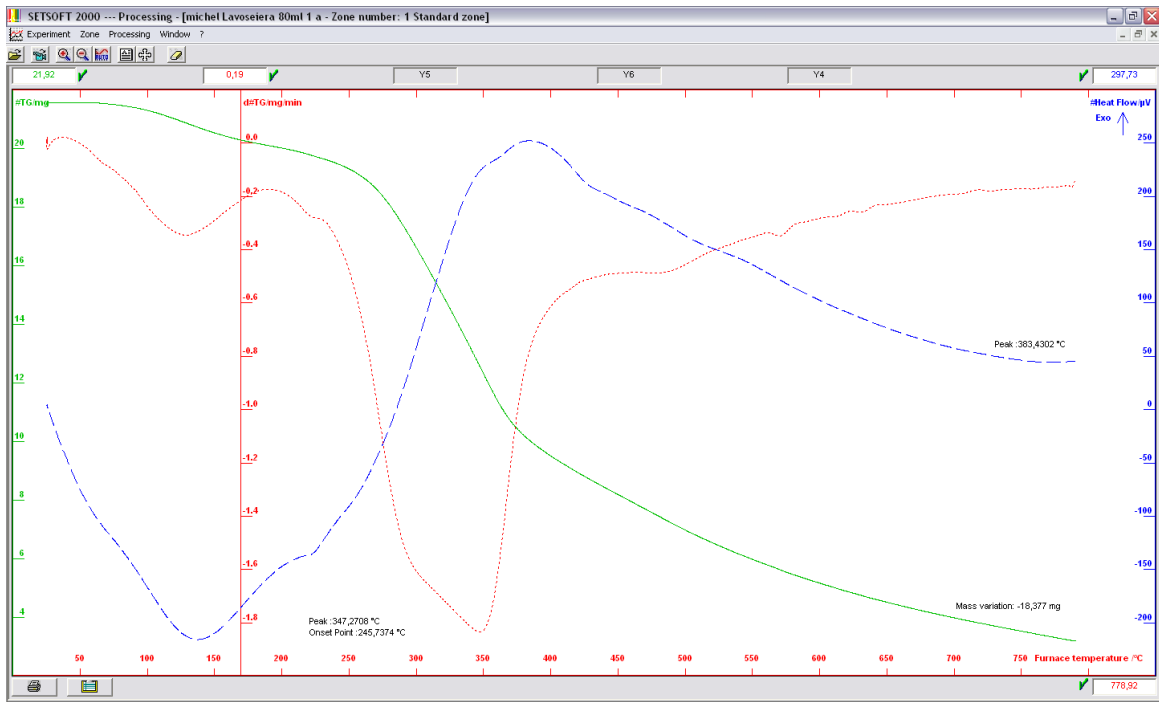


ATG/ DSC de *Lavoisiera bergii*

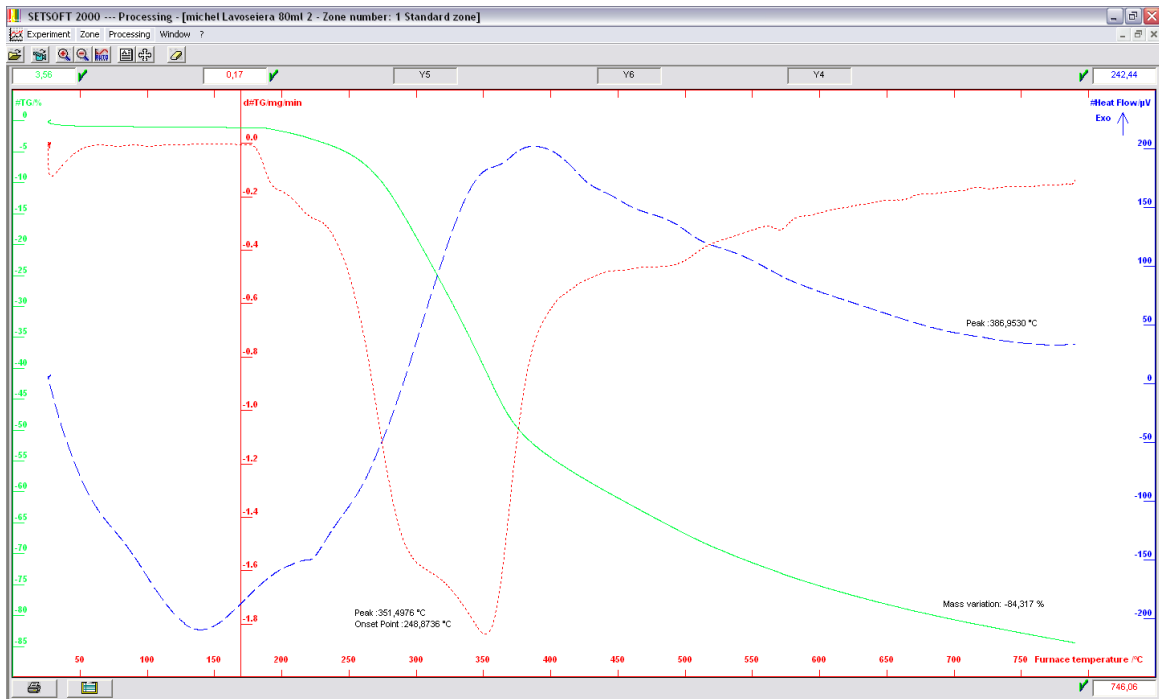


ATG/ DSC de *Lavoisiera bergii*

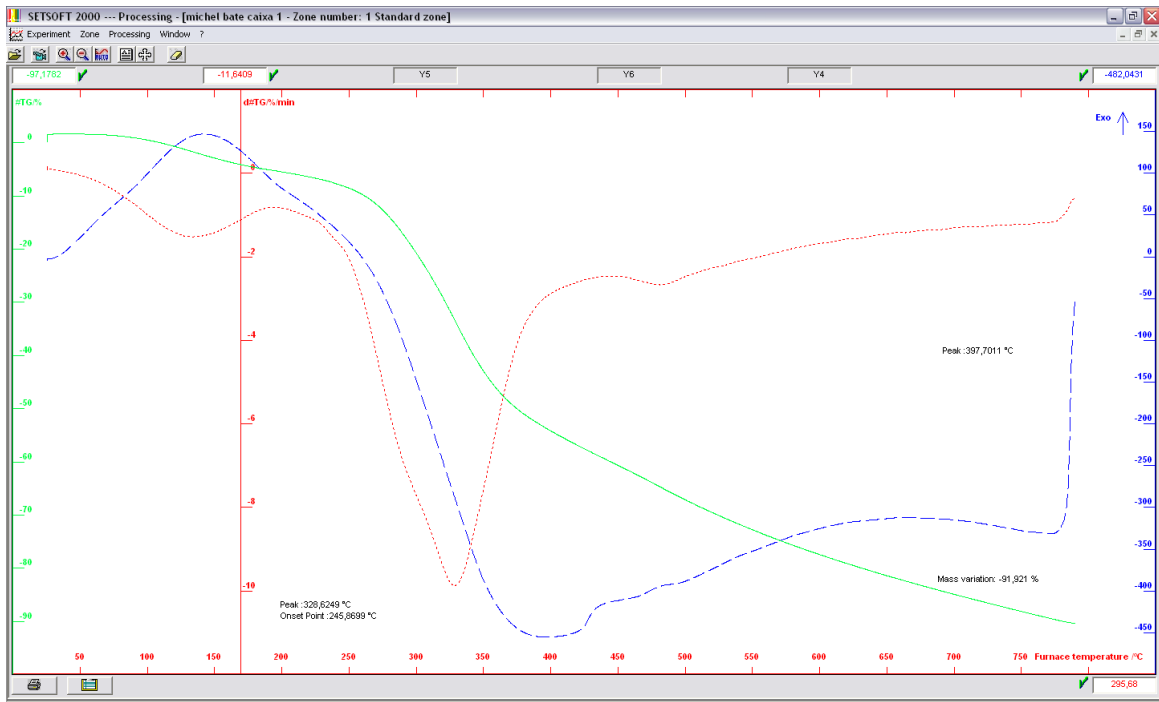




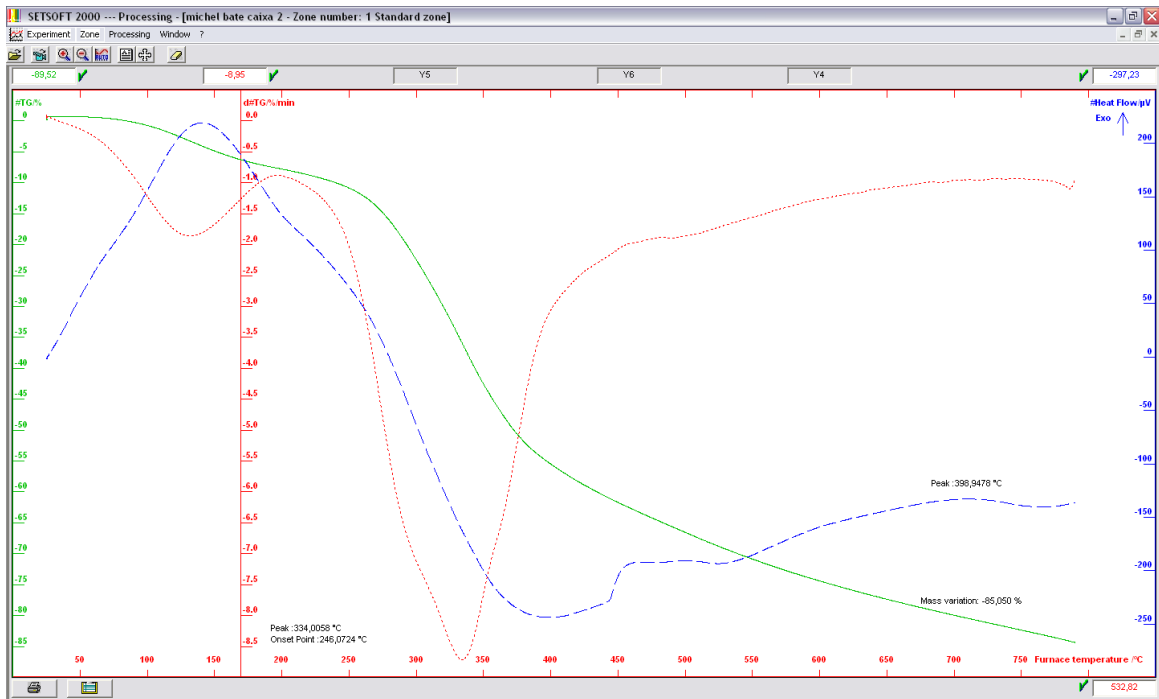
ATG/ DSC de *Lavoisiera bergii*



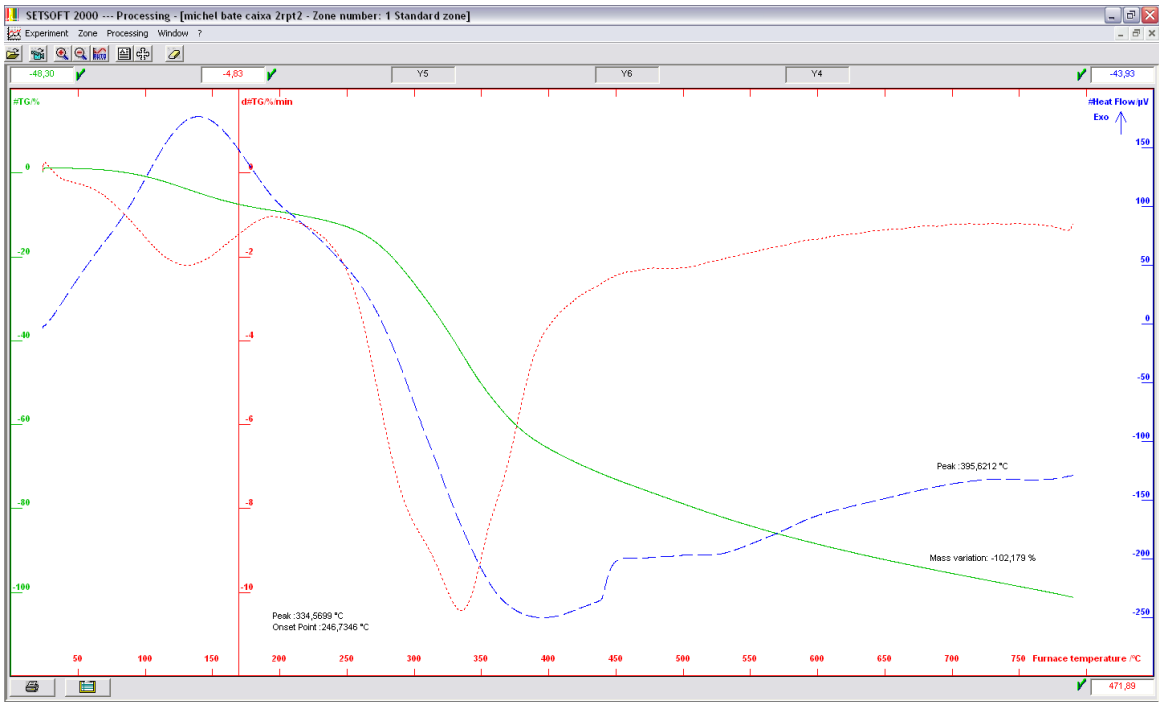
ATG/ DSC de *Lavoisiera bergii*



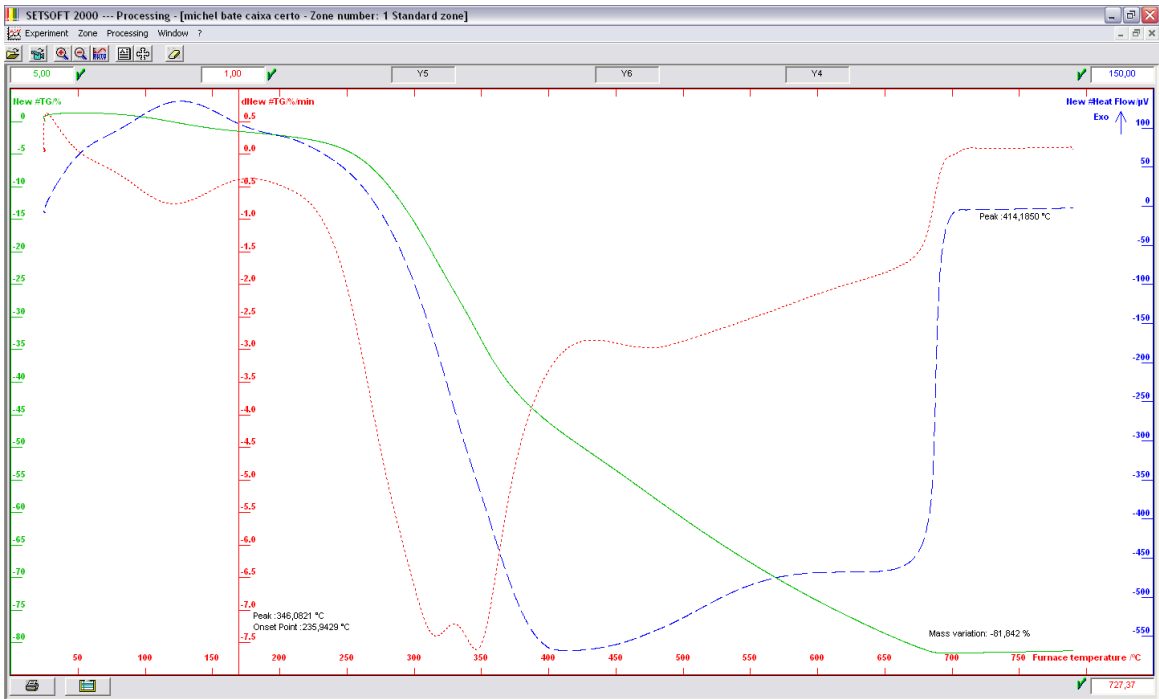
ATG/ DSC de *Palicourea rigida*



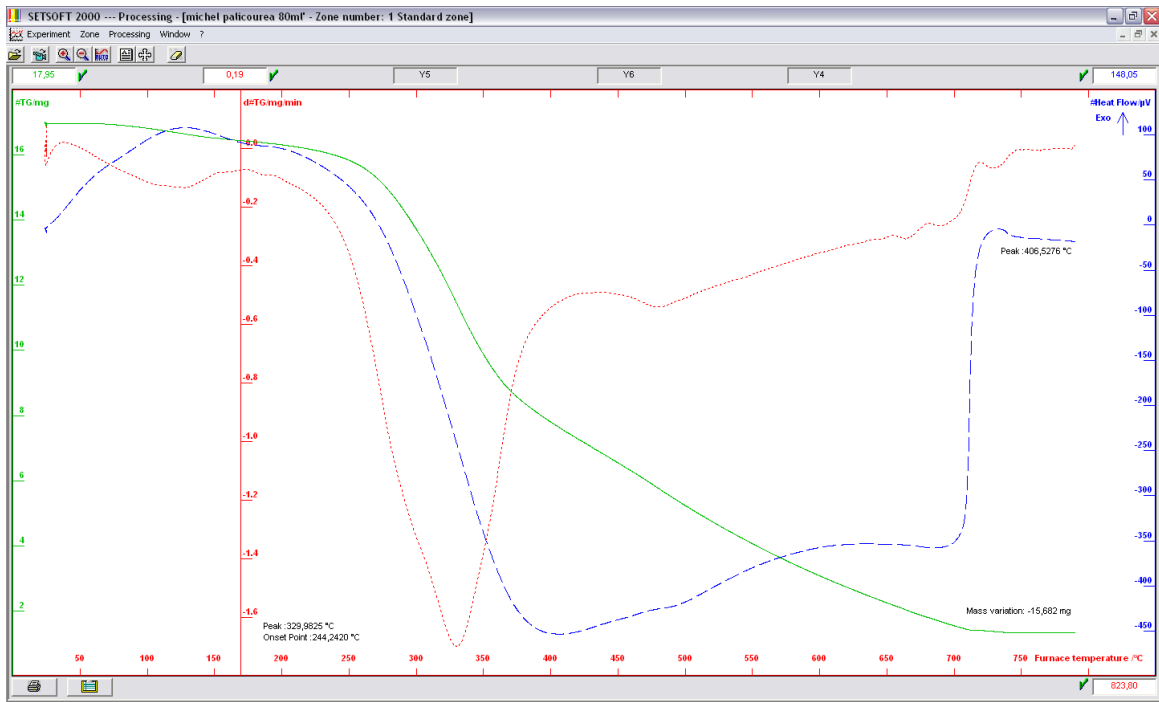
ATG/ DSC de *Palicourea rigida*



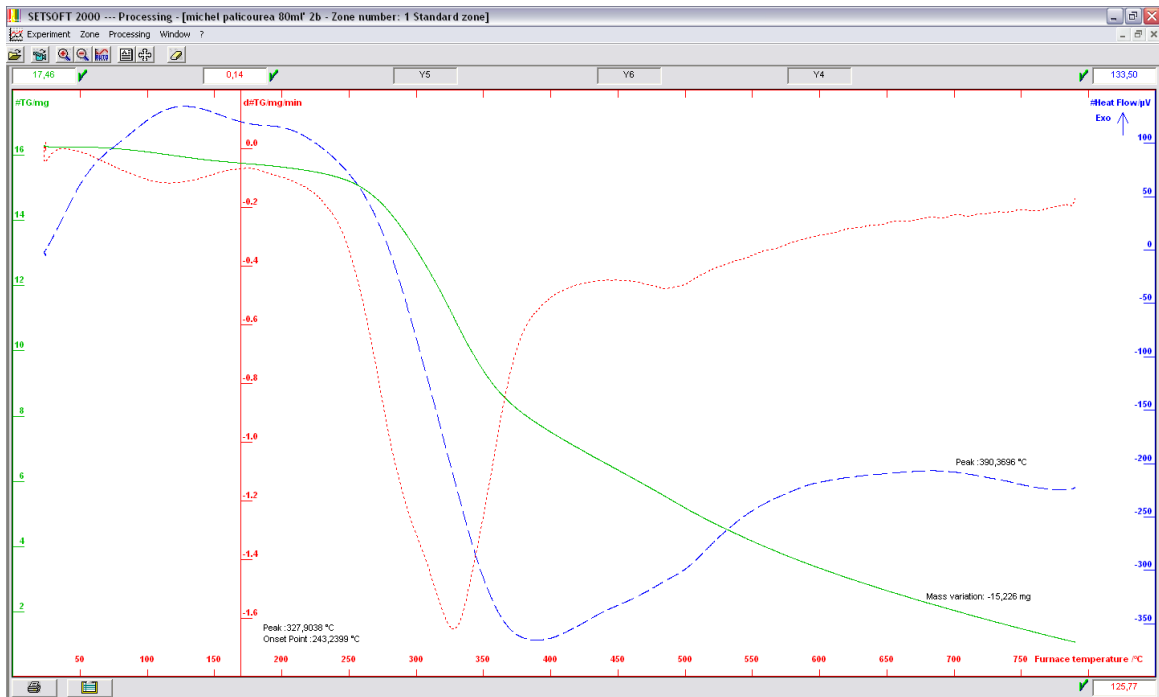
ATG/ DSC de *Palicourea rigida*



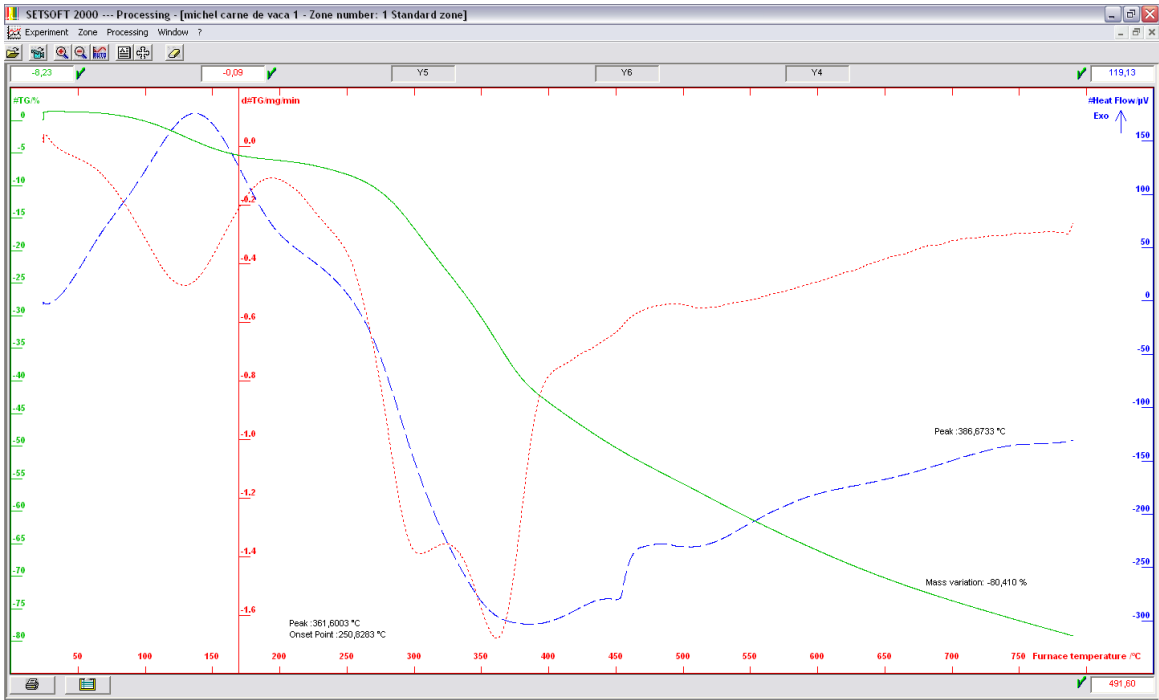
ATG/ DSC de *Palicourea rigida*



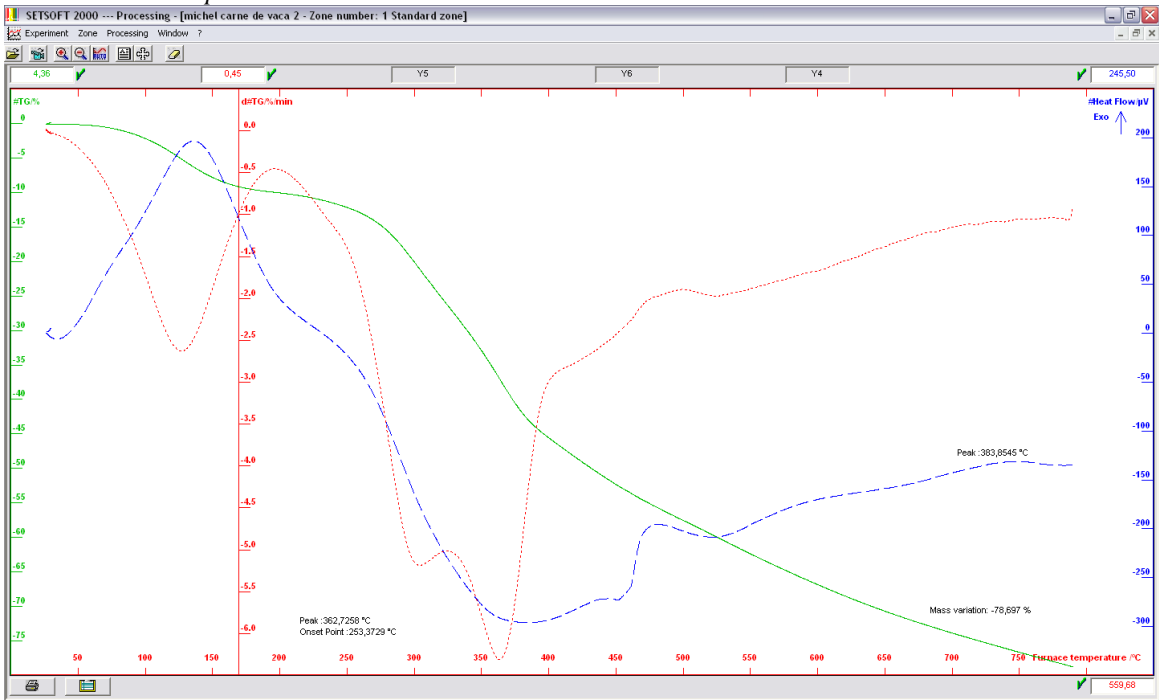
ATG/ DSC de *Palicourea rigida*



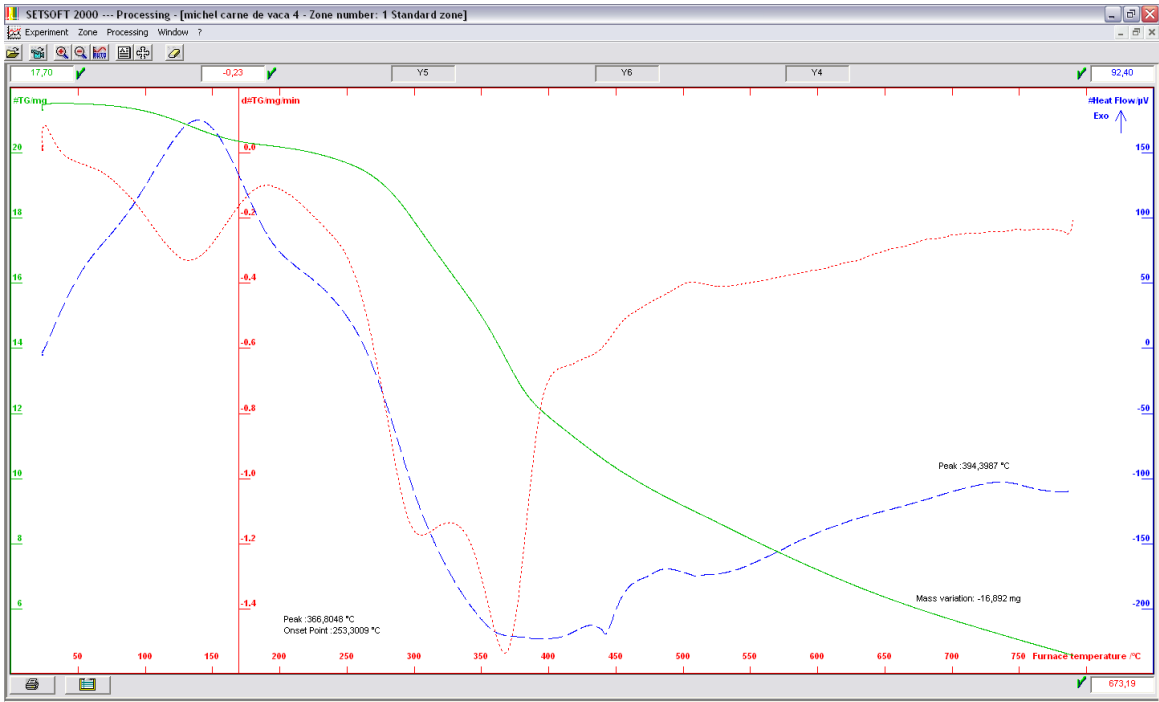
ATG/ DSC de *Palicourea rigida*



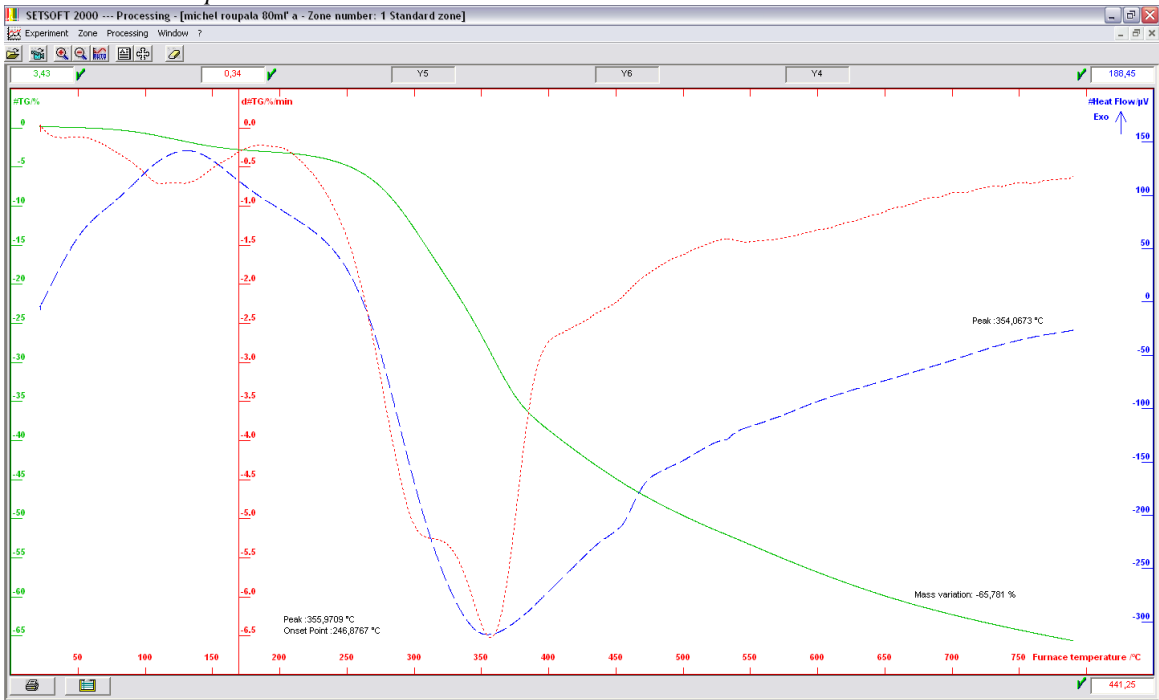
ATG/ DSC de *Roupala montana*



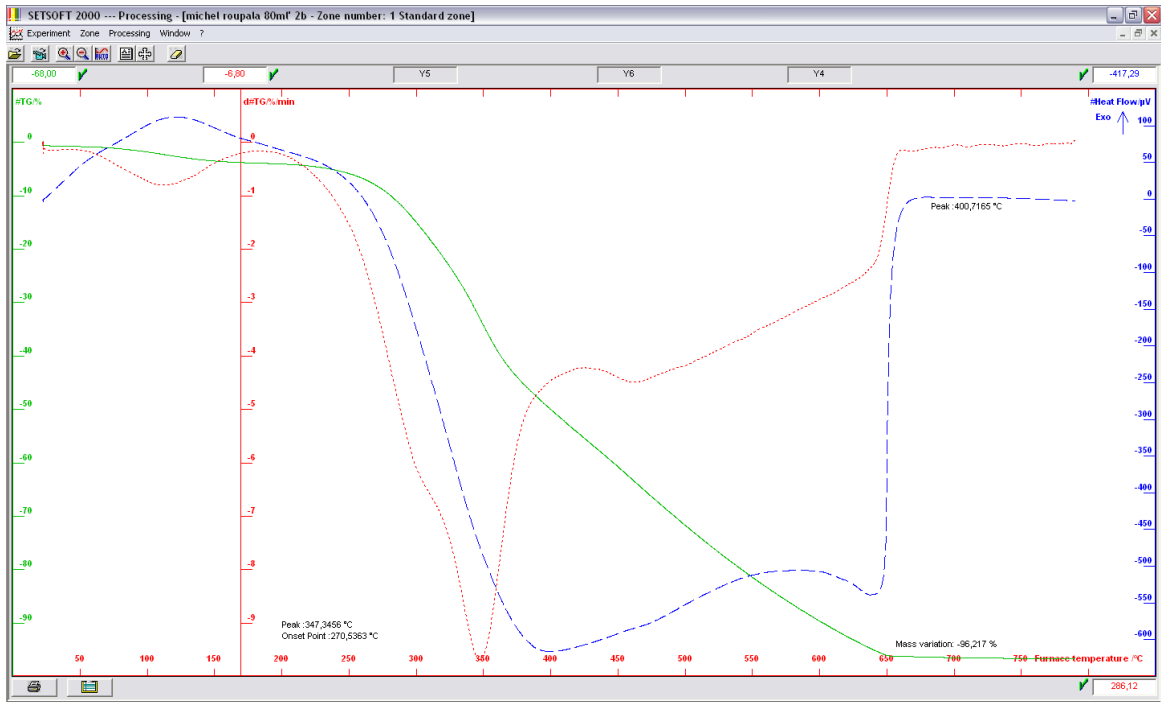
ATG/ DSC de *Roupala montana*



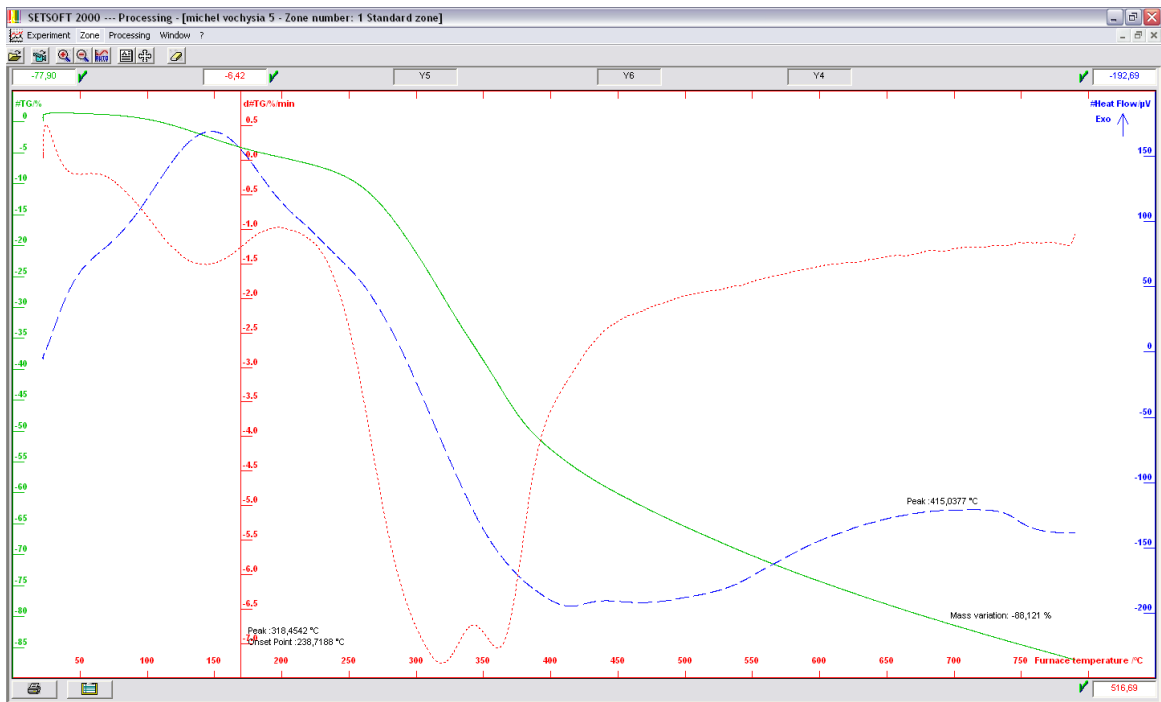
ATG/ DSC de *Roupala montana*



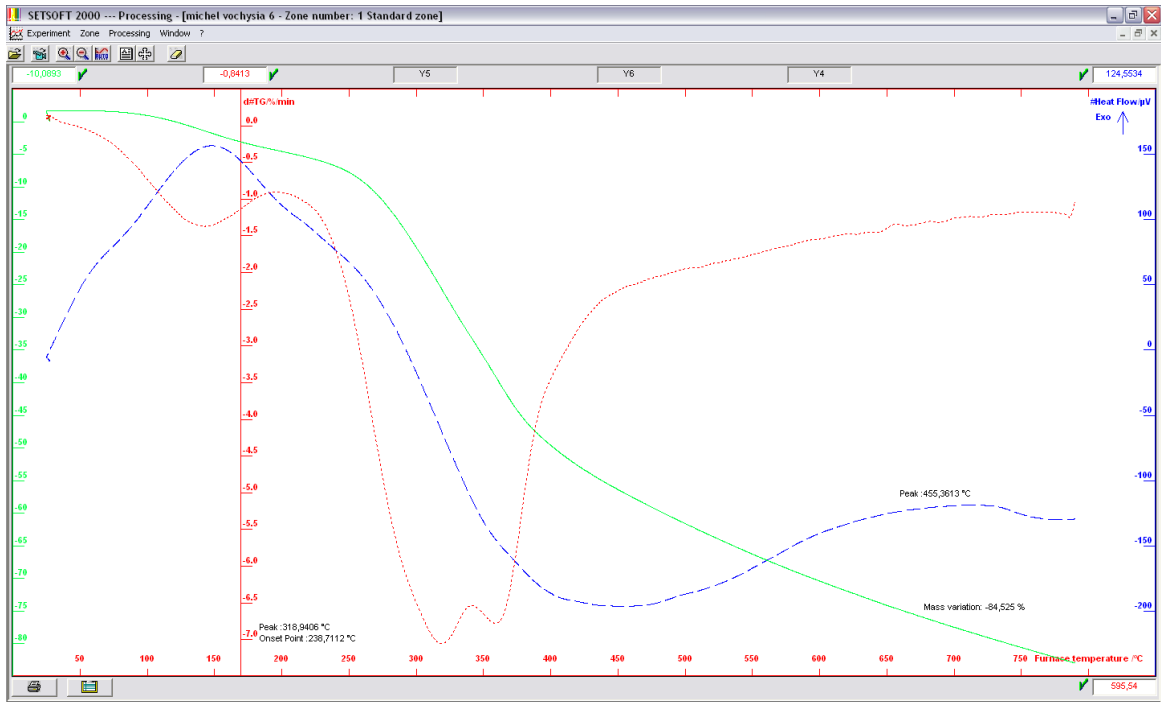
ATG/ DSC de *Roupala montana*



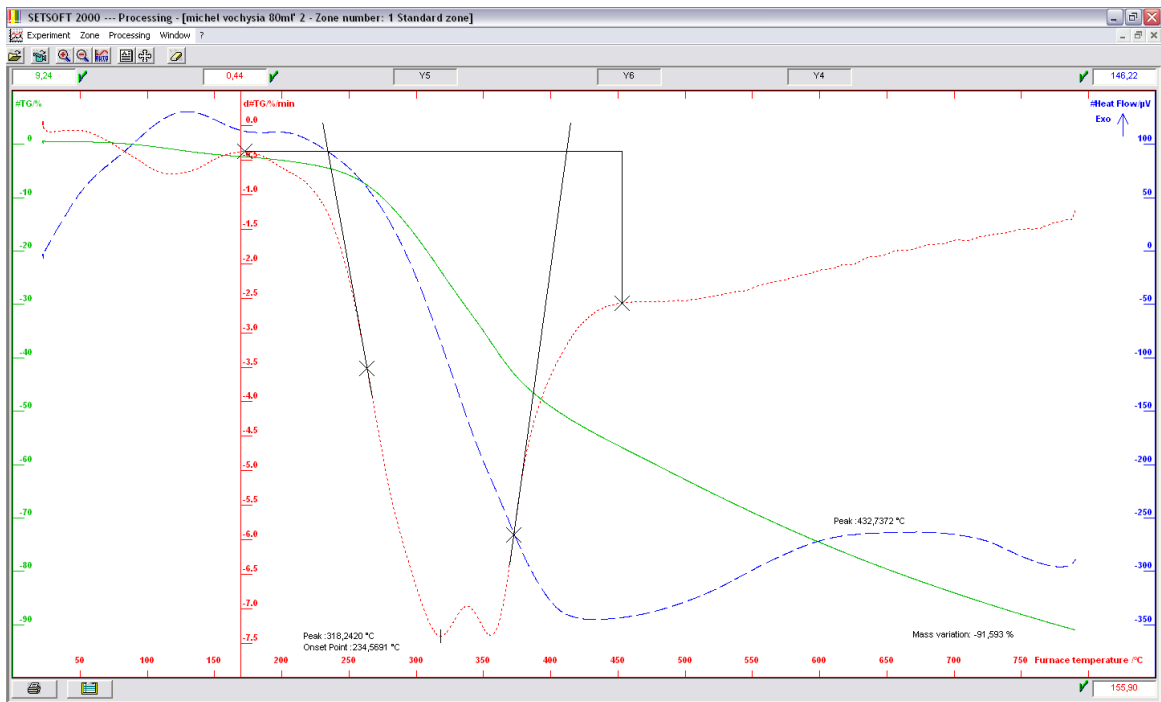
ATG/ DSC de *Roupala montana*



ATG/ DSC de *Vochysia thyrsoidea*

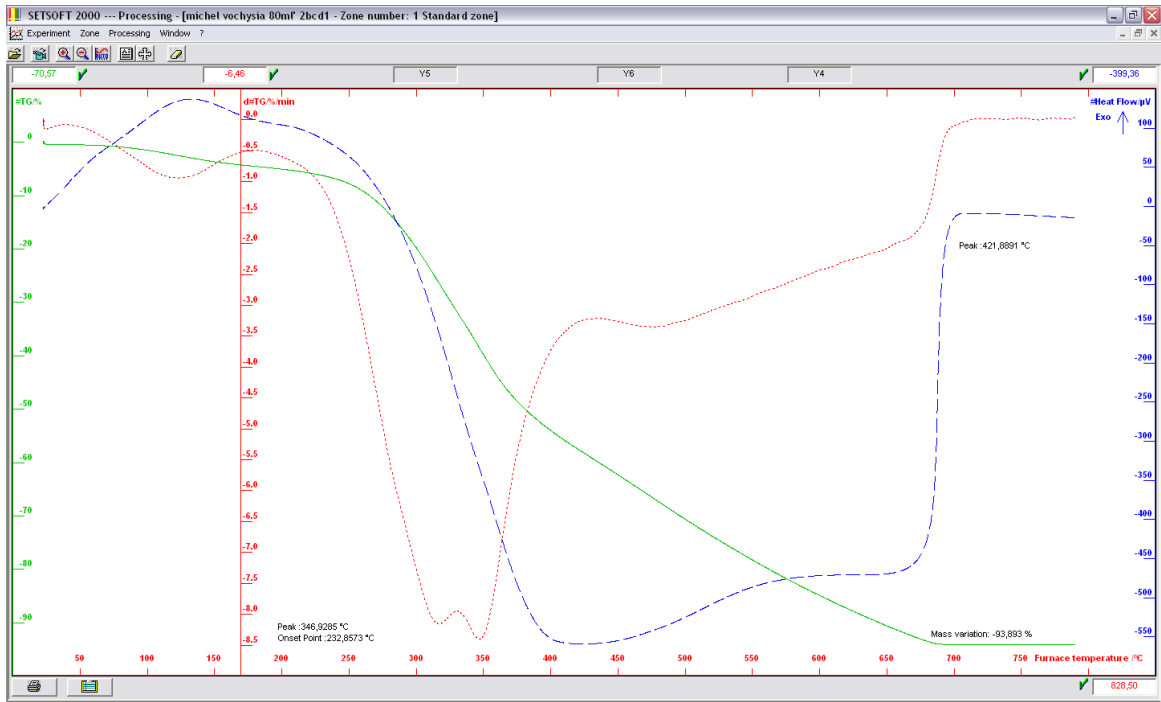


ATG/ DSC de *Vochysia thyrsoidea*



ATG/ DSC de *Vochysia thyrsoidea*





ATG/ DSC de *Vochysia thyrsoidea*

## C. Análises estatísticas dos dados

### DADOS DO PROGRAMA

Programa, ANOVA, Teste de t, repetições

=====

ASSISTAT Versão 7.7 beta (2015) - Homepage <http://www.assistat.com>  
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/03/2015

=====

#### OBSERVAÇÃO

Quando F se aproxima mas não atinge a significância mesmo assim o Teste de Tukey poderá encontrar diferença significativa entre a maior e a menor média e também poderá ocorrer o inverso. Esse caso é previsto na literatura e também ocorre com outros testes de comparação. Não entenda essa ocorrência como erro na análise

#### SIGLAS E ABREVIACÕES

UFCG = Universidade Federal de Campina Grande  
CTRN = Centro de Tecnologia e Recursos Naturais  
DEAG = Departamento de Engenharia Agrícola  
FV = Fonte de variação GL = Graus de liberdade  
SQ = Soma de quadrado QM = Quadrado médio  
F = Estatística do teste F MG = Média geral  
CV% = Coeficiente de variação em %  
dms = Diferença mínima significativa

#### REFERÊNCIAS DO ASSISTAT

Silva, F. de A. S. e. & Azevedo, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

Silva, F. de A. S. e. & Azevedo, C. A. V. de. A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p.393-396.

Silva, F. de A. S. e. & Azevedo, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.4,n.1, p71-78,2002.

Silva, F.de A.S.e. The ASSISTAT Software: statistical assistance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 6, Cancun, 1996. Anais... Cancun: American Society of Agricultural Engineers, 1996. p.294-298.

## TEOR DE MATERIAIS VOLÁTEIS NAS FOLHAS

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	77.26477	25.75492	9.2253 **
Resíduo	36	100.50353	2.79176	
Total	39	177.76830		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	36	4.3783	9.2253	<.0001

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	73.57600	b
2	76.09600	a
3	73.90300	b
4	76.82600	a

DMS = 1.51439

MG = 75.10025

CV% = 2.22

Ponto médio = 75.56000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. **Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade**

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.94405	0.04744	Não

### DADOS

<i>V. thyrsoides</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
74.13	76.93	75.00	78.31
74.14	77.88	73.48	77.95
75.89	76.33	73.99	77.57
71.74	75.69	74.90	78.41
72.56	77.17	74.03	78.60
72.69	77.13	75.02	79.38
73.92	76.18	75.55	78.63
73.46	73.68	72.18	72.73
73.98	74.75	72.47	73.19
73.25	75.22	72.41	73.49

## TEOR DE CINZAS NAS FOLHAS

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	40.82565	13.60855	9.7525 **
Resíduo	36	50.23393	1.39539	
Total	39	91.05958		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	36	4.3783	9.7525	<.0001

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	7.57400	b
2	7.20200	b
3	8.25600	b
4	9.84100	a

DMS = 1.07064

MG = 8.21825

CV% = 14.37

Ponto médio = 8.80500

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

#### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.92568	0.01167	Não

#### DADOS

<i>V. thyrsoides</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
7.85	7.32	7.96	8.47
8.65	6.04	8.25	7.27
6.27	6.74	8.32	7.90
7.50	7.69	7.11	9.59
6.87	6.33	7.16	11.57
8.76	6.06	7.22	11.26
7.58	6.94	6.43	11.23
7.52	8.74	10.48	10.48
7.57	8.15	10.27	10.37
7.17	8.01	9.36	10.27

## TEOR DE CARBONO FIXO FOLIAR

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	172.70701	57.56900	23.0824 **
Resíduo	36	89.78643	2.49407	
Total	39	262.49344		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	36	4.3783	23.0824	<.0001

### MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	18.85100	a
2	16.70100	b
3	17.84100	ab
4	13.33200	c

DMS = 1.43137

MG = 16.68125

CV% = 9.47

Ponto médio = 15.06000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.84539	0.00007	Não

### DADOS

<i>V. thyrsoides</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
18.02	15.75	17.04	13.22
17.22	16.08	18.27	14.79
17.84	16.93	17.68	14.52
20.76	16.61	17.99	12.00
20.58	16.50	18.81	9.83
18.55	16.81	17.76	9.36
18.50	16.88	18.02	10.14
19.18	17.59	17.34	16.79
19.02	17.10	17.33	16.44
18.84	16.76	18.17	16.23

## PODER CALORÍFICO SUPERIOR DAS FOLHAS

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	47053.60965	15684.53655	1.3524 ns
Resíduo	36	417501.46843	11597.26301	
Total	39	464555.07808		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	36	2.8666	1.3524	0.2728

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	4570.43500 a
2	4581.33800 a
3	4492.40700 a
4	4548.28700 a

DMS = 97.60567

MG = 4548.11675

CV% = 2.37

Ponto médio = 4488.00500

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

#### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95239	0.09167	Sim

### DADOS

<i>V. thyrsoides</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
4622.27	4575.83	4489.49	4617.08
4612.52	4563.94	4472.37	4418.89
4605.64	4663.39	4429.52	4574.09
4587.27	4672.81	4450.56	4664.06
4707.15	4554.41	4450.89	4584.74
4708.01	4547.89	4425.65	4573.04
4622.96	4552.98	4490.59	4610.06
4601.34	4583.83	4467.90	4596.28
4187.01	4555.25	4458.1	4358.98
4450.18	4586.51	4789.01	4485.65

## TEOR DE UMIDADE FOLIAR (base seca)

### EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	230685.17627	76895.05876	101.4896 **
Resíduo	41	31064.24445	757.66450	
Total	44	261749.42072		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	41	4.2989	101.4896	<.0001

#### MÉDIAS E MEDIDAS Médias de tratamento

1	145.61500	c	nr = 12
2	173.10170	b	nr = 12
3	257.08890	a	nr = 9
4	49.64917	d	nr = 12

dms = 55.56164 x RaizQuadrd( $1/nr1 + 1/nr2$ )

Onde nr1 e nr2 são os números de repetições de duas médias comparadas

nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

MG = 149.64867

CV% = 18.39

Ponto médio = 217.36500

#### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.92403	0.00581	Não

#### DADOS

<i>V. thyrsoidea</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
161.93	145.68	269.85	35.93
169.05	187.86	252.36	60.41
133.23	177.36	239.53	51.17
144.37	162.16	251.19	59.21
147.44	161.06	229.44	43.76
119.74	157.87	247.83	45.57
150.72	190.66	203.83	43.16
140.20	166.48	398.80	55.46
125.21	173.04	220.97	40.30
164.05	181.43		58.11
149.68	185.32		50.95
141.76	188.30		51.76

## ESPESSURA FOLIAR

### EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	0.82538	0.27513	123.7983 **
Resíduo	31	0.06889	0.00222	
Total	34	0.89427		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	31	4.4843	123.7983	<.0001

#### MÉDIAS E MEDIDAS Médias de tratamento

1	0.47833	b	nr =	6
2	0.55667	a	nr =	9
3	0.27000	c	nr =	10
4	0.18300	d	nr =	10

dms =  $0.09605 \times \text{RaizQuadr}(1/\text{nr1} + 1/\text{nr2})$   
Onde nr1 e nr2 são os números de  
repetições de duas médias comparadas  
nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem  
estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste  
t ao nível de 5% de probabilidade

MG = 0.35457

CV% = 13.30

Ponto médio = 0.43000

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.89307	0.00259	Não

#### DADOS

<i>V. thyrsoidea</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
0.55	0.71	0.25	0.17
0.49	0.52	0.30	0.17
0.49	0.62	0.25	0.18
0.47	0.57	0.30	0.19
0.39	0.50	0.20	0.20
0.48	0.57	0.30	0.21
	0.49	0.30	0.15
	0.54	0.25	0.20
	0.49	0.30	0.19
		0.25	0.17



## ÁREA FOLIAR

### EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	2236881.70230	745627.23410	55.9079 **
Resíduo	26	346754.31129	13336.70428	
Total	29	2583636.01359		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	26	4.6366	55.9079	<.0001

#### MÉDIAS E MEDIDAS Médias de tratamento

1	182.76670	b	nr =	6
2	630.05550	a	nr =	9
3	0.33667	c	nr =	6
4	2.20000	c	nr =	9

dms =  $237.89837 \times \text{RaizQuadr}(1/\text{nr1} + 1/\text{nr2})$

Onde nr1 e nr2 são os números de  
repetições de duas médias comparadas  
nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem  
estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste  
t ao nível de 5% de probabilidade

MG = 226.29733

CV% = 51.03

Ponto médio = 468.82000

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.77136	0.00002	Não

#### DADOS

<i>V. thyrsoides</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
134.0	937.5	0.51	2.2
182.0	872.5	0.36	2.1
191.8	710.2	0.14	2.3
268.1	452.6	0.34	2.2
142.6	788.5	0.45	2.1
178.1	604.3	0.22	2.3
	387.8		2.2
	437.6		2.3
	479.5		2.1

## VOLUME FOLIAR

### EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	2609.48944	869.82981	53.4281 **
Resíduo	26	423.29004	16.28039	
Total	29	3032.77948		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	26	4.6366	53.4281	<.0001

#### MÉDIAS E MEDIDAS Médias de tratamento

1	5.63000	b	nr =	6
2	21.67444	a	nr =	9
3	0.09000	c	nr =	6
4	0.40556	c	nr =	9

dms =  $8.31189 \times \text{RaizQuadr}(1/\text{nr1} + 1/\text{nr2})$   
Onde nr1 e nr2 são os números de  
repetições de duas médias comparadas  
nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

MG = 7.76800

CV% = 51.94

Ponto médio = 16.00000

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.76098	0.00001	Não

#### DADOS

<i>V. thyrsoidea</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
4.87	31.96	0.13	0.37
5.20	29.86	0.11	0.36
6.01	24.79	0.04	0.41
8.92	14.52	0.10	0.42
3.22	25.09	0.09	0.42
5.56	24.36	0.07	0.48
	12.15		0.33
	15.21		0.46
	17.13		0.40

## PICO DE TEMPERATURA NA ATG

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	1372.92577	457.64192	5.5170 *
Resíduo	12	995.42368	82.95197	
Total	15	2368.34944		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	12	3.4903	5.517	0.0129

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	325.64000	c
2	330.13000	bc
3	347.79000	a
4	344.11250	ab

DMS = 14.03960

MG = 336.91813

CV% = 2.70

Ponto médio = 337.30000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

#### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.91195	0.12513	Sim

### DADOS

<i>V. thyrsoidea</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
318.45	334.01	345.39	342.16
318.94	329.98	347.00	356.36
318.24	327.90	347.27	330.56
346.93	328.63	351.50	347.37

## PERCENTUAL DE MASSA NO PICO DE TEMPERATURA NA ATG

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	0.02992	0.00997	5.9912 **
Resíduo	12	0.01998	0.00166	
Total	15	0.04989		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	12	5.9525	5.9912	0.0097

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	0.70500 a
2	0.65000 ab
3	0.59250 b
4	0.61000 b

DMS = 0.06289

MG = 0.63938

CV% = 6.38

Ponto médio = 0.67000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.88942	0.05454	Sim

### DADOS

<i>V. thyrsoidea</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
0.71	0.64	0.58	0.61
0.73	0.61	0.61	0.58
0.76	0.67	0.58	0.67
0.62	0.68	0.6	0.58

## TEMPERATURA no PICO do FLUXO de CALOR

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	4863.12448	1621.04149	7.9595 **
Resíduo	12	2443.94010	203.66167	
Total	15	7307.06457		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	12	5.9525	7.9595	0.0034

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	431.25750	a
2	397.86750	b
3	398.77750	b
4	383.68250	b

DMS = 21.99866

MG = 402.89625

CV% = 3.54

Ponto médio = 413.15500

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.94911	0.47566	Sim

### DADOS

<i>V. thyrsoides</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
415.04	398.95	422.55	385.58
455.36	395.62	402.18	399.00
432.74	406.53	383.43	370.95
421.89	390.37	386.95	379.20

## PERCENTUAL DE MASSA NO PICO DO FLUXO DE CALOR

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	0.00247	0.00082	0.6240 ns
Resíduo	12	0.01582	0.00132	
Total	15	0.01829		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	12	0.07	0.624	0.613

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	0.43750 a
2	0.44750 a
3	0.44250 a
4	0.47000 a
DMS =	0.05598

MG = 0.44938

CV% = 8.08

Ponto médio = 0.45000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.94824	0.46232	Sim

### DADOS

<i>V. thyrsoidea</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
0.44	0.45	0.37	0.46
0.42	0.41	0.45	0.44
0.46	0.45	0.47	0.53
0.43	0.48	0.48	0.45

## TAXA MÁXIMA DE PERDA DE MASSA na dTG

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	0.94500	0.31500	5.4388 *
Resíduo	12	0.69500	0.05792	
Total	15	1.64000		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	12	3.4903	5.4388	0.0135

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	1.42500	b
2	1.80000	a
3	1.87500	a
4	2.10000	a

DMS = 0.37097

MG = 1.80000

CV% = 13.37

Ponto médio = 1.90000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95107	0.50693	Sim

### DADOS

<i>V. thyrsoidea</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
1.4	2.0	1.9	2.6
1.2	1.9	2.0	1.8
1.4	1.7	1.8	1.8
1.7	1.6	1.8	2.2

## TEMPERATURA DE ONSET NA ATG

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	1216.75700	405.58567	10.9699 **
Resíduo	12	443.66960	36.97247	
Total	15	1660.42660		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	12	5.9525	10.9699	0.0009

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	236.21500	c
2	244.85500	bc
3	246.12000	b
4	260.51000	a

DMS = 9.37305

MG = 246.92500

CV% = 2.46

Ponto médio = 250.44500

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.85466	0.01597	Não

### DADOS

<i>V. thyrsoides</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
238.72	245.87	247.05	268.03
238.71	246.07	242.82	266.19
234.57	244.24	245.74	243.51
232.86	243.24	248.87	264.31



## PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DA MASSA NA ATG

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	50.45245	16.81748	0.8105 ns
Resíduo	12	248.98995	20.74916	
Total	15	299.44240		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	12	0.07	0.8105	0.5122

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	89.53250 a
2	90.10000 a
3	86.78750 a
4	85.90000 a

DMS = 7.02169

MG = 88.08000

CV% = 5.17

Ponto médio = 85.34500

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.90969	0.11503	Sim

### DADOS

<i>V. thyrsoides</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
88.12	91.92	84.88	88.29
84.53	85.05	92.62	90.98
91.59	92.68	85.33	76.8
93.89	90.75	84.32	87.53

## **Tempo para aparecimento da primeira chama no ensaio de Combustão**

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	20366.66667	6788.88889	7.3393 *
Resíduo	8	7400.00000	925.00000	
Total	11	27766.66667		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	8	4.0662	7.3393	0.011

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	116.66670	bc
2	143.33330	ab
3	183.33330	a
4	70.00000	c
-----		
DMS =	57.36371	

MG = 128.33333

CV% = 23.70

Ponto médio = 140.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

#### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.92876	0.36716	Sim

#### DADOS

<i>V. thyrsoides</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
110	120	130	90
130	180	220	60
110	130	200	60

## **Percentual de consumo de biomassa no ensaio de Combustão e perda de massa**

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	46.91667	15.63889	1.3901 ns
Resíduo	8	90.00000	11.25000	
Total	11	136.91667		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	8	4.0662	1.3901	0.3145

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	93.00000 a
2	97.66666 a
3	93.33334 a
4	96.33334 a
DMS = 6.32620	

MG = 95.08333

CV% = 3.53

Ponto médio = 94.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.83194	0.02213	Não

### DADOS

<i>V.</i>	<i>P.</i>	<i>L.</i>	<i>E.</i>
<i>thyrsoides</i>	<i>rigida</i>	<i>bergii</i>	<i>inflexa</i>
90	98	89	97
99	97	97	97
90	98	94	95

**Percentual de massa restante até o aparecimento da primeira chama no ensaio de combustão e perda de massa**

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	1816.91667	605.63889	3.1960 ns
Resíduo	8	1516.00000	189.50000	
Total	11	3332.91667		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	8	4.0662	3.196	0.0839

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	67.00000	ab
2	61.33333	ab
3	53.33333	b
4	86.66666	a

DMS = 25.96396

MG = 67.08333

CV% = 20.52

Ponto médio = 66.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.94919	0.62511	Sim

DADOS

<i>V. thyrsoides</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
80	52	70	82
45	59	39	85
76	73	51	93

**Percentual de massa restante no momento da temperatura máxima no ensaio de combustão**

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	270.91667	90.30556	3.0699 ns
Resíduo	8	235.33333	29.41667	
Total	11	506.25000		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	8	4.0662	3.0699	0.0909

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	16.00000 a
2	3.00000 b
3	6.66667 ab
4	9.33333 ab

DMS = 10.22970

MG = 8.75000

CV% = 61.99

Ponto médio = 14.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.84424	0.03119	Não

DADOS

<i>V. thyrsoides</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
14	3	11	7
8	2	3	7
26	4	6	14

## Maior temperatura obtida no ensaio de Combustão

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	61871.33333	20623.77778	1.3817 ns
Resíduo	8	119410.66667	14926.33333	
Total	11	181282.00000		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	8	4.0662	1.3817	0.3167

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	252.66670 a
2	344.66670 a
3	154.33330 a
4	308.33330 a

DMS = 230.43210

MG = 265.00000

CV% = 46.10

Ponto médio = 299.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.92714	0.35079	Sim

### DADOS

<i>V. thyrsoides</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
160	380	114	208
491	391	193	311
107	263	156	406

**Temperatura no momento do aparecimento da 1ª Chama no ensaio de combustão**

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	1048.25000	349.41667	0.6624 ns
Resíduo	8	4220.00000	527.50000	
Total	11	5268.25000		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	8	0.069	0.6624	0.598

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	66.00000 a
2	60.33333 a
3	51.33333 a
4	41.33333 a

DMS = 43.31892

MG = 54.75000

CV% = 41.95

Ponto médio = 76.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.73034	0.00168	Não

DADOS

<i>V. thyrsoides</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
45	60	52	43
117	52	59	41
36	69	43	40

## Tempo total com chamas no ensaio de combustão

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	38980.25000	12993.41667	2.7904 ns
Resíduo	8	37252.00000	4656.50000	
Total	11	76232.25000		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
3	8	4.0662	2.7904	0.1093

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	88.66666 ab
2	71.66666 ab
3	17.00000 b
4	175.66670 a

DMS = 128.70520

MG = 88.25000

CV% = 77.32

Ponto médio = 150.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade

### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.80487	0.01065	Não

### DADOS

<i>V. thyrsoides</i>	<i>P. rigida</i>	<i>L. bergii</i>	<i>E. inflexa</i>
93	57	10	27
83	64	21	210
90	94	20	290



## D. Levantamento de Plantas de baixa inflamabilidade em área queimadas

GPS Garmin Etrex 30- Version,212

WGS 1984 (GPS),217, 6378137, 298.257223563, 0, 0, 0

PONTO	COORDENADAS		DATA mm/dd/aaaa	HORA Hh:mm:ss	ALTITUDE
	S	W			
001	-15 31.68726'	-47 37.02138'	08/29/2013	17:01:00	972.1411
002	-15 31.68996'	-47 37.02720'	08/29/2013	17:02:25	1033.767
003	-15 31.72392'	-47 37.00644'	08/29/2013	17:18:09	1040.001
004	-15 31.72806'	-47 36.99066'	08/29/2013	17:22:51	1040.718
005	-15 31.72812'	-47 36.98418'	08/29/2013	17:25:33	1041.161
006	-15 31.74852'	-47 36.96516'	08/29/2013	17:34:41	1044.959
007	-15 31.79154'	-47 36.96210'	08/29/2013	17:46:25	1044.29
008	-15 31.80846'	-47 36.95484'	08/29/2013	17:49:54	1044.25
009	-15 31.80264'	-47 36.95622'	08/29/2013	17:51:19	1044.307
010	-15 31.85292'	-47 36.99744'	08/29/2013	17:54:43	1042.461
011	-15 31.92228'	-47 37.08852'	08/29/2013	17:58:52	1040.338
012	-15 31.94490'	-47 37.10898'	08/29/2013	18:01:28	1039.203
013	-15 31.74408'	-47 37.02894'	08/29/2013	18:14:30	1043.908
014	-15 58.38780'	-47 59.37648'	09/04/2013	16:32:51	1177.726
015	-15 58.38612'	-47 59.36634'	09/04/2013	16:36:24	1180.492
016	-15 58.38198'	-47 59.36862'	09/04/2013	16:39:07	1186.536
017	-15 58.37370'	-47 59.35980'	09/04/2013	16:39:57	1187.703
018	-15 58.36716'	-47 59.35320'	09/04/2013	16:42:11	1191.193
019	-15 58.36290'	-47 59.33772'	09/04/2013	16:43:46	1192.32
020	-15 58.32906'	-47 59.30160'	09/04/2013	16:46:32	1192.765
021	-15 58.28226'	-47 59.26524'	09/04/2013	16:52:43	1196.74
022	-15 58.27770'	-47 59.26188'	09/04/2013	16:53:34	1197.107
023	-15 58.27506'	-47 59.27142'	09/04/2013	16:56:54	1200.552
024	-15 58.27902'	-47 59.28078'	09/04/2013	16:57:55	1201.422
025	-15 58.27602'	-47 59.28816'	09/04/2013	16:58:46	1202.197
026	-15 58.27704'	-47 59.29806'	09/04/2013	16:59:07	1203.382
027	-15 58.27830'	-47 59.31192'	09/04/2013	17:00:20	1205.736
028	-15 58.27584'	-47 59.31042'	09/04/2013	17:00:52	1205.548
029	-15 58.27722'	-47 59.31450'	09/04/2013	17:01:04	1205.639
030	-15 58.27914'	-47 59.32386'	09/04/2013	17:02:18	1207.593

031	-15 58.28628'	-47 59.34168'	09/04/2013	17:03:17	1209.646
032	-15 58.28598'	-47 59.34258'	09/04/2013	17:04:11	1210.391
033	-15 58.29240'	-47 59.35002'	09/04/2013	17:04:58	1211.51
034	-15 58.31970'	-47 59.37936'	09/04/2013	17:06:46	1214.813
035	-15 58.32144'	-47 59.37936'	09/04/2013	17:06:56	1215.072
036	-15 58.32408'	-47 59.38248'	09/04/2013	17:07:22	1216.004
037	-15 58.33044'	-47 59.39046'	09/04/2013	17:08:19	1216.689
038	-15 58.33002'	-47 59.39352'	09/04/2013	17:09:26	1218.041
039	-15 57.02970'	-47 54.21456'	09/12/2013	15:42:31	1061.597
040	-15 57.00018'	-47 54.25758'	09/12/2013	15:45:55	1102.409
041	-15 56.99682'	-47 54.25632'	09/12/2013	15:48:32	1102.841
042	-15 56.89272'	-47 53.97666'	09/12/2013	16:00:11	1084.195
043	-15 56.95080'	-47 54.08976'	09/12/2013	16:22:00	1096.439
044	-15 56.94978'	-47 54.10428'	09/12/2013	16:23:09	1097.279
045	-15 56.97072'	-47 54.15636'	09/12/2013	16:39:52	1100.356
046	-15 56.95014'	-47 54.12006'	09/12/2013	16:48:39	1096.836
047	-15 56.94642'	-47 54.13236'	09/12/2013	17:10:40	1095.278
048	-15 56.94894'	-47 54.13470'	09/12/2013	17:11:49	1095.94
049	-15 56.97054'	-47 54.15990'	09/12/2013	17:18:56	1099.901
050	-15 56.98260'	-47 54.15222'	09/12/2013	17:20:55	1100.49
051	-15 56.99814'	-47 54.14628'	09/12/2013	17:22:27	1101.104
052	-15 56.99922'	-47 54.14046'	09/12/2013	17:23:10	1100.728
053	-15 56.99712'	-47 54.12558'	09/12/2013	17:25:31	1100.611
054	-15 57.01026'	-47 54.11778'	09/12/2013	17:33:30	1102.072
055	-15 57.02220'	-47 54.10494'	09/12/2013	17:34:52	1101.891
056	-15 57.03780'	-47 54.08670'	09/12/2013	17:37:14	1101.611
057	-15 57.04698'	-47 54.11850'	09/12/2013	17:43:08	1103.565
058	-15 57.04860'	-47 54.13368'	09/12/2013	17:46:00	1104.128
059	-15 57.05052'	-47 54.13458'	09/12/2013	17:47:14	1105.293
060	-15 57.05430'	-47 54.13314'	09/12/2013	17:48:32	1104.271
061	-15 57.01494'	-47 54.24600'	09/12/2013	18:04:57	1103.469
062	-15 56.38200'	-47 54.26628'	09/12/2013	18:15:03	1069.448
063	-15 56.91978'	-47 50.99196'	09/13/2013	9:17:53	1089.996
064	-15 56.92176'	-47 50.98098'	09/13/2013	9:18:38	1121.014
065	-15 56.91888'	-47 50.97108'	09/13/2013	9:21:17	1128.93

066	-15 56.46558'	-47 54.15048'	09/14/2013	18:00:47	1062.75
067	-15 56.44398'	-47 54.14340'	09/14/2013	18:04:50	1062.656
068	-15 56.44338'	-47 54.14340'	09/14/2013	18:05:30	1062.798
069	-15 56.44140'	-47 54.14298'	09/14/2013	18:05:48	1062.14
070	-15 56.44410'	-47 54.14622'	09/14/2013	18:06:43	1062.649
071	-15 56.44458'	-47 54.14532'	09/14/2013	18:06:49	1062.604
072	-15 56.45106'	-47 54.26118'	09/14/2013	18:18:11	1068.903
073	-15 56.45340'	-47 54.26196'	09/14/2013	18:19:26	1068.976
074	-15 56.45436'	-47 54.26304'	09/14/2013	18:19:37	1068.988
075	-15 56.45166'	-47 54.27792'	09/14/2013	18:22:25	1070.702
076	-15 56.83320'	-47 54.54660'	09/17/2013	9:51:55	1097.19
077	-15 56.82294'	-47 54.54144'	09/17/2013	9:57:55	1094.319
078	-15 56.77626'	-47 54.53754'	09/17/2013	10:03:54	1086.647
079	-15 56.73882'	-47 54.53286'	09/17/2013	10:10:48	1082.573
080	-15 56.72940'	-47 54.53322'	09/17/2013	10:13:42	1080.965
081	-15 56.70528'	-47 54.52776'	09/17/2013	10:18:16	1075.741
082	-15 56.71068'	-47 54.50400'	09/17/2013	10:19:56	1077.219
083	-15 56.70498'	-47 54.48864'	09/17/2013	10:20:37	1076.081
084	-15 56.70570'	-47 54.48666'	09/17/2013	10:20:40	1076.794
085	-15 56.70648'	-47 54.48288'	09/17/2013	10:20:51	1076.801
086	-15 56.70480'	-47 54.48090'	09/17/2013	10:21:15	1076.611
087	-15 56.70282'	-47 54.47592'	09/17/2013	10:24:25	1076.017
088	-15 56.71620'	-47 54.47538'	09/17/2013	10:28:03	1077.372
089	-15 56.72304'	-47 54.43974'	09/17/2013	10:34:17	1081.027
090	-15 56.72010'	-47 54.42414'	09/17/2013	10:37:16	1080.569
091	-15 56.71896'	-47 54.41526'	09/17/2013	10:40:06	1079.427
092	-15 56.70282'	-47 54.36324'	09/17/2013	10:48:11	1076.053
093	-15 56.70378'	-47 54.36042'	09/17/2013	10:48:34	1075.579
094	-15 56.70186'	-47 54.35070'	09/17/2013	10:50:23	1075.654
095	-15 56.69160'	-47 54.33024'	09/17/2013	10:52:27	1074.823
096	-15 56.68464'	-47 54.32412'	09/17/2013	10:53:59	1073.727
097	-15 56.68488'	-47 54.28020'	09/17/2013	10:58:35	1074.968
098	-15 56.64186'	-47 54.27492'	09/17/2013	11:05:20	1069.881
099	-15 56.64048'	-47 54.23976'	09/17/2013	11:09:18	1070.918
100	-15 56.62722'	-47 54.21498'	09/17/2013	11:11:19	1070.667

101	-15 56.69682'	-47 54.09120'	09/17/2013	11:20:08	1077.135
102	-15 56.74236'	-47 54.14520'	09/17/2013	11:26:52	1083.106
103	-15 56.81052'	-47 54.23514'	09/17/2013	11:37:30	1090.578
104	-15 56.82738'	-47 54.42156'	09/17/2013	11:47:04	1096.077
105	-15 56.82666'	-47 54.42396'	09/17/2013	11:47:26	1096.202
106	-16 02.35902'	-47 55.03020'	09/17/2013	13:53:40	1121.285
107	-16 02.36634'	-47 55.03026'	09/17/2013	13:56:09	1122.077
108	-16 02.40564'	-47 55.02954'	09/17/2013	13:59:46	1122.369
109	-16 02.42610'	-47 55.02120'	09/17/2013	14:04:34	1122.878
110	-16 02.42634'	-47 55.02126'	09/17/2013	14:04:41	1122.298
111	-16 02.44890'	-47 55.05624'	09/17/2013	14:09:02	1123.958
112	-16 02.41410'	-47 55.10058'	09/17/2013	14:12:31	1126.81
113	-16 02.30244'	-47 55.16280'	09/17/2013	14:20:47	1132.905
114	-16 02.24724'	-47 55.16574'	09/17/2013	14:26:08	1134.974
115	-16 09.71532'	-48 02.92050'	09/17/2013	16:23:45	896.6257
116	-16 09.72570'	-48 02.86272'	09/17/2013	16:35:27	900.752
117	-16 09.62202'	-48 02.79816'	09/17/2013	16:43:51	910.8187
118	-16 09.59958'	-48 02.86296'	09/17/2013	16:45:29	906.5225

A coleção de fotografias do levantamento encontra-se disponível em [www.restauranatureza.blogspot.com/p/baixa-inflamabilidade.html](http://www.restauranatureza.blogspot.com/p/baixa-inflamabilidade.html) (para acessar o álbum será fornecida autorização- a ser adquirida por *e-mail*).