

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RUDOLFO DE CERQUEIRA JACOBS

AVALIAÇÃO EM LABORATÓRIO DA EFICIÊNCIA DE RETARDANTES
QUÍMICOS USADOS EM INCÊNDIOS FLORESTAIS

CURITIBA
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RUDOLFO DE CERQUEIRA JACOBS

AVALIAÇÃO EM LABORATÓRIO DA EFICIÊNCIA DE RETARDANTES
QUÍMICOS USADOS EM INCÊNDIOS FLORESTAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de especialização em prevenção e combate a incêndios florestais, Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de especialista em prevenção e combate aos incêndios florestais.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Batista

CURUTIBA

2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO PREVENÇÃO E COMBATE
AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS - 40001016353E1

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em PREVENÇÃO E COMBATE AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Monografia de Especialização de **RUDOLFO DE CERQUEIRA JACOBS** intitulada: **Avaliação em laboratório da eficiência de retardantes químicos**, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de especialista está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 11 de Março de 2021.

ANTONIO CARLOS BATISTA

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

TATIANA CRISTINA GUIMARÃES KAMINSKI

Avaliador Externo (UFPR / DEPARTAMENTO CIÊNCIAS FLORESTAIS)

ANDRESSA TRES

Avaliador Interno

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais, Percy Jacobs e Patrícia de Cerqueira Violante, pelo apoio incondicional durante a vida.

Ao meu orientador Antonio Carlos Batista, pelos conselhos, amizade e orientação.

Aos colegas Daniela Pereira de Melo Alcântara e Pedro Moreira Baptista pelo esforço e dedicação no auxílio na condução deste experimento.

Aos servidores do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná.

RESUMO

O presente trabalho trata de uma análise comparativa de eficiência entre distintas formulações (LC1, LC2, LC3 e LC4) de um produto retardante de chamas que está em fase de desenvolvimento. Para a condução do experimento foi utilizado o feno tifton (*Cynodon* spp.) como material combustível. A eficiência de cada produto foi calculada pelo Índice de Eficiência Efetiva (IEE) nas concentrações de 5%,10%,15% e 20%. Para fins comparativos, a água foi utilizado como tratamento controle. Nas concentrações 5%, 10% e 15% a maior eficiência foi encontrada pela formulação LC1. No entanto na concentração de 20% a formulação LC3 apresentou maior eficiência.

Palavras chave: Retardante de chamas; Índice de Eficiência Efetiva;

ABSTRACT

The present work is a comparative analysis of efficiency between different formulations (LC1, LC2, LC3 and LC4) of a flame retardant product under development. To conduct this experiment, tifton hay (*Cynodon spp*) was used as a fuel material, the efficiency of each product was calculated by the Effective Efficiency Index (IEE) in concentrations of 5%, 10%, 15% and 20% and, for comparative purposes, of water. In the concentrations 5%, 10% and 15% the greatest efficiency was found by the LC1 formulation, however in the 20% contraction the LC3 formulation showed greater efficiency.

Keywords: Flame retardant; Effective Efficiency Index;

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Câmara de combustão do Laboratório de Incêndios Florestais.	14
FIGURA 2 – Esboço da plataforma de queima.	15
FIGURA 3 – Concentrados retardantes e implementos laboratoriais.....	16
FIGURA 4 – Fluxograma para a avaliação do <i>Effective efficiency index (IEE)</i>	18
FIGURA 5 – Diferenças entre Índices de eficiência na formulação LC1	23
FIGURA 6 – Diferenças entre Índices de eficiência na formulação LC2	24
FIGURA 7 – Diferenças entre Índices de eficiência na formulação LC3	25
FIGURA 8 – Diferenças entre Índices de eficiência na formulação LC4	26

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Desempenho das formulações	27
TABELA 2 – Dados ambientais LC1	33
TABELA 3 – Dados de tempo de propagação LC1	34
TABELA 4 – Dados de altura de chama LC1	35
TABELA 5 – Dados de eficiência de LC1	36
TABELA 6 – Dados ambientais LC2	37
TABELA 7 – Dados de tempo de propagação LC2	38
TABELA 8 – Dados de altura de chama LC2	39
TABELA 9 – Dados de eficiência de LC2	40
TABELA 10 – Dados ambientais LC3	41
TABELA 11 – Dados de tempo de propagação LC3	42
TABELA 12 – Dados de altura de chama LC3	43
TABELA 13 – Dados de eficiência de LC3	44
TABELA 14 – Dados ambientais LC4	45
TABELA 15 – Dados de tempo de propagação LC4	46
TABELA 16 – Dados de altura de chama LC4	47
TABELA 17 – Dados de eficiência de LC4	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral.....	11
2.2 Objetivos específicos	11
3 REVISÃO DE LITERATURA	12
4 MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 Caracterização da área de estudo e equipamento laboratorial.....	16
4.2 Produtos retardantes utilizados.....	18
4.3 Metodologia Effective efficiency index.....	19
5 RESULTADOS	25
5.1 Resultados LC1	25
5.2 Resultados LC2	26
5.3 Resultados LC3	27
5.4 Resultados LC4	28
5.5 Análise Global da Eficiência.....	28
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	30
REFERÊNCIAS	31
Apêndice	34

1 INTRODUÇÃO

O fogo é um fator transformador da paisagem, que seleciona a biota e modela ecossistemas (BOWMAN *et al.*, 2011). Potencialmente todos os ecossistemas terrestres têm um regime de natural de fogo (MYERS, 2006). Generalizadamente um fogo não controlado em vegetação pode ser denominado como incêndio florestal.

A atividade humana é a fonte causal do grande número de incêndios florestais, seja por intuitos inadvertidos (fumantes, tratos culturais, renovação de pastagens, campismo, exploração de florestas, queima de lixo, etc...) ou por causas criminosas (MACEDO, 1987). A alteração do regime de fogo de uma região por ação humana pode lesar o ecossistema local, causando danos à flora e a fauna, além dos incêndios representarem riscos à vida humana e à propriedade (MCCOLL-GAUSDEN; PENMAN, 2019)

No Brasil, segundo dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2018), a média anual de focos de calor de 2008 a 2018 foi de 2.107.195, sendo estes mais frequentes durante os meses de agosto, setembro e outubro.

Diante deste cenário há a necessidade da sociedade e seus representantes direcionarem recursos e esforços na prevenção e combate a incêndios florestais. Dentro das possibilidades existentes para execução desta tarefa, retardantes químicos vêm sendo pesquisados e utilizados. Visando a avaliação de produtos retardantes, este projeto busca comparar, em condições de laboratório, a eficiência de formulações do produto retardante *Firout* em diferentes concentrações.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência de diferentes formulações do produto retardante *Firout* em distintas concentrações e identificar qual possui a melhor capacidade de combate ao fogo

2.2 Objetivos específicos

- i. Avaliar a eficiência de cada produto retardante nas concentrações 5, 10 15 e 20%;
- ii. Verificar a estabilidade da formulação após a abertura da embalagem (degradabilidade).

3 REVISÃO DE LITERATURA

A água é o extintor de fogo mais utilizado no combate aos incêndios e seu amplo uso deve-se à sua disponibilidade no ambiente. Porém, em caso de sua escassez no meio, ou por qualquer motivo que haja necessidade de interromper o avanço do fogo de maneira abrupta, o emprego de retardantes químicos torna-se fundamental. Em incêndios florestais, retardantes de fogo podem ser utilizados na prevenção e combate dos mesmos, sendo possível usá-los tanto no combate terrestre quanto no aéreo (SOARES *et al.*, 2017).

Para Ribeiro *et al.* (2006a, p. 1025), "um retardante de fogo é um agente químico que utilizado, sozinho ou misturado com água, reduz ou elimina a combustão de um determinado combustível", sendo portanto um produto com atribuições de aumentar a capacidade ignífuga do material sobre qual é aplicado. Estes compostos possuem capacidades extintoras por vias químicas e/ou físicas (PIERONI *et al.*, 2017), portanto, agindo por uma, ou mais, das várias teorias de extinção de combustão (LIODAKIS *et al.*, 2006):

- Teoria da barreira – um produto isola o combustível florestal, impedindo-o de entrar em contato com o oxigênio;
- Teoria térmica – o calor é absorvido por uma substância, impedindo que o combustível florestal entre em ignição;
- Teoria dos gases não inflamáveis – um produto aplicado sobre o combustível em chamas é decomposto em gases não inflamáveis;
- Teoria de armadilha de radicais livres – aplicação de algum produto que favorece a formação de radicais livres que inibem o mecanismo da cadeia de propagação da combustão;
- Teoria do aumento do carvão/redução dos voláteis – aplicação de algum produto que reduz a temperatura em que ocorre a pirólise, forçando o padrão de degradação do combustível para a produção de mais carvão e menos voláteis inflamáveis.

Os primeiros registros do uso de retardantes de fogo datam de 450 A.C., mas apenas a partir de 1970, com o aumento de consumo de materiais poliméricos, houve um aumento na necessidade de aprimorar a segurança contra incêndios. Atualmente existe mais de 175 produtos descritos como

retardante de chamas, sendo sua classificação dividida em quatro grupos baseados em sua constituição química (PIERONI *et al.*, 2017):

- Inorgânicos (hidróxidos de alumínio, antimônio e estanho);
- Orgânicos halogenados (clorados e bromados);
- Organofosforados e;
- À base de nitrogênio.

Atualmente retardantes utilizados em incêndios florestais são classificados em dois grandes grupos: retardantes de curta duração e retardantes de longa duração (PASTOR, 2004). Retardantes de curta duração atuam como um aditivo na água, aumentando por algumas horas suas capacidades extintoras. Os de longa duração também aumentam as capacidades da água em absorver calor, porém, como o nome sugere, perduram no ambiente por um período mais longo podendo permanecer no local, ainda com propriedades retardantes, por até alguns dias sem chuva.

Segundo Muñoz e Ruiz (2010), comumente são adicionados aditivos aos retardantes. Tais aditivos objetivam fornecer aos retardantes as seguintes características, em ordem de prioridade: viscosidade, coloração, não corrosivo, não produzir flóculos, manter estabilidade e baixa toxicidade:

- A viscosidade é necessária para que a solução tenha aderência ao material, evitando a dispersão durante a aplicação e a perda do material pelo escorrimento;
- A coloração é importante para destacar a superfície em que foi aplicada a solução, facilitando assim a visualização e conseqüentemente o trabalho de combate aos incêndios;
- A não corrosão é desejada, pois os sais amoníacos, utilizados no preparo do concentrado do retardante, são corrosivos. Para reduzir a corrosão do maquinário de aplicação são adicionadas substâncias como dicromato de sódio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), tioureia ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$) e ferrocianeto de potássio ($\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$);
- Os concentrados retardantes não devem produzir flóculos ou grânulos maiores do que 3 milímetros, com vistas a evitar efeitos negativos aos componentes do maquinário, como entupimento de mangueiras;

- É desejável que o concentrado permaneça estável por pelo menos um período de dois anos, suportando variações térmicas sem apresentar deteriorações do produto;
- Por fim, a mistura deve ter o menor nível de toxicidade possível, de forma a ser inócua ao homem, à fauna e à flora. Devem ser também de fácil remoção da pele e das mucosas com água. Como polifosfatos são utilizados na fabricação de fertilizantes, normalmente a aplicação de retardantes de longa duração é considerada como um aporte de nutrientes à biota.

Retardantes químicos são comercializados em sua forma concentrada (MUÑOZ e RUIZ, 2010), sendo necessária sua mistura com água para formulação da calda retardante e subsequente aplicação da mesma no campo, podendo ser empregados com o uso de bombas costais, caminhões bombeiros ou aviões para prevenção ou combate de incêndios,

Segundo Planas *et al.* (2008), retardantes de fogo vem sendo largamente utilizados por países da América do Norte, do mar mediterrâneo e pela Austrália. A prática do uso de retardantes de fogo no Brasil ainda é incipiente, tal condição se deve em parte à inexistência de regulamentação própria para uso e registro desses produtos (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente - IBAMA, 2018), assim como os elevados preços, uma vez que não são produzidos no país (MACHADO FILHO *et al.*, 2012). São poucos os relatos do uso desses produtos no Brasil, sendo utilizados nos casos de incêndios ocorridos na Chapada Diamantina/BA em 2018 (IBAMA, 2018) e Arariboia/MA em 2015 (IBAMA, 2015).

Existem diversas propostas metodológicas para avaliar a eficiência de retardantes de longa duração, tais como a de Rothermel (1975), Blakely (1988), Pastor (2004), Ribeiro *et al.*, (2006b), Batista (2008), Machado Filho *et al.*, (2012), Fiedler (2015) e mais recentemente a proposta de Beutling *et al.*, (2018).

Tendo em vista a capacidade do uso desses retardantes de fogo em aumentar a eficiência do uso da água e devido à escassez de conhecimento

nos processos de avaliação da eficiência destes produtos, torna-se evidente a necessidade do progresso dos estudos na área.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo e equipamento laboratorial

Os testes de queima controlada foram realizados na cidade de Curitiba de 24 de abril de 2019 a 12 de julho de 2019 – Paraná, nas dependências do Laboratório de Incêndios Florestais do Departamento de Ciências Florestais (DECIF) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), *campus* III.

Para obter dados mais assertivos é necessário controlar ao máximo as variáveis que possam afetar a coleta de dados. Para tanto as queimas sempre foram realizadas entre as 10h00min e 13h00min, realizando-se os ensaios de queima dentro de câmara de combustão do próprio Laboratório de Incêndios Florestais (FIGURA 1).

FIGURA 1 - Câmara de combustão do Laboratório de Incêndios Florestais.

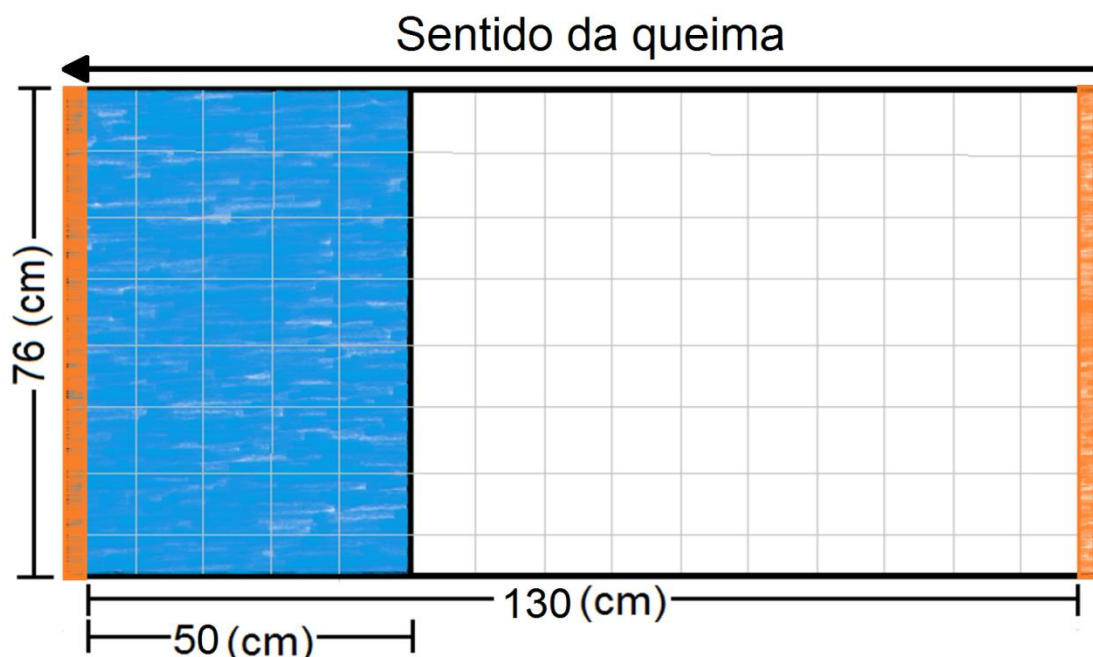


Fonte: O Autor (2019).

A plataforma de teste possui as dimensões de 1,48 metro de comprimento por 0,76 metro de largura. O material combustível padrão utilizado foi o feno tifton (*Cynodon* spp.) seco em estufa à 75 °C por 24 horas antes da montagem da amostra, na proporção de 1kg/m², e espalhado homogeneamente sobre a plataforma.

O preparo e aplicação da solução retardante foi realizado após a montagem da manta, sendo a calda aplicada no terço final da plataforma, conforme a Figura 2. As queimas foram realizadas após 24 horas da aplicação da solução sobre o material.

FIGURA 2 - Esboço da plataforma de queima.



Fonte: O Autor, (2018).

A plataforma possui marcações em seu comprimento a cada 10 cm. A velocidade de propagação da frente de fogo foi calculada pela relação da distância com o tempo em cada intervalo de 10 cm. A altura de chama foi estimada segundo demarcações na própria câmara de combustão. Variáveis ambientais como umidade relativa do ambiente e temperatura do ar foram coletadas com a estação meteorológica Kestrel antes e após de cada queima.

Para elaboração das soluções retardantes foram utilizadas as diferentes formulações do produto *Firout* (FIGURA 3 a) e como agente diluidor a água, sendo mensurados os volumes e homogeneizados em solução em proveta graduada (FIGURA 3 b). A aplicação foi realizada com o pulverizador de compressão prévia da empresa Guarany (FIGURA 3 c) sempre na pressão máxima do equipamento (43,5 psi) e jato pulverizador em cone cheio.

FIGURA 3 - FORMULAÇÕES RETARDANTES TESTADAS (a); PROVETAS (b); PULVERIZADOR (c).



Fonte: O Autor, (2020).

4.2 Produtos retardantes utilizados

Os produtos analisados nas queimas controladas são protótipos para uma nova formulação do produto *Firout*. Conforme informações do fabricante, o retardante possui propriedades anticomburentes e anticombustíveis com capacidade de uso no combate direto e indireto de incêndios florestais. Suas composições se baseiam em matérias-primas que são nutrientes de plantas, atóxicas aos animais e homem e inócuas ao solo e plantas (EUROFORTE, 2018).

Todas as formulações testadas possuíam consistência melíflua, coloração azul escura. As composições LC3 e LC4 apresentaram presença de cristais azulados que se acumulavam no fundo do recipiente. Porém em solução em água facilmente solubilizaram.

O grupo de retardantes submetidos aos ensaios foi constituído por 4 compostos em fase de desenvolvimento (LC1, LC2, LC3 e LC4). Estes compostos foram testados nas concentrações indicadas pelo próprio fabricante de 5%, 10%, 15% e 20% em 10 repetições para cada concentração, além de 10 repetições utilizando apenas água como testemunha aos produtos, totalizando assim 170 repetições.

4.3 Metodologia Effective efficiency index

Para avaliar a eficiência dos retardantes foi utilizada a metodologia de análise *Effective efficiency index* (IEE), ou índice de eficiência efetiva, desenvolvida por Beutling (2018). A metodologia do IEE é baseada nos estudos de Ribeiro *et al.* (2006b), o qual o autor utiliza uma relação da velocidade do fogo e altura de chama para avaliar a eficiência de um retardante de fogo segundo o *Global efficiency index* (σ).

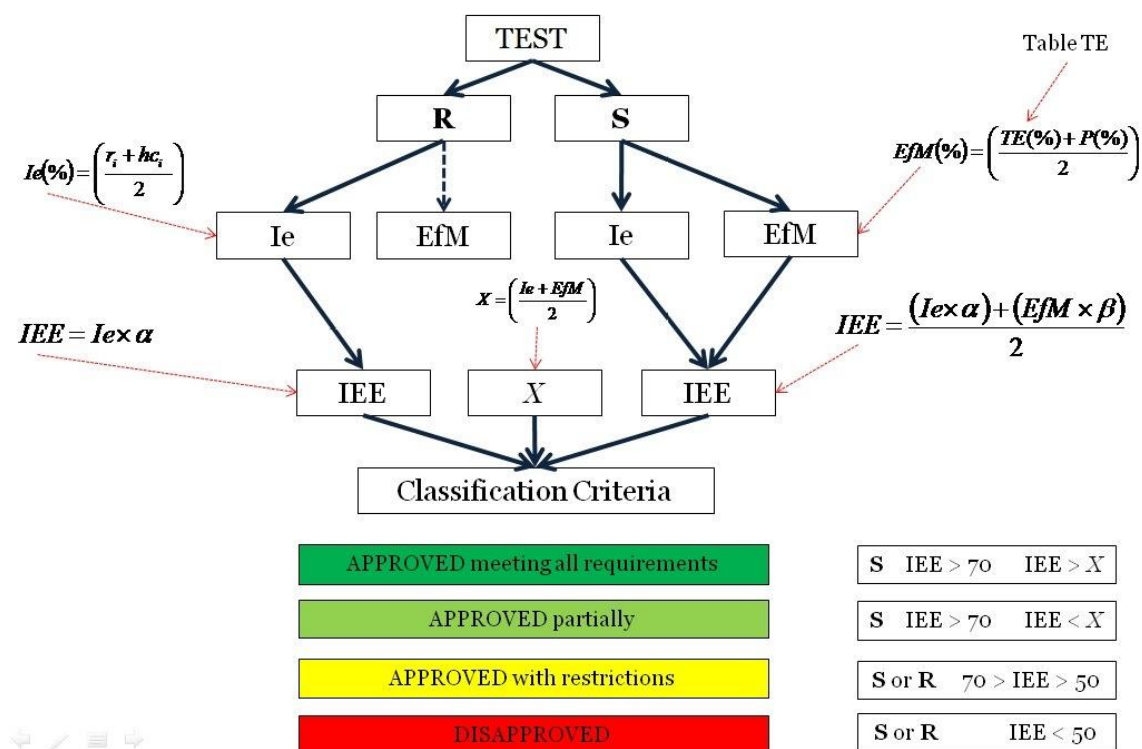
Para avaliar a estabilidade química dos retardantes foram testados os mesmos produtos das mesmas embalagens que foram abertos em avaliação inicial da eficiência sob a mesma metodologia do IEE, apenas esperando um período mínimo de 30 dias entre a primeira avaliação de eficiência e a avaliação de degradabilidade.

O IEE apresenta um processo de análise mais sofisticado que o seu precursor, pois dá a possibilidade de avaliar o retardante em diferentes condições de formulação e concentração e adiciona a variável “*hammer effect*” (EfM) que avalia a capacidade do retardante em suprimir o fogo. Tais características possibilitam ao IEE a capacidade de avaliar diferentes produtos sobre o mesmo espectro de eficiência (BEUTLING *et al.*, 2018).

É evidente que um produto que possua a capacidade de suprimir o fogo é mais interessante do que um produto com apenas capacidades retardantes. O IEE trabalha com esse fator, dando diferentes pesos para a capacidade retardante e capacidade supressora.

Para cada teste o produto pode apresentar dois resultados: um deles como retardante (R), significa que o produto não foi capaz de parar o avanço do fogo até o final da chapa de testes, e o outro como supressante (S), significa que o produto foi capaz de suprimir o avanço do fogo antes do final da chapa de testes.

O processo de avaliação pelo IEE segue o fluxograma apresentado na FIGURA 4.

FIGURA 4 – Fluxograma para a avaliação do *Effective efficiency index (IEE)*.

Fonte: Beutling, (2018).

Quando o resultando é retardante, ou seja, sem ação supressante, o EfM é igual a zero. A variável de análise do potencial retardante do produto é o Índice de eficiência (Ie), sendo calculado segundo uma relação de altura de chama e velocidade de propagação entre as áreas com e sem retardante, ilustrado pelas equações abaixo.

$$RVP = \frac{VPMC}{VPMS}$$

$$r_i = (1 - RVP) * 100$$

$$RHC = \frac{HMCC}{HMCS}$$

$$hc_i = (1 - RHC) * 100$$

$$Ie = \frac{r_1 + hc_1}{2}$$

Em que:

RVP = Taxa de redução na velocidade de propagação;

VPMS = Velocidade de propagação média com retardante (m/s);

VPMS = Velocidade de propagação média sem retardante (m/s);

r_i = Percentagem de redução na velocidade de propagação (%);

RHC = Taxa de redução da altura de chama;

HMCC = Altura média de chama com retardante (cm);

HMCS = Altura média de chama sem retardante (cm);

hc_i = Percentagem de redução na altura de chama (%);

le = Índice de eficiência.

A velocidade de propagação (r) foi determinada pelo espaço percorrido pela linha de fogo sobre o tempo decorrido. As medições foram realizadas com a ajuda de uma régua com intervalos de 10 cm, esta posicionada paralelamente ao comprimento da chapa e um cronômetro digital (FIGURA 3).

$$r = \Delta s / \Delta t$$

Onde:

r = velocidade de propagação ($m.s^{-1}$);

Δs = diferença entre o espaço final e inicial (m);

Δt = diferença entre o tempo final e inicial (s).

A altura de chama foi determinada visualmente no momento de cada queima e coletada a cada 10 cm do avanço do fogo. As medições das alturas de chamas foram realizadas com o auxílio de marcações na parte posterior da câmara de combustão, tomando como referência o ponto de vista do observador.

Nos casos em que o retardante apresenta efeito supressante, além do índice de eficiência, a metodologia requer o cálculo do EfM.

$$EfM = \frac{TE + P}{2}$$

Em que:

EfM = *Hammer effect*;

TE = Tempo de extinção (%);

P = Percentual de penetração (%).

O tempo de extinção é o tempo que o fogo leva para se extinguir dentro da área de aplicação do retardante. Seu valor é encontrado a partir da relação de intervalos de tempo e um valor percentual de eficiência perdida, sendo esse intervalo de tempo de 10 segundos de frente de fogo ativa na área com aplicação de retardante e o percentual de redução de eficiência de 1%.

$$TE = 100 - (\sum TAC/10)$$

Em que:

TE = Tempo de extinção (%);

TAC= Tempo da frente de fogo ativa dentro da área com aplicação do produto (s).

O percentual de penetração, por sua vez, é a distância que a linha de fogo consegue penetrar na área com retardante e seu valor equivale à relação entre a distância percorrida e um valor de percentagem de eficiência perdida, sendo a relação de 1% de eficiência perdida a cada 1 cm que o fogo consegue entrar na área com retardante.

$$P = 100 - DPC$$

Em que:

P = Percentual de penetração (%);

DPC= Distância pela frente de fogo percorrida dentro da área com aplicação de retardante (cm).

A variável "X", que nada mais é do que a média entre o le e o EfM do produto supressante, vem para auxiliar na categorização do produto segundo os critérios de classificação:

$$X = \frac{Ie + EfM}{2}$$

Aliado aos cálculos anteriores, o IEE utiliza dois coeficientes, α e β , usados para ajustar os índices ao critério de classificação. Estes coeficientes são utilizados para multiplicar o Ie e o EfM . Resumidamente, são usados para favorecer resultados supressantes e desfavorecer resultados retardantes.

Resultados retardantes devem seguir a seguinte equação para encontrar o IEE.

$$IEE = Ie * \alpha$$

Resultados supressantes devem seguir a equação abaixo para o cálculo do IEE.

$$IEE = \frac{(Ie * \alpha) + (EfM * \beta)}{2}$$

Em que:

$$\alpha = 0,714285714285714...$$

$$\beta = 1,285714285714285... (1+(1-\alpha))$$

Encontrados os índices, o próximo passo foi classificar o produto segundo o critério preconizado pelo método.

- I. Supressante, com IEE maior que X: Aprovado atendendo todas as exigências (verde escuro);
- II. Supressante, com IEE menor que X: Aprovado atendendo parcialmente as exigências (verde claro);
- III. Supressante ou retardante, com $70 > IEE > 50$: Aprovado com restrições de uso (amarelo);
- IV. Supressante ou retardante, com IEE abaixo de 50: Reprovado (vermelho);

No caso deste estudo foi desconsiderada a classificação de cada concentração de cada retardante como o método preconiza, pois o intuito do projeto foi elencar as melhores formulações segundos seus índices.

A metodologia é bastante sensível a alterações de concentração e formulação, e dependente de boas práticas laboratoriais (resguardar com bastante critério a montagem da manta de combustível, preparo e aplicação da solução a ser testada e cotejo da coleta de dados) (BEUTLING *et al.*, 2018).

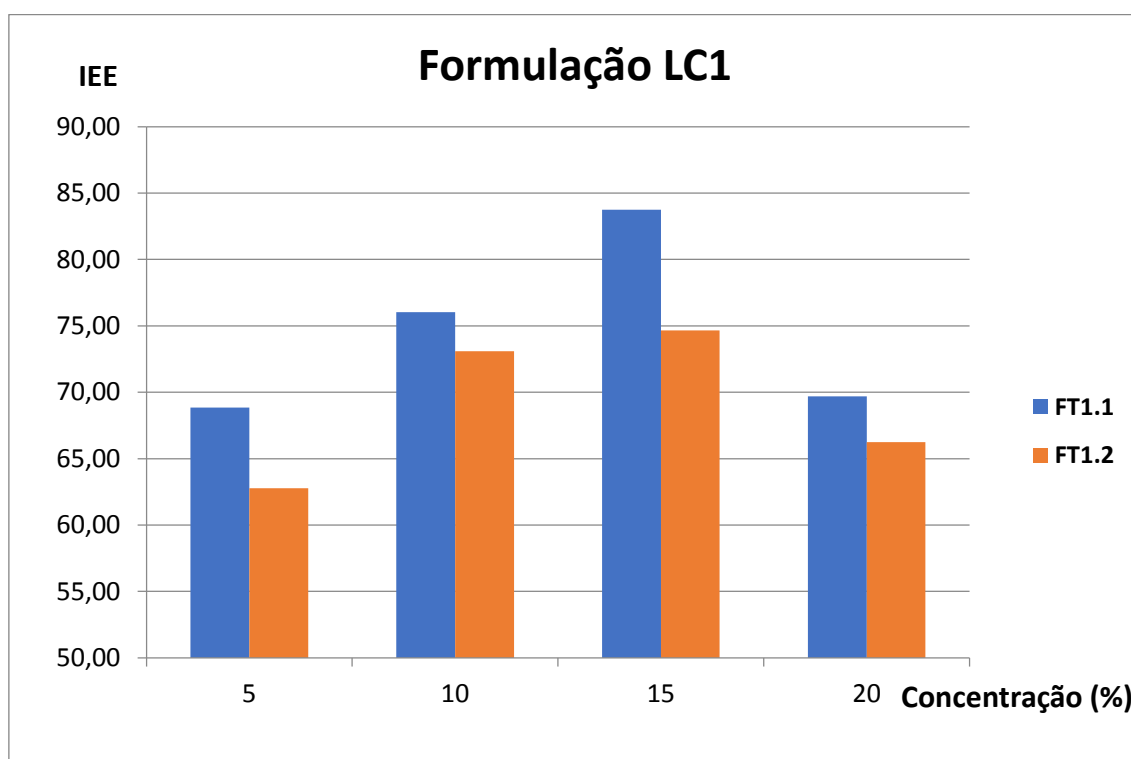
5 RESULTADOS

A partir dos dados supracitados coletados e apresentados nos anexos segue a sumarização dos resultados.

5.1 Resultados LC1

Os resultados referentes à formulação LC1 são apresentados na Figura 5.

Figura 5 - Diferenças entre Índices de eficiência na formulação LC1



Fonte: O autor (2020).

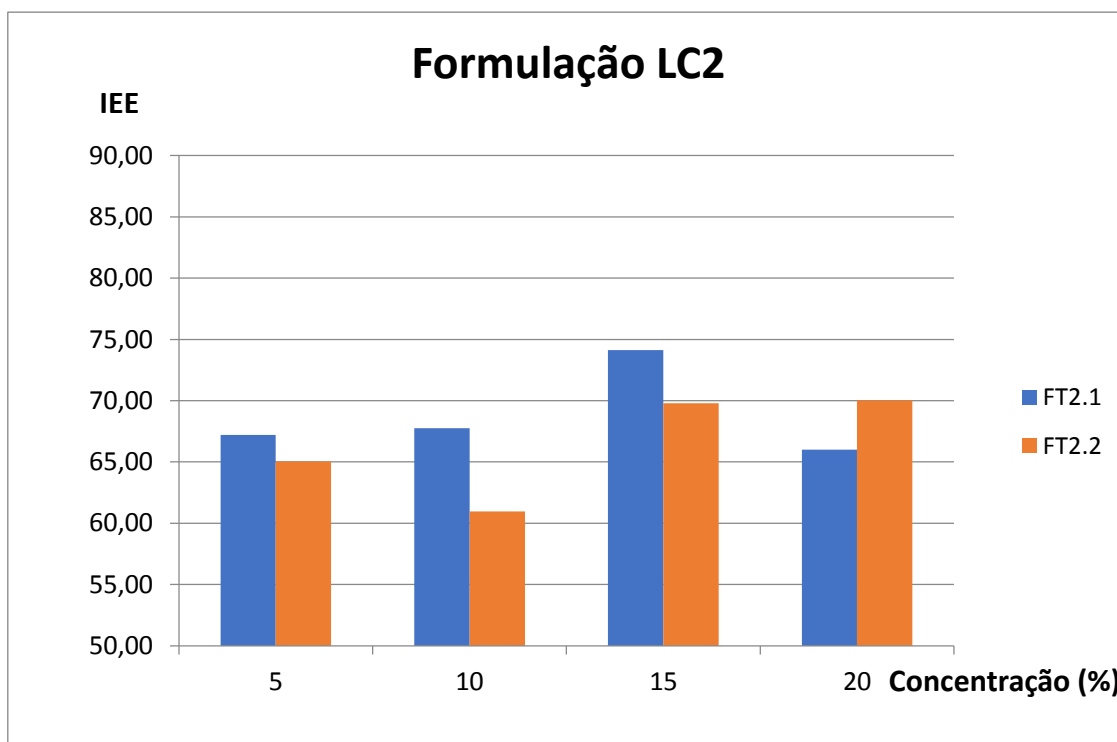
A Figura 5 compara as médias dos IEEs das 5 primeiras repetições da formulação LC1, FT1.1, e as médias das 5 repetições da LC1 após 31 dias de abertura do produto FT1.2, nota-se a redução da eficiência do produto após o tempo decorrido.

Aparentemente o composto LC1 apresenta seu pico de eficiência de combate a chamas entre as concentrações 10 e 20 %.

5.2 Resultados LC2

Os resultados referentes à formulação LC2 são apresentados na FIGURA 6.

Figura 6 - Diferenças entre Índices de eficiência na formulação LC2



Fonte: O autor (2020).

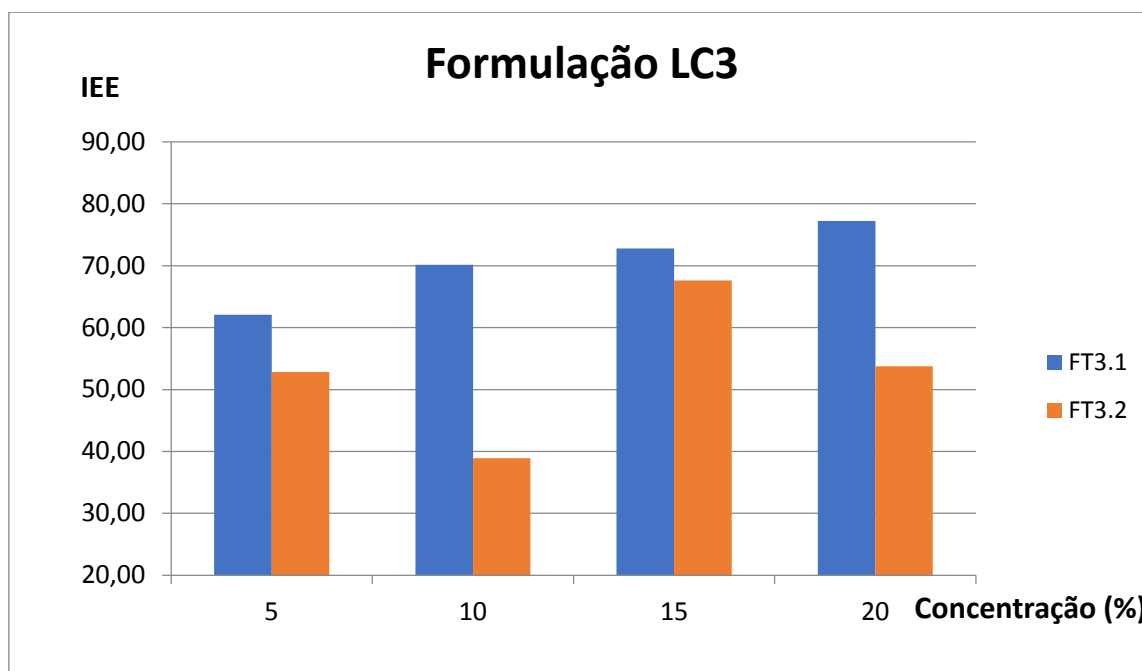
Analogamente aos resultados encontrados da LC1 a Figura 6 compara as médias dos IEEs das 5 primeiras repetições da formulação LC2, FT2.1, e as médias das 5 repetições da LC2 após 35 dias de abertura do produto, FT2.2, nota-se a redução da eficiência do produto após o tempo decorrido, com exceção da segunda repetição de 20% concentração.

Aparentemente o composto LC2 apresenta seu pico de eficiência de combate a chamas entre as concentrações 10 e 20 %, no entanto os resultados na repetição LC2.2 são insuficientes para retirar conclusões acerca da degradabilidade do produto. São necessários testes em concentrações mais altas para descobrir o pico de eficiência deste composto após o produto entrar em contato com o ar.

5.3 Resultados LC3

Os resultados referentes à formulação LC4 são apresentados na seguir FIGURA 7.

Figura 7 - Diferenças entre Índices de eficiência na formulação LC3



Fonte: O Autor (2020).

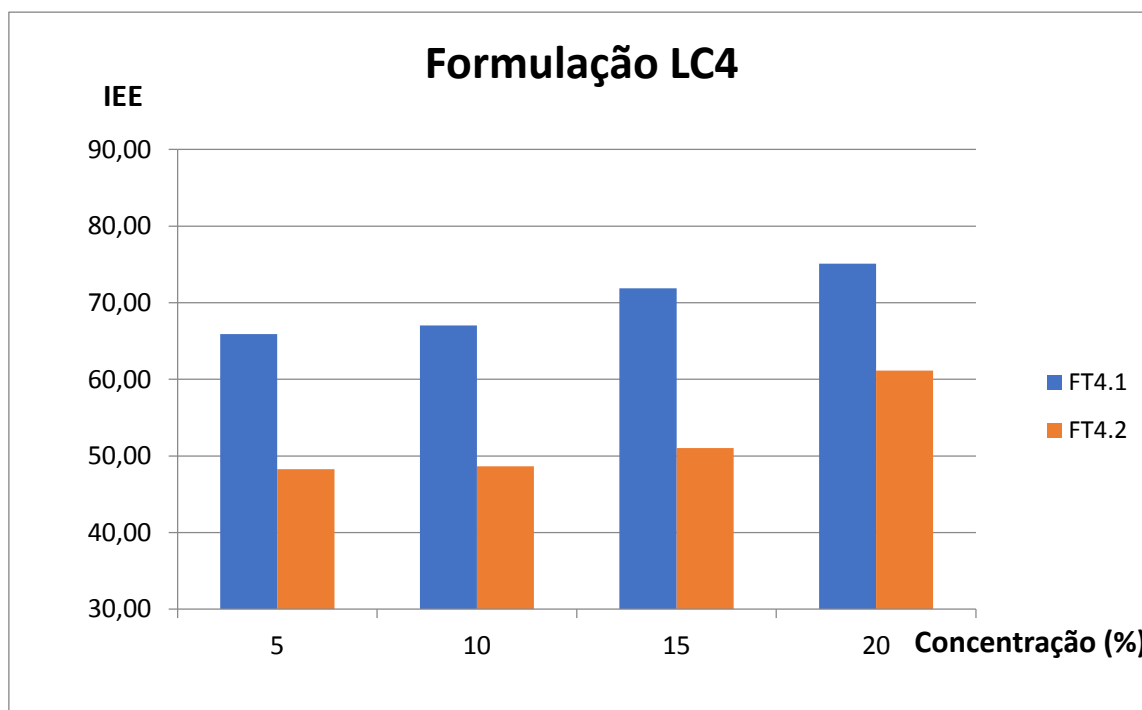
Aparentemente o composto LC3 apresenta uma tendência crescente de eficiência de combate a chamas com o aumento da concentração do produto quando testado recém-aberto. No entanto os resultados na repetição FT3.2 são insuficientes para retirar conclusões acerca da degradabilidade do produto. São necessários testes em concentrações mais altas para descobrir o pico de eficiência deste composto.

Acompanhando os resultados encontrados na LC1 e LC2 a Figura 7 compara as médias dos IEEs das 5 primeiras repetições da formulação, LC3 FT3.1, e as médias das 5 repetições da LC3 após 38 dias de abertura do produto FT3.2, também nota-se a redução da eficiência do produto após o tempo decorrido.

5.4 Resultados LC4

Os resultados referentes à formulação LC4 são apresentados na FIGURA 8.

Figura 8 - Diferenças entre Índices de eficiência na formulação LC4



Fonte: O autor (2020).

Aparentemente o composto LC4 apresenta uma tendência crescente de eficiência de combate a chamas com o aumento da concentração do produto. No entanto, são necessários outros testes em concentrações mais altas para descobrir o pico de eficiência deste composto.

Os resultados da formulação LC4 seguem a mesma tendência encontrada nos dados das formulações LC1, LC2 e LC3. Como exemplificado na Figura 8 que compara as médias dos IEEs das 5 primeiras repetições da formulação LC4, FT4.1, e as médias das 5 repetições da LC4 após 41 dias de abertura do produto FT4.2, também nota-se a redução da eficiência do produto após o tempo decorrido.

5.5 Análise Global da Eficiência

Para a análise global da eficiência das formulações experimentadas por este estudo foram agrupados os dados de desempenho de cada formulação

nas concentrações testadas na Tabela 1, bem como para fins comparativos o desempenho da água.

Tabela 1: Desempenho das formulações

Concentração (%)	Formulação	IEE	CV(%)	Concentração (%)	Formulação	IEE	CV(%)
5	LC1	68,84	17,13	15	LC1	83,75	5,40
	LC2	67,22	20,95		LC2	74,13	18,98
	LC3	62,06	4,63		LC3	72,76	9,06
	LC4	65,92	13,97		LC4	71,90	11,66
10	LC1	76,03	15,27	20	LC1	69,70	22,54
	LC2	67,75	15,29		LC2	66,00	17,38
	LC3	70,15	15,55		LC3	77,24	16,92
	LC4	67,03	9,72		LC4	75,08	15,70
100	Água	31,01	3,09				

Fonte: O autor, 2021.

Legenda: CV = Coeficiente de variação; IEE = Effective efficiency index.

Na tabela 1 foram destacados os produtos com maior eficiência, sendo que a formulação LC1 apresentou maior eficiência nas concentrações 5%, 10% e 15%, já na concentração de 20% o maior IEE foi atingido pela formulação LC4.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos pode se concluir que a formulação que apresentou maior eficiência nas concentrações 5%,10% e 15% no combate às chamas foi o composto LC1, já na concentração de 20% o composto LC4 apresentou singela superioridade.

Com relação à degradabilidade, verificou-se que há variação na eficiência em função do tempo que o produto fica exposto depois de aberta a embalagem. Devido ao curto intervalo de tempo em que os produtos foram testados (30-40 dias), deve-se prolongar os estudos para verificar a tendência de degradação da formulação ao longo tempo.

Para analisar um produto retardante de chamas em fase de desenvolvimento são necessários outros estudos além da eficiência na supressão de chamas, como os referentes à estabilidade química, a toxicidade ao ser humano, a fauna, a flora, degradabilidade entre outros.

Recomenda-se, portanto, que o composto LC1 seja selecionado para a continuação do aprimoramento da formulação base do produto *Firout*.

REFERÊNCIAS

BATISTA, A. C.; MARTINI, A.; PEREIRA, J. F.; FERREIRA, J. Avaliação da eficiência de um retardante de longa duração, à base de polifosfato amônico, em queimas controladas em condições de laboratório **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 223-229, 2008.

BATISTA, A. **O uso dos retardantes no combate aéreo aos incêndios florestais**, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/268286686_O_USO_DOS_RETARDANTES_NO_COMBATE_AEREO_AOS_INCENDIOS_FLORESTAIS>. Acesso em: 17 ago. 2018.

BEUTLING, A.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; STOLLE, L.; BEUTLING, F. Effective efficiency index (IEE): methodology for analyzing the efficiency of fire retardants in laboratory. **Advances in Forest Fire Research**, 2018.

BLAKELY A. Flammability reduction comparisons of four forest fire retardants. **USDA Forest Service**, Intermountain Forest and Range Experiment Station Research Paper INT-381 (Ogden, UT), 1988.

BOWMAN, D. M. J. S.; BALCH, J.; ARTAXO, P.; BOND, W. J.; COCHRANE, M. A.; D'ANTONIO, C. M.; DEFRIES, R.; JOHNSTON, F. H.; KEELEY, J. E.; KRAWCHUK, M. A.; KULL, C. A.; MACK, M.; MORITZ, M. A.; PYNE, S.; ROOS, C. I.; SCOTT, A. C.; SODHI, N. S.; SWETNAM, T. W. The human dimension of fire regimes on Earth. **Journal of Biogeography**, v38,. 2223–2236, 2011.

EUROFORTE. **FIROUT**, 2018. Disponível em: <<http://www.euroforte.com.br/produtos/produto/161>> Acesso em: 30/11/2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS (IBAMA). **Prevfogo controla incêndio na terra indígena Arariboia, no Maranhão**, 2015. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/component/tags/tag/maranhao>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS (IBAMA). **Parecer Técnico nº 514/2018-COASP/CGASQ/DIQUA**. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/phocadownload/quimicos-e->

biologicos/retardantes-de-chamas/2018-SEI_IBAMA-Parecer-Tecnico-5142018-9COASP-CGASQ-DIQUA.pdf>. Acesso em: 23 ago 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), **Monitoramento dos focos ativos por países**, 2018. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/estatistica_paises>. Acesso em: 07 ago 2019.

FIEDLER, N. C.; CANZIAN, W. P.; MAFIA, R. G.; RIBEIRO, G. A.; JUNIOR, J. K. Intensidade de queima de diferentes retardantes de fogo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 39, n. 4, p. 691 - 696, 2015.

MACEDO, F. W. **Fogos florestais**. Lisboa: Ciência e Vida, 1987. nv., il., graf., tabs. Inclui referências.

LIODAKIS, S.; VORISIS, D.; AGIOVLASITS, L. P. Testing the retardancy effect of various inorganic chemicals on smoldering combustion of *Pinus halepensis* needles. **Thermochimica Acta**, v. 444 p. 157–165, 2006.

MACHADO FILHO, C.; MARTINS, M. C.; RIBEIRO, G. A.; LIMA, G. S.; CARDOSO, M. T.; TORRES, C. M. M. E.; PINTO, F. B. Eficiência de um retardante de fogo de longa duração utilizado em incêndios florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 365 - 371, abr.-jun., 2012.

MCCOLL-GAUSDEN S.C.; PENMAN TD. Pathways of change: Predicting the effects of fire on flammability. **Journal of Environmental Management**, v. 232, p. 243-253, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.063>.

MUÑOZ, V. R.; Ruiz, E. M. **La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencia**. Madrid: McGraw Hill, 2010.

MYERS, R. L. **Convivendo com o fogo** – manutenção dos ecossistemas e subsistência com o manejo integrado do fogo. USA: TNC, 2006. 28 p.

PASTOR, F. E. **Contribució a l'estudi dels efectes dels retardants en l'extinció d'incendis forestals**. 2004. 304 p. Tese (Doutorado) - Centre de Estudis del Risc tecnològic, Departament d'Enginyeria Química, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, Barcelona, 2004.

PIERONI, M. C.; LEONEL, J.; FILLMANN, G. Retardantes de chama bromados: uma revisão. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 317-326, Apr. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422017000300317&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 jul 2019.

PLANAS, E.; ÀGUEDA, A.; PASTOR, E. Different scales for studying the effectiveness of long-term forest fire retardants. **Progress in Energy and Combustion Science**, V. 34, P. 782-796, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360128508000324>>. Acesso em: 17. jul. 2018.

RIBEIRO, G. A.; LIMA, G. S.; OLIVEIRA, A. L. S.; CAMARGOS, V. L.; MAGALHAES, M. U. Eficiência de um retardante de longa duração na redução da propagação do fogo. **Revista Árvore**, v. 30, p. 1025-1031, 2006a.

RIBEIRO, M. L.; VIEGAS, D. X.; BATALHA, M. Assessment of fire retardant efficiency. **V International Conference on Forest Fire Research**, 2006b.

ROTHERMEL R.; PHILPOT, C. **Reducing fire spread in wildland fuels**. In: Proceedings of the meeting to honor Clay Preston Butler. Stanford, CA: Stanford Research Institute; 1975. Disponível em: <https://www.fs.fed.us/rm/fire/wfcs/documents/Reducing_Fire_Spread_in_Wildland_Fuels.pdf>. Acesso em: 20. jul. 2018.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. 2 ed. Curitiba, 2017. 250 p.

APÊNDICE

TABELA 2: Dados ambientais LC1

Formulação	Concentração (%)	Data de queima	Cód. Queima	Hora início	T (°C) inicial	UR (%) inicial	T (°C) final	UR (%) final	Espessura (cm)
LC1.1	5	24/04/2019	1	10:25	23,6	72,5	23,5	71,8	8,5
LC1.1	5	24/04/2019	2	11:04	23,5	72,1	24	72	8,5
LC1.1	5	24/04/2019	3	11:41	24,3	72,3	24,2	70,1	9,0
LC1.1	5	24/04/2019	4	12:11	24,6	71,6	24,7	68,9	9,0
LC1.1	5	24/04/2019	5	12:41	24,6	68,4	24,9	68,1	8,0
LC1.1	10	25/04/2019	1	11:00	23,6	71,7	23,8	71,6	8,5
LC1.1	10	25/04/2019	2	11:29	23,8	71,8	23,9	71,6	9,0
LC1.1	10	25/04/2019	3	11:49	24,1	70,9	24,5	70,6	8,0
LC1.1	10	25/04/2019	4	12:08	24,4	69,9	24,7	70,2	8,5
LC1.1	10	25/04/2019	5	12:23	20,6	69,8	24,9	69,5	8,0
LC1.1	15	07/05/2019	1	10:44	25,1	68,5	24,8	67,8	9,0
LC1.1	15	07/05/2019	2	11:09	24,5	69,6	24,6	68,5	9,0
LC1.1	15	07/05/2019	3	11:30	24,6	68,1	24,7	67,7	8,0
LC1.1	15	07/05/2019	4	11:54	24,7	67,1	27,8	67,1	7,5
LC1.1	15	07/05/2019	5	12:14	24,7	67,3	25	66,6	8,5
LC1.1	20	08/05/2019	1	10:40	23,6	64,5	23,2	61,9	9,0
LC1.1	20	08/05/2019	2	11:11	23,2	61,9	23,5	62	9,0
LC1.1	20	08/05/2019	3	11:38	23,6	61,3	23,8	61,1	7,5
LC1.1	20	08/05/2019	4	12:05	23,7	61,4	23,9	60,6	8,5
LC1.1	20	08/05/2019	5	12:26	23,9	60,7	24,2	59,8	8,5
LC1.2	5	06/06/2019	1	10:31	17,4	73,1	17,3	73,4	9,0
LC1.2	5	06/06/2019	2	10:56	17,3	73,5	13,5	73,2	8,5
LC1.2	5	06/06/2019	3	11:14	17,6	73,2	17,8	72,5	8,0
LC1.2	5	06/06/2019	4	11:38	17,7	72,3	17,9	71,8	9,0
LC1.2	5	06/06/2019	5	11:59	18	71,4	18,1	71,7	8,5
LC1.2	10	02/07/2019	1	10:43	22,1	70,8	10	72,7	7,5
LC1.2	10	02/07/2019	2	11:02	21,1	73,2	21	73,8	8,5
LC1.2	10	02/07/2019	3	11:19	21	74,2	21,2	74,4	8,0
LC1.2	10	02/07/2019	4	11:37	21,1	74,4	21,2	74,2	9,0
LC1.2	10	02/07/2019	5	11:54	21,4	74,2	21,5	73,8	9,0
LC1.2	15	11/06/2019	1	10:16	18,7	69,9	18,5	69,3	9,5
LC1.2	15	11/06/2019	2	10:37	18,5	69,6	18,7	69,5	9,0
LC1.2	15	11/06/2019	3	10:57	18,7	69,3	19	68,9	8,5
LC1.2	15	11/06/2019	4	11:17	19	69	19,1	68,6	8,0
LC1.2	15	11/06/2019	5	11:41	19,1	68,3	19,2	68,3	8,0
LC1.2	20	14/06/2019	1	10:35	21,8	68,3	20,2	73,6	8,0
LC1.2	20	14/06/2019	2	10:56	19,9	73,5	19,6	73,4	9,0
LC1.2	20	14/06/2019	3	11:29	19,5	73,1	19,7	72,6	8,0
LC1.2	20	14/06/2019	4	11:56	19,8	72,7	20	72,3	7,5

LC1.2	20	14/06/2019	5	12:18	20	71,6	20,4	71,3	8,5
-------	----	------------	---	-------	----	------	------	------	-----

Fonte: O Autor, 2019.

Tabela 3: Dados de tempo de propagação LC1

Concentração (%)	Tempo de propagação LC1 (s/(m.10 ⁻¹))												
	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	6 a 7	7 a 8	8 a 9	9 a 10	10 a 11	11 a 12	12 a 13
5	19,8	18,3	24,7	17,2	20,6	17,9	24,6	23,7	297,05	201,62	299,54	447,57	-
5	24,4	18,4	23,7	22,6	22,3	14,6	23,4	19,3	122,74	94,83	226,59	444,43	-
5	29,2	23,5	18,9	24,9	20,7	17,0	20,6	19,46	201,15	256,76	120,21	-	-
5	27,2	25,0	24,2	16,1	15,9	20,1	25,8	29,2	202,13	92,82	-	-	-
5	18,4	23,6	18,5	22,3	17,5	18,5	23,6	18,2	211,61	239,8	89,41	-	-
10	20,5	21,8	20,5	23,6	21,8	19,0	19,7	24,5	69,01	146,83	167,47	227,48	69,58
10	25,3	15,9	21,0	16,9	18,6	19,3	17,4	20,2	179,26	152,84	-	-	-
10	17,7	24,1	28,1	20,5	20,4	20,3	22,4	27,6	86,77	117,41	-	-	-
10	16,9	22,3	17,7	16,6	15,0	17,5	21,8	26,0	99,71	70,82	88,48	91,12	185,34
10	16,3	18,0	21,9	18,1	20,5	15,9	17,2	23,4	230,18	139,89	-	-	-
15	14,2	14,4	17,6	13,9	20,5	11,4	14,7	18,8	103,38	335,79	-	-	-
15	22,9	20,3	19,9	15,8	18,3	20,2	14,9	20,8	174,31	-	-	-	-
15	27,3	23,4	19,1	18,5	16,8	14,1	17,2	20,7	112,37	246,66	-	-	-
15	25,4	25,1	18,4	28,4	22,6	20,3	26,1	27,0	101,3	81,57	-	-	-
15	20,2	20,8	22,4	22,1	17,1	17,4	17,9	24,3	228,26	174,27	-	-	-
20	20,0	23,8	18,2	23,1	18,1	12,8	17,6	22,5	97,79	227,29	510,42	-	-
20	22,0	18,2	20,0	18,2	18,7	16,2	18,7	24,6	95,95	86,71	150,14	570,94	-
20	19,1	21,8	18,5	16,2	21,0	17,7	20,4	23,8	234,8	247,31	167,94	130,08	116,95
20	17,0	20,2	22,1	18,6	20,2	15,7	14,7	18,3	133,78	140,66	-	-	-
20	15,3	16,1	18,0	12,2	14,6	13,8	14,9	23,6	240,03	-	-	-	-
5	18,1	17,2	13,1	13,0	15,1	15,1	15,7	15,9	55,3	93,21	244,98	274,67	132,65
5	17,5	14,4	11,9	11,8	16,2	13,2	12,7	12,3	46,3	96,48	49,14	48,26	46,52
5	17,2	15,5	16,7	17,0	15,0	25,0	20,5	25,2	96,87	219,97	280,29	-	-
5	16,2	14,6	15,4	14,6	15,9	14,2	17,8	14,7	70,54	70,58	80,99	120	119,29
5	19,1	14,2	12,7	13,5	14,6	13,0	14,0	14,9	36,92	53,44	68,42	219,16	-
10	27,1	24,7	17,7	28,0	26,7	24,6	19,8	21,7	199,74	112,51	-	-	-
10	20,3	19,8	16,1	16,8	12,5	12,6	12,8	20,1	66,62	216,65	-	-	-
10	22,7	17,2	16,6	18,4	22,4	21,8	20,9	25,3	337,54	-	-	-	-
10	20,0	17,3	16,2	13,1	16,2	15,4	17,7	16,4	106,99	51,35	51,13	44,09	45,57
10	16,6	13,8	13,5	16,9	17,9	13,9	13,6	16,1	71,25	86,74	79,02	96,3	64,46
15	17,1	14,6	12,9	15,1	13,2	16,8	15,3	19,6	94,56	89,29	61,02	78,67	67,45
15	16,8	13,2	12,8	17,8	10,0	11,3	11,4	16,4	92,53	72,04	58,22	82,79	86,64
15	14,5	16,3	14,1	12,8	15,5	13,5	16,6	13,7	63,58	107,37	132,57	110,82	108,47
15	15,8	13,2	16,6	15,4	14,4	16,1	15,5	18,8	74,61	126,22	77,89	-	-
15	20,2	18,1	18,7	20,1	23,8	26,4	21,7	24,7	117,12	-	-	-	-
20	24,9	23,0	25,3	32,7	22,1	25,4	25,4	25,9	103,76	134,79	205,71	-	-
20	20,6	17,9	14,9	16,7	17,2	15,1	13,5	19,0	75,53	224,01	237,32	276,01	246,05
20	30,6	28,4	23,8	23,4	21,4	23,6	21,7	21,2	100,28	208,71	177,5	148,22	213,43

20	37,3	31,2	30,8	30,2	25,1	28,3	35,4	33,5	174,08	149,33	275,95	114,53	-
20	29,0	23,2	17,3	18,5	18,0	18,5	18,3	23,4	62,56	217,05	-	-	-

Fonte: O Autor, 2019.

Tabela 4: Dados de altura de chama LC1

Concentração (%)	Altura de chama LC1 (cm)												
	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	6 a 7	7 a 8	8 a 9	9 a 10	10 a 11	11 a 12	12 a 13
5	45,0	50,0	55,0	60,0	60,0	65,0	55,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
5	55,0	60,0	55,0	55,0	65,0	55,0	60,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
5	50,0	55,0	50,0	60,0	60,0	65,0	65,0	65,0	0,0	0,0	0,0	-	-
5	45,0	45,0	45,0	50,0	50,0	55,0	55,0	50,0	0,0	0,0	-	-	-
5	40,0	55,0	60,0	60,0	55,0	55,0	60,0	60,0	0,0	0,0	0,0	-	-
10	50,0	55,0	55,0	55,0	60,0	60,0	60,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	55,0	55,0	60,0	60,0	55,0	60,0	60,0	60,0	0,0	0,0	-	-	-
10	45,0	50,0	50,0	55,0	55,0	60,0	60,0	65,0	0,0	0,0	-	-	-
10	55,0	55,0	60,0	60,0	65,0	60,0	65,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	55,0	55,0	55,0	55,0	60,0	60,0	60,0	55,0	0,0	0,0	-	-	-
15	65,0	65,0	70,0	65,0	70,0	65,0	65,0	70,0	0,0	0,0	-	-	-
15	55,0	55,0	60,0	60,0	65,0	70,0	70,0	65,0	0,0	-	-	-	-
15	50,0	55,0	60,0	60,0	70,0	65,0	65,0	65,0	0,0	0,0	-	-	-
15	50,0	50,0	50,0	50,0	55,0	60,0	55,0	55,0	0,0	0,0	-	-	-
15	50,0	60,0	60,0	65,0	65,0	65,0	65,0	60,0	0,0	0,0	-	-	-
20	55,0	55,0	60,0	60,0	60,0	65,0	65,0	60,0	0,0	0,0	0,0	-	-
20	45,0	50,0	55,0	55,0	55,0	55,0	60,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
20	55,0	60,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	55,0	55,0	60,0	60,0	60,0	65,0	65,0	65,0	0,0	0,0	-	-	-
20	60,0	65,0	65,0	65,0	70,0	70,0	70,0	55,0	0,0	-	-	-	-
5	60,0	65,0	70,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	65,0	70,0	75,0	80,0	80,0	80,0	85,0	80,0	20,0	20,0	15,0	20,0	25,0
5	55,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	65,0	20,0	0,0	0,0	-	-
5	60,0	70,0	70,0	75,0	75,0	75,0	70,0	70,0	15,0	15,0	0,0	0,0	0,0
5	65,0	65,0	70,0	75,0	75,0	80,0	80,0	80,0	30,0	15,0	0,0	0,0	-
10	50,0	55,0	55,0	55,0	60,0	65,0	70,0	65,0	0,0	0,0	-	-	-
10	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	80,0	80,0	75,0	15,0	0,0	-	-	-
10	60,0	65,0	65,0	65,0	70,0	65,0	65,0	65,0	0,0	-	-	-	-
10	60,0	70,0	75,0	75,0	70,0	75,0	80,0	80,0	10,0	15,0	15,0	15,0	25,0
10	65,0	70,0	75,0	75,0	80,0	80,0	80,0	80,0	20,0	0,0	0,0	15,0	15,0
15	70,0	75,0	80,0	80,0	85,0	85,0	85,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	70,0	80,0	80,0	80,0	80,0	85,0	85,0	85,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	70,0	75,0	75,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	65,0	70,0	75,0	75,0	75,0	80,0	80,0	75,0	0,0	0,0	0,0	-	-
15	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	55,0	55,0	50,0	0,0	-	-	-	-
20	55,0	60,0	60,0	60,0	65,0	65,0	65,0	65,0	0,0	0,0	0,0	-	-
20	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	80,0	80,0	80,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0

20	40,0	50,0	55,0	50,0	60,0	60,0	60,0	65,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	40,0	40,0	45,0	55,0	55,0	55,0	60,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
20	45,0	55,0	65,0	75,0	75,0	75,0	70,0	65,0	10,0	0,0	-	-	-

Fonte: O Autor, 2019.

Tabela 5: Dados de eficiência de LC1

Concentração (%)	DP (cm)	Teor de umidade (%)	RVP	RHC	ie	TE (%)	P (%)	EFM (%)	X	IEE LC1
5	39,00	14,29	0,07	0,00	96,74	0,00	61,00	30,50	63,62	54,16
5	31,00	15,38	0,07	0,00	96,32	11,14	69,00	40,07	68,20	60,16
5	23,00	16,18	0,09	0,00	95,67	42,19	77,00	59,59	77,63	72,48
5	14,00	12,12	0,11	0,00	94,56	70,51	86,00	78,25	86,41	84,08
5	24,00	9,52	0,09	0,00	95,55	45,92	76,00	60,96	78,25	73,31
10	43,00	14,04	0,14	0,00	93,23	31,96	57,00	44,48	68,86	61,89
10	14,00	12,50	0,08	0,00	95,93	66,79	86,00	76,40	86,16	83,37
10	13,00	14,55	0,14	0,00	92,79	79,58	87,00	83,29	88,04	86,68
10	50,00	10,94	0,18	0,00	91,04	46,45	50,00	0,00	45,52	65,03
10	12,00	13,41	0,06	0,00	96,93	62,99	88,00	75,50	86,21	83,15
15	20,00	12,35	0,07	0,00	96,43	56,08	80,00	68,04	82,24	78,18
15	10,00	5,36	0,11	0,00	94,51	82,57	90,00	86,28	90,40	89,22
15	14,00	8,54	0,08	0,00	96,17	64,10	86,00	75,05	85,61	82,59
15	12,00	17,39	0,16	0,00	92,07	81,71	88,00	84,86	88,46	87,43
15	14,00	12,31	0,07	0,00	96,47	59,75	86,00	72,87	84,67	81,30
20	29,00	9,20	0,07	0,00	96,61	16,45	71,00	43,73	70,17	62,61
20	40,00	10,71	0,09	0,00	95,67	9,63	60,00	34,81	65,24	56,55
20	42,00	6,98	0,09	0,00	95,36	10,29	58,00	34,15	64,75	56,01
20	12,00	8,70	0,08	0,00	95,99	72,56	88,00	80,28	88,14	85,89
20	11,00	7,56	0,07	0,00	96,32	76,00	89,00	82,50	89,41	87,44
5	44,00	13,83	0,08	0,00	95,77	19,92	56,00	37,96	66,86	58,60
5	50,00	13,64	0,24	0,26	75,00	71,33	50,00	0,00	37,50	53,57
5	25,00	12,50	0,08	0,11	90,46	40,29	75,00	57,64	74,05	69,36
5	50,00	12,36	0,17	0,08	87,40	53,86	50,00	0,00	43,70	62,43
5	39,00	13,33	0,15	0,15	84,90	62,21	61,00	61,60	73,25	69,92
10	11,00	11,32	0,08	0,00	95,81	68,78	89,00	78,89	87,35	84,93
10	14,00	9,76	0,08	0,10	90,82	71,67	86,00	78,84	84,83	83,12
10	8,00	10,42	0,05	0,00	97,55	66,25	92,00	79,12	88,34	85,70
10	50,00	13,92	0,28	0,22	75,23	70,09	50,00	0,00	37,62	53,74
10	50,00	12,50	0,19	0,13	83,79	60,22	50,00	0,00	41,89	59,85
15	50,00	18,46	0,20	0,00	90,03	60,90	50,00	0,00	45,02	64,31
15	42,00	14,18	0,15	0,00	92,67	60,78	58,00	59,39	76,03	71,28
15	50,00	10,85	0,14	0,00	93,01	47,72	50,00	0,00	46,50	66,43
15	27,00	16,09	0,15	0,00	92,38	72,13	73,00	72,56	82,47	79,64
15	7,00	9,47	0,13	0,00	93,52	88,29	93,00	90,64	92,08	91,67
20	24,00	11,97	0,14	0,00	93,10	55,57	76,00	65,79	79,44	75,54
20	42,00	12,61	0,07	0,04	94,62	0,00	58,00	29,00	61,81	52,44

20	47,00	13,58	0,13	0,00	93,27	15,19	53,00	34,09	63,68	55,23
20	33,00	11,54	0,15	0,00	92,73	28,61	67,00	47,81	70,27	63,85
20	12,00	16,39	0,09	0,08	91,73	72,04	88,00	80,02	85,88	84,20

Fonte: O Autor, 2019.

Tabela 6: Dados ambientais LC2

Formulação	Data de queima	Cód. Queima	Hora início	Concentração (%)	T (°C) inicial	UR (%) inicial	T (°C) final	UR (%) final	Espessura (cm)
LC2.1	09/07/2019	1	10:39	5	23,4	66,4	22,7	6,5	8,0
LC2.1	09/07/2019	2	11:15	5	22,5	63	22,8	61,8	8,5
LC2.1	09/07/2019	3	11:37	5	22,8	61,4	23,2	61,1	9,0
LC2.1	09/07/2019	4	11:56	5	23,1	61,7	23,4	60	8,0
LC2.1	09/07/2019	5	12:21	5	23,3	60,8	23,5	60,3	8,5
LC2.1	10/05/2019	1	14:15	10	23,2	70,7	23,3	70,9	7,5
LC2.1	10/05/2019	2	14:33	10	23,3	70,6	23,4	71,8	7,0
LC2.1	10/05/2019	3	14:59	10	23,5	71,8	23,7	71,1	6,5
LC2.1	10/05/2019	4	15:19	10	23,5	72	24	70,6	7,5
LC2.1	10/05/2019	5	15:39	10	24	70,7	24,2	70,3	8,0
LC2.1	14/05/2019	1	10:53	15	22,4	61,5	21,9	59,4	8,0
LC2.1	14/05/2019	2	11:23	15	21,9	60,1	22,1	60,1	8,5
LC2.1	14/05/2019	3	11:57	15	22	60	21,1	60,4	8,5
LC2.1	14/05/2019	4	12:22	15	22,3	60,1	22,5	57,9	8,5
LC2.1	14/05/2019	5	12:45	15	22,5	57,8	22,7	56,6	8,0
LC2.1	15/05/2019	1	10:15	20	20,7	67	20,8	66,6	8,5
LC2.1	15/05/2019	2	10:43	20	20,8	66,3	20,9	65,9	9,0
LC2.1	15/05/2019	3	11:12	20	20,9	65,3	21	66,9	8,5
LC2.1	15/05/2019	4	11:49	20	21	66,5	21,2	66,2	8,0
LC2.1	15/05/2019	5	12:10	20	21,3	65,2	21,5	64,4	8,5
LC2.2	25/06/2019	1	10:31	5	19,1	65,8	18,5	67,2	8,0
LC2.2	25/06/2019	2	10:51	5	18,4	67,3	18,5	67,5	9,0
LC2.2	25/06/2019	3	11:11	5	18,5	67	18,8	67,4	9,5
LC2.2	25/06/2019	4	11:30	5	18,8	66,5	19	66,3	8,0
LC2.2	25/06/2019	5	11:52	5	19	66,4	19,2	66,7	8,0
LC2.2	26/06/2019	1	10:21	10	19,4	66,6	18,9	68,2	9,0
LC2.2	26/06/2019	2	10:46	10	18,7	69,1	18,9	69,7	8,5
LC2.2	26/06/2019	3	11:16	10	18,9	69,9	19	70,8	8,0
LC2.2	26/06/2019	4	11:49	10	19,1	70,5	19,2	70,7	8,5
LC2.2	26/06/2019	5	12:17	10	19,2	70,4	19,4	70,4	8,5
LC2.2	27/06/2019	1	10:47	15	18,6	76,4	18,8	75,1	9,0
LC2.2	27/06/2019	2	11:06	15	18,9	75,2	19,8	74,7	8,5
LC2.2	27/06/2019	3	11:29	15	19,1	75	19,3	74,1	9,0
LC2.2	27/06/2019	4	11:47	15	19,4	73,7	19,6	73,3	8,0
LC2.2	27/06/2019	5	12:05	15	19,6	73,1	19,8	72,3	8,0
LC2.2	28/06/2019	1	09:55	20	19,4	76,8	19,5	75,9	9,5
LC2.2	28/06/2019	2	10:13	20	19,5	76	19,7	75,8	9,0

LC2.2	28/06/2019	3	10:36	20	19,7	76	19,9	75,9	9,0
LC2.2	28/06/2019	4	10:57	20	20	76	20,1	75,4	9,0
LC2.2	28/06/2019	5	11:16	20	20,2	75,3	20,4	75,2	9,5

Fonte: O autor, 2019.

Tabela 7: Dados de tempo de propagação LC2

Concentração (%)	Tempo de propagação LC2 (s/(m.10 ⁻¹))												
	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	6 a 7	7 a 8	8 a 9	9 a 10	10 a 11	11 a 12	12 a 13
5	30,2	21,7	22,0	20,7	16,2	22,7	20,7	26,8	100,92	165,52	160,79	191,73	212,18
5	22,7	17,2	15,6	15,9	20,6	16,6	15,2	23,5	49,56	327,75	-	-	-
5	18,3	19,3	15,0	15,2	17,1	15,2	18,0	24,2	61,73	112,36	74,88	100,7	41,28
5	30,9	32,6	23,4	23,1	22,3	23,3	23,7	26,0	319,45	-	-	-	-
5	21,5	14,4	19,8	16,8	18,0	17,1	23,1	28,5	62,16	167,28	175,44	242,93	311,86
10	31,3	18,8	17,8	21,5	19,4	24,3	22,8	29,7	132,08	177,12	-	-	-
10	31,8	28,9	21,8	21,9	24,3	21,2	22,8	32,5	259,28	308,28	212,73	159,21	-
10	39,0	27,0	30,4	18,1	20,6	20,5	31,3	31,7	199,5	236,71	202,39	176,31	-
10	40,1	22,6	26,4	24,7	30,8	29,6	33,5	29,2	210,64	284,95	339,31	-	-
10	30,7	22,1	22,3	25,3	26,2	29,7	34,9	39,1	230,53	258,85	146,04	-	-
15	26,5	20,1	24,1	21,1	15,9	26,4	23,9	27,9	183,89	244,32	278,91	31,16	-
15	25,5	22,3	19,6	20,6	23,4	15,6	20,8	29,6	150,7	220,09	614,95	281,35	-
15	24,1	22,1	23,2	24,9	17,3	18,3	19,1	15,5	99,54	215,23	-	-	-
15	21,8	23,2	17,1	26,1	29,0	19,7	20,5	32,8	146,99	99,04	-	-	-
15	19,5	15,9	24,0	17,2	19,3	15,1	27,2	35,0	257,21	128,22	-	-	-
20	20,9	15,6	17,7	18,6	20,3	14,8	15,5	17,3	83,02	120,19	131,53	-	-
20	20,4	19,8	17,1	17,0	16,5	15,9	19,1	22,2	144,53	194,69	218,91	397,79	20,2
20	19,5	20,6	20,6	17,6	20,2	18,4	22,7	18,7	145,45	212,97	312,69	466,44	-
20	24,1	20,8	26,8	29,4	24,5	24,4	30,3	33,9	145,82	256,17	128,09	-	-
20	21,3	17,8	15,1	14,3	18,2	15,6	18,0	24,0	106,11	49,31	120,21	82,95	-
5	18,1	16,6	16,5	17,0	16,8	19,7	16,9	19,7	61,03	110,27	114,3	129,46	231,96
5	20,3	17,3	14,5	17,7	13,4	17,4	15,6	15,3	57	69,72	141,46	265,38	-
5	16,3	16,1	18,6	15,8	13,0	16,0	14,2	17,1	71,75	83,25	193,86	-	-
5	22,2	17,6	12,8	14,9	15,3	17,4	18,3	22,7	13,,49	124,25	202,73	250,21	185,04
5	18,5	13,7	12,8	16,4	17,3	16,4	12,4	14,4	59,23	75,93	658,31	118,65	-
10	17,4	15,3	11,8	11,9	12,2	11,4	14,0	21,1	98,5	67,8	78,19	318,38	-
10	23,9	20,8	14,6	15,3	17,0	16,5	17,1	20,7	195,37	332,53	340,15	-	-
10	22,1	17,0	15,2	18,2	17,3	13,0	18,0	15,8	223,05	295,4	273,91	286,27	241,66
10	18,6	19,6	15,8	17,5	22,2	15,9	21,8	18,6	76,92	251,2	396,67	310,99	-
10	20,6	17,5	13,7	18,0	15,7	16,3	18,2	21,7	133,43	192,21	265,74	159,12	-
15	20,1	16,6	16,0	14,9	14,9	14,2	20,8	21,4	157,5	189,1	223,1	-	-
15	19,7	18,5	14,5	16,7	18,0	15,4	18,0	22,4	187,58	179,75	149,3	159,4	325,1
15	18,1	17,8	17,5	17,4	19,0	14,9	17,6	19,2	102,85	174,05	198,4	203,4	214,7
15	20,4	22,6	19,1	16,1	20,6	19,7	20,1	19,2	201,08	198,5	199,5	305	233,4
15	21,4	18,2	19,2	18,8	19,4	15,0	20,6	22,6	139,27	231,69	189,09	-	-
20	20,0	17,0	15,5	12,2	15,4	16,0	12,7	17,7	80,75	43,5	36,61	60,87	58,31

20	17,6	17,2	18,2	14,3	12,9	13,8	18,1	18,6	73,83	92,92	115,29	171,71	99,06
20	22,8	18,9	22,1	17,2	24,3	17,6	18,2	18,7	83,01	118,31	264,16	-	-
20	29,0	21,6	17,0	18,7	17,5	18,4	15,9	21,6	89,42	256,05	64,7	-	-
20	24,7	21,4	20,6	12,0	17,4	16,9	18,5	22,5	55,49	61,12	71,83	201,66	-

Fonte: O Autor, 2019.

Tabela 8: Dados de Altura de chama LC2

Concentração (%)	Altura de chama LC2 (cm)												
	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	6 a 7	7 a 8	8 a 9	9 a 10	10 a 11	11 a 12	12 a 13
5	50,0	55,0	55,0	55,0	60,0	55,0	50,0	50,0	17,5	0,0	0,0	0,0	0,0
5	55,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	55,0	15,0	7,5	-	-	-
5	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	55,0	20,0	10,0	15,0	20,0	20,0
5	50,0	50,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	50,0	0,0	-	-	-	-
5	55,0	55,0	60,0	60,0	60,0	60,0	55,0	55,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	40,0	50,0	50,0	55,0	55,0	50,0	50,0	50,0	0,0	0,0	-	-	-
10	35,0	35,0	35,0	40,0	45,0	45,0	45,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
10	35,0	35,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
10	40,0	45,0	50,0	45,0	45,0	40,0	45,0	45,0	0,0	0,0	0,0	-	-
10	40,0	45,0	50,0	45,0	50,0	45,0	40,0	35,0	0,0	0,0	0,0	-	-
15	45,0	50,0	50,0	55,0	60,0	60,0	55,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
15	50,0	55,0	55,0	50,0	50,0	50,0	55,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
15	35,0	40,0	45,0	55,0	55,0	55,0	60,0	55,0	10,0	0,0	-	-	-
15	50,0	55,0	55,0	60,0	60,0	60,0	60,0	55,0	0,0	0,0	-	-	-
15	45,0	50,0	50,0	50,0	55,0	55,0	60,0	55,0	0,0	0,0	-	-	-
20	50,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	55,0	0,0	0,0	0,0	-	-
20	50,0	60,0	60,0	70,0	65,0	65,0	70,0	65,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	55,0	55,0	60,0	60,0	65,0	65,0	65,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
20	50,0	50,0	55,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	-	-
20	70,0	70,0	70,0	65,0	65,0	60,0	60,0	50,0	15,0	10,0	0,0	0,0	-
5	60,0	65,0	70,0	70,0	70,0	75,0	75,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	60,0	65,0	70,0	70,0	70,0	75,0	80,0	80,0	20,0	10,0	0,0	0,0	-
5	65,0	70,0	75,0	80,0	80,0	85,0	85,0	85,0	0,0	0,0	0,0	-	-
5	55,0	65,0	65,0	65,0	70,0	75,0	75,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	55,0	60,0	70,0	70,0	70,0	70,0	75,0	75,0	15,0	10,0	0,0	0,0	-
10	60,0	65,0	75,0	75,0	75,0	80,0	70,0	65,0	10,0	0,0	0,0	0,0	-
10	60,0	65,0	65,0	70,0	65,0	65,0	70,0	70,0	7,5	0,0	0,0	-	-
10	55,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	70,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	65,0	65,0	70,0	65,0	65,0	70,0	65,0	70,0	15,0	0,0	0,0	0,0	-
10	60,0	70,0	65,0	65,0	65,0	70,0	70,0	75,0	15,0	0,0	0,0	0,0	-
15	65,0	70,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	65,0	7,5	0,0	0,0	-	-
15	65,0	70,0	75,0	75,0	75,0	75,0	80,0	75,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	65,0	65,0	70,0	70,0	70,0	75,0	70,0	70,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	65,0	60,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	65,0	65,0	65,0	70,0	65,0	70,0	65,0	60,0	15,0	0,0	0,0	-	-

20	70,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	80,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	60,0	65,0	70,0	75,0	75,0	80,0	75,0	75,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	55,0	70,0	65,0	70,0	70,0	70,0	75,0	75,0	0,0	0,0	0,0	-	-
20	55,0	60,0	65,0	65,0	65,0	70,0	75,0	65,0	15,0	0,0	0,0	-	-
20	60,0	65,0	70,0	75,0	75,0	80,0	75,0	70,0	20,0	0,0	0,0	0,0	-

Fonte: O Autor, 2019.

Tabela 9: Dados de eficiência de LC2

Concentração (%)	DP (cm)	Teor de umidade (%)	RVP	RHC	ie	TE%	P%	EFM%	X	IEE LC2
5	48,00	10,53	0,13	0,07	90,22	16,89	52,00	34,44	62,33	54,36
5	19,00	8,00	0,09	0,19	85,79	62,27	81,00	71,63	78,71	76,69
5	50,00	14,52	0,23	0,27	75,28	60,91	50,00	0,00	37,64	53,77
5	8,00	11,58	0,06	0,00	96,78	68,06	92,00	80,03	88,41	86,01
5	50,00	10,13	0,10	0,07	91,34	4,03	50,00	0,00	45,67	65,24
10	12,00	14,86	0,09	0,00	95,50	69,08	88,00	78,54	87,02	84,60
10	30,00	16,13	0,08	0,00	95,90	6,05	70,00	38,03	66,96	58,70
10	33,00	15,73	0,11	0,00	94,47	18,51	67,00	42,75	68,61	61,22
10	24,00	17,54	0,09	0,00	95,75	16,51	76,00	46,26	71,00	63,93
10	23,00	11,94	0,10	0,00	94,79	36,46	77,00	56,73	75,76	70,32
15	31,00	0,00	0,10	0,00	95,12	26,17	69,00	47,59	71,35	64,56
15	39,00	15,28	0,07	0,00	96,59	0,00	61,00	30,50	63,54	54,10
15	12,00	2,44	0,08	0,10	91,08	68,52	88,00	78,26	84,67	82,84
15	12,00	6,76	0,12	0,00	94,21	75,40	88,00	81,70	87,95	86,17
15	11,00	9,64	0,06	0,00	96,91	61,46	89,00	75,23	86,07	82,97
20	32,00	6,74	0,17	0,00	91,60	66,53	68,00	67,26	79,43	75,95
20	41,00	12,50	0,08	0,05	93,74	2,39	59,00	30,69	62,22	53,21
20	40,00	9,17	0,07	0,00	96,52	0,00	60,00	30,00	63,26	53,76
20	22,00	9,01	0,11	0,00	94,45	46,99	78,00	62,50	78,47	73,91
20	33,00	10,81	0,17	0,10	86,80	64,14	67,00	65,57	76,18	73,15
5	50,00	12,79	0,14	0,00	93,18	35,30	50,00	0,00	46,59	66,55
5	33,00	10,29	0,10	0,11	89,65	46,64	67,00	56,82	73,24	68,55
5	22,00	13,75	0,10	0,00	94,99	65,11	78,00	71,56	83,27	79,93
5	50,00	13,10	0,12	0,00	94,21	23,78	50,00	0,00	47,11	67,30
5	32,00	40,30	0,05	0,09	92,74	8,79	68,00	38,39	65,57	57,80
10	31,00	12,73	0,08	0,04	94,27	43,71	69,00	56,36	75,31	69,90
10	22,00	11,88	0,05	0,04	95,81	13,20	78,00	45,60	70,70	63,53
10	41,00	13,40	0,05	0,05	95,02	0,00	59,00	29,50	62,26	52,90
10	33,00	10,47	0,06	0,06	94,21	0,00	67,00	33,50	63,86	55,18
10	37,00	11,54	0,09	0,06	92,86	24,95	63,00	43,98	68,42	61,43
15	8,00	11,69	0,02	0,03	97,04	43,03	92,00	67,52	82,28	78,06
15	50,00	14,29	0,09	0,05	92,82	0,00	50,00	0,00	46,41	66,30
15	50,00	13,33	0,10	0,04	92,89	10,66	50,00	0,00	46,44	66,35
15	50,00	13,92	0,09	0,03	94,11	0,00	50,00	0,00	47,06	67,22
15	25,00	12,24	0,09	0,08	91,86	44,00	75,00	59,50	75,68	71,06

20	50,00	16,13	0,28	0,00	85,87	72,00	50,00	0,00	42,94	61,34
20	42,00	15,38	0,12	0,04	91,71	44,72	58,00	51,36	71,53	65,77
20	27,00	13,79	0,12	0,00	94,20	53,45	73,00	63,23	78,71	74,29
20	21,00	12,31	0,10	0,08	91,05	58,98	79,00	68,99	80,02	76,87
20	35,00	14,08	0,17	0,07	87,86	60,99	65,00	63,00	75,43	71,88

Fonte: O Autor, 2019.

Tabela 10: Dados ambientais LC3

Formulação	Data de queima	Cód. Queima	Hora início	Concentração (%)	T (°C) inicial	UR (%) inicial	T (°C) final	UR (%) final	Espessura (cm)
LC3.1	16/05/2019	1	10:31	5	19,8	72	20	70,4	9,0
LC3.1	16/05/2019	2	10:58	5	19,9	70,4	20,2	70	8,0
LC3.1	16/05/2019	3	11:26	5	20,2	70,1	20,4	69,5	8,0
LC3.1	16/05/2019	4	11:50	5	20,4	69,5	20,5	69,3	7,5
LC3.1	16/05/2019	5	12:14	5	20,5	69,5	20,7	68,6	8,5
LC3.1	17/05/2019	1	11:21	10	18,9	73,4	19,1	73,1	8,5
LC3.1	17/05/2019	2	11:39	10	19,1	73,1	19,5	72,5	9,0
LC3.1	17/05/2019	3	12:02	10	19,4	72	19,8	71,6	9,0
LC3.1	17/05/2019	4	12:24	10	19,7	71,5	19,8	71,1	8,0
LC3.1	17/05/2019	5	12:49	10	19,8	71	19,9	70,8	8,5
LC3.1	21/05/2019	1	10:10	15	20	76,6	20,2	75,8	8,5
LC3.1	21/05/2019	2	10:36	15	20,2	75,5	20,6	74,9	8,0
LC3.1	21/05/2019	3	11:23	15	21	73,4	21,2	73,2	8,5
LC3.1	21/05/2019	4	11:51	15	21	73,8	21,1	73,4	8,5
LC3.1	21/05/2019	5	12:15	15	21,1	73,6	21,3	71,9	8,5
LC3.1	22/05/2019	1	10:00	20	20,6	73,2	20,5	73,4	8,0
LC3.1	22/05/2019	2	10:26	20	20,4	73,2	20,8	72,8	9,0
LC3.1	22/05/2019	3	10:53	20	20,8	71,9	21,1	71,3	7,0
LC3.1	22/05/2019	4	11:23	20	21,1	71,3	21,4	70,9	8,0
LC3.1	22/05/2019	5	11:40	20	21,5	70,1	21,8	69,7	8,0
LC3.2	29/06/2016	1	10:11	5	19,7	74,2	19,6	73,6	10,0
LC3.2	29/06/2016	2	10:27	5	19,7	73,7	19,9	73,4	10,0
LC3.2	29/06/2016	3	10:47	5	19,9	72,9	20,2	72,6	9,5
LC3.2	29/06/2016	4	11:07	5	20,2	72	20,6	71,4	8,5
LC3.2	29/06/2016	5	11:30	5	20,5	71,3	20,6	71	9,5
LC3.2	06/07/2019	1	10:40	10	14,1	51,4	14,3	51,4	9,5
LC3.2	06/07/2019	2	10:55	10	14,3	46,3	14,7	43,6	9,5
LC3.2	06/07/2019	3	11:15	10	14,7	42,8	14,1	42,7	9,0
LC3.2	06/07/2019	4	11:31	10	15,1	41,8	15,3	41,9	9,0
LC3.2	06/07/2019	5	11:48	10	15,4	42	15,6	42,1	9,0
LC3.2	04/07/2019	1	10:33	15	20,5	66,7	20,3	66,2	10,0
LC3.2	04/07/2019	2	10:52	15	20,2	66	20,2	65,6	10,0
LC3.2	04/07/2019	3	11:07	15	20,3	65,3	20,5	65,2	9,5
LC3.2	04/07/2019	4	11:27	15	20,5	64,7	20,6	64,9	9,5
LC3.2	04/07/2019	5	11:43	15	20,7	64,9	20,8	64,1	8,5

LC3.2	05/07/2019	1	10:22	20	17,6	52	17,9	50,3	8,5
LC3.2	05/07/2019	2	10:42	20	17,9	49,7	18,1	49,4	9,0
LC3.2	05/07/2019	3	11:00	20	18,2	47,5	18,4	47,3	8,5
LC3.2	05/07/2019	4	11:16	20	18,5	47,9	18,6	47,6	8,0
LC3.2	05/07/2019	5	11:34	20	18,6	45,6	18,8	48,1	9,5

Fonte: O Autor, 2019.

Tabela 11: Dados de tempo de propagação LC3

Concentração (%)	Tempo de propagação LC3 (s/(m.10 ⁻¹))												
	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	6 a 7	7 a 8	8 a 9	9 a 10	10 a 11	11 a 12	12 a 13
5	24,3	30,3	27,3	22,9	26,2	21,0	17,4	27,3	92,4	158,3	164,5	164,7	130,5
5	21,8	17,8	18,6	20,6	20,8	16,8	21,9	27,7	134,1	306,1	223,9	248,9	-
5	26,0	23,8	25,4	24,5	24,2	15,9	21,3	25,6	95,6	96,8	165,0	234,3	227,3
5	26,4	31,7	30,6	25,0	25,5	26,3	26,1	28,0	96,0	161,9	95,2	148,1	215,3
5	25,9	21,3	25,0	27,0	29,9	24,8	28,9	27,0	130,5	169,1	175,3	177,0	96,9
10	23,1	19,1	19,3	27,4	22,2	21,0	18,4	27,4	104,9	30,5	-	-	-
10	22,5	22,0	21,3	21,1	20,5	19,1	18,7	21,4	96,3	130,7	143,7	252,3	-
10	22,1	27,1	23,6	22,1	19,8	19,4	20,5	23,7	92,8	80,7	330,5	-	-
10	32,3	26,3	26,4	33,1	28,4	21,9	29,3	33,0	96,0	182,3	161,2	331,1	49,8
10	23,6	23,3	19,9	20,2	28,4	28,1	19,6	25,2	78,1	156,0	221,6	144,8	-
15	22,8	30,6	21,7	22,7	25,4	23,0	27,9	25,2	111,6	312,7	-	-	-
15	20,6	23,8	23,4	23,0	23,1	25,3	24,8	22,3	80,5	165,0	216,5	31,1	58,5
15	24,1	28,9	21,0	23,2	28,4	19,6	30,8	26,9	68,8	221,0	181,7	-	-
15	22,3	23,1	24,7	26,7	22,3	20,8	30,2	26,4	114,9	213,5	80,3	-	-
15	28,1	26,5	28,8	29,9	21,7	26,9	25,0	25,3	84,4	127,3	180,8	250,9	-
20	25,9	27,8	35,9	27,2	28,9	27,1	33,2	32,7	410,8	-	-	-	-
20	26,0	20,5	23,7	23,5	22,7	24,6	25,2	28,7	203,7	236,1	231,1	24,2	-
20	25,5	24,2	23,6	26,0	23,6	25,8	30,2	32,6	144,2	175,7	422,1	114,0	-
20	27,3	22,6	29,2	26,5	28,7	30,0	32,1	30,8	171,9	-	-	-	-
20	34,8	33,7	38,1	32,7	33,7	24,6	23,1	31,6	297,8	-	-	-	-
5	17,8	14,0	15,7	15,6	17,7	15,6	14,5	17,4	60,23	43,41	53,09	56,12	40,15
5	18,8	14,7	13,6	14,2	11,6	11,3	12,1	21,4	71,27	55,51	36,84	53,69	33,34
5	18,6	14,6	15,2	13,3	12,8	14,3	13,2	14,5	50,52	50,74	60,59	40,08	58,03
5	19,3	16,4	15,2	18,2	15,4	18,4	15,9	22,6	60,61	70,79	122,57	117,53	200,88
5	21,8	12,3	13,0	11,2	13,5	11,9	14,0	14,2	42,23	58,2	55,46	38,02	31,16
10	12,3	10,3	8,4	9,7	8,9	10,1	12,0	14,4	24,67	56,03	26,07	21,94	19,74
10	10,5	10,4	10,4	7,7	9,4	9,2	8,5	12,2	22,65	27,62	24,93	20,34	17,6
10	13,2	11,2	9,4	9,9	10,5	8,3	10,6	9,6	26,68	30,4	35,56	26,01	25,69
10	13,6	12,9	8,3	9,5	7,5	9,5	10,8	13,3	21,71	34,31	28,93	29,18	13,84
10	9,0	10,4	9,9	10,9	9,9	8,7	10,1	12,2	25,59	28,08	29,11	24,78	30,13
15	12,9	10,6	12,8	11,1	12,4	14,8	12,1	16,7	83,15	51,63	58,37	75,15	48,74
15	16,0	14,5	15,0	12,1	14,2	12,1	20,9	19,6	70,29	109,68	-	-	-
15	13,6	14,4	14,4	14,3	13,7	13,2	13,8	20,9	93,15	182,4	269,86	-	-
15	15,6	13,7	11,4	12,9	11,8	13,5	15,7	19,7	54,72	94,63	40,89	39,3	34,94

15	17,5	15,5	12,6	15,8	14,6	11,5	15,8	18,5	261,43	318,15	211,59	-	-
20	14,4	12,6	11,3	12,8	14,3	14,9	14,3	15,2	61,01	44,23	50,74	-	-
20	19,7	10,0	12,0	12,2	14,1	11,4	13,9	14,5	65,45	36,26	25,8	37,22	32,69
20	13,9	10,0	12,2	14,1	14,8	11,6	14,0	17,6	34,48	58,2	79,4	45,36	55,53
20	20,2	17,5	14,5	15,8	17,8	15,5	16,4	18,2	70,12	86,43	33,64	46,15	35,21
20	11,7	10,3	9,8	11,1	10,5	10,5	13,7	14,2	34,03	47,57	63,47	45,53	33,39

Fonte: O Autor, 2019.

Tabela 12: Dados de altura de chama LC3

Concentração (%)	Altura de chama LC3 (cm)												
	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	6 a 7	7 a 8	8 a 9	9 a 10	10 a 11	11 a 12	12 a 13
5	55,0	60,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	55,0	60,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
5	50,0	55,0	50,0	50,0	50,0	55,0	60,0	60,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	50,0	45,0	50,0	50,0	45,0	50,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	45,0	50,0	45,0	45,0	45,0	55,0	50,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	50,0	60,0	60,0	55,0	55,0	60,0	60,0	55,0	5,0	0,0	-	-	-
10	50,0	55,0	60,0	65,0	65,0	65,0	70,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
10	45,0	50,0	50,0	55,0	60,0	60,0	65,0	65,0	10,0	0,0	0,0	-	-
10	40,0	45,0	50,0	45,0	50,0	55,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	50,0	55,0	55,0	50,0	45,0	45,0	55,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
15	40,0	50,0	55,0	55,0	55,0	50,0	50,0	55,0	0,0	0,0	-	-	-
15	40,0	45,0	45,0	50,0	55,0	55,0	55,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	40,0	55,0	55,0	55,0	50,0	60,0	55,0	50,0	10,0	0,0	0,0	-	-
15	40,0	45,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	-	-
15	45,0	50,0	50,0	55,0	50,0	50,0	55,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
20	40,0	45,0	45,0	45,0	50,0	50,0	45,0	45,0	0,0	-	-	-	-
20	45,0	45,0	50,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
20	40,0	45,0	45,0	45,0	50,0	50,0	45,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
20	45,0	50,0	45,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	0,0	-	-	-	-
20	40,0	40,0	40,0	40,0	45,0	45,0	50,0	45,0	0,0	-	-	-	-
5	65,0	70,0	75,0	75,0	80,0	80,0	75,0	80,0	20,0	20,0	7,5	20,0	20,0
5	70,0	75,0	75,0	80,0	75,0	80,0	85,0	75,0	30,0	10,0	20,0	35,0	25,0
5	65,0	70,0	70,0	75,0	75,0	70,0	80,0	75,0	20,0	20,0	25,0	30,0	25,0
5	60,0	60,0	65,0	70,0	70,0	70,0	70,0	75,0	25,0	10,0	0,0	0,0	0,0
5	60,0	70,0	80,0	75,0	75,0	80,0	80,0	80,0	20,0	12,5	25,0	30,0	25,0
10	85,0	85,0	85,0	80,0	85,0	85,0	85,0	80,0	50,0	25,0	30,0	45,0	60,0
10	80,0	85,0	90,0	85,0	90,0	85,0	90,0	85,0	57,7	50,0	50,0	55,0	65,0
10	70,0	80,0	85,0	85,0	85,0	85,0	90,0	85,0	50,0	35,0	35,0	25,0	40,0
10	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	80,0	50,0	50,0	50,0	55,0	60,0
10	80,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	80,0	50,0	45,0	40,0	40,0	50,0
15	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	75,0	30,0	0,0	15,0	20,0	20,0
15	85,0	85,0	80,0	75,0	75,0	80,0	80,0	70,0	15,0	0,0	-	-	-
15	85,0	75,0	75,0	75,0	80,0	80,0	80,0	80,0	15,0	0,0	0,0	-	-

15	80,0	75,0	80,0	75,0	80,0	75,0	75,0	75,0	30,0	0,0	0,0	0,0	40,0
15	75,0	70,0	75,0	70,0	70,0	75,0	70,0	65,0	0,0	0,0	0,0	-	-
20	70,0	70,0	70,0	70,0	75,0	75,0	80,0	80,0	30,0	0,0	0,0	-	-
20	70,0	80,0	80,0	80,0	80,0	85,0	85,0	70,0	40,0	45,0	45,0	35,0	30,0
20	75,0	80,0	80,0	75,0	75,0	75,0	75,0	70,0	35,0	20,0	17,5	30,0	35,0
20	60,0	65,0	70,0	70,0	75,0	75,0	75,0	80,0	25,0	0,0	25,0	40,0	35,0
20	75,0	80,0	80,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	50,0	25,0	0,0	35,0	40,0

Fonte: O Autor, 2019.

Tabela 13: Dados de eficiência LC3

Concentração (%)	DP (cm)	Teor de umidade (%)									
			RVP	RHC	ie	TE%	P%	EFM%	X	IEE LC3	
5	41,00	8,82	0,14	0,04	91,11	28,96	59,00	43,98	67,54	60,81	
5	31,00	8,93	0,07	0,00	96,48	8,70	69,00	38,85	67,66	59,43	
5	50,00	11,43	0,14	0,02	91,95	18,10	50,00	0,00	45,97	65,68	
5	50,00	14,29	0,19	0,00	90,42	28,35	50,00	0,00	45,21	64,59	
5	42,00	9,65	0,15	0,00	92,65	25,12	58,00	41,56	67,10	59,80	
10	13,00	14,29	0,21	0,04	87,13	86,46	87,00	86,73	86,93	86,87	
10	38,00	16,25	0,13	0,00	93,65	37,70	62,00	49,85	71,75	65,49	
10	24,00	16,13	0,11	0,06	91,73	49,60	76,00	62,80	77,27	73,13	
10	42,00	16,30	0,15	0,00	92,62	17,96	58,00	37,98	65,30	57,49	
10	33,00	14,29	0,13	0,00	93,53	39,95	67,00	53,48	73,50	67,78	
15	15,00	13,64	0,09	0,00	95,60	57,57	85,00	71,29	83,44	79,97	
15	43,00	7,69	0,18	0,00	90,92	44,84	57,00	50,92	70,92	65,21	
15	23,00	9,91	0,12	0,06	90,64	52,85	77,00	64,93	77,78	74,11	
15	21,00	4,35	0,13	0,00	93,69	59,13	79,00	69,07	81,38	77,86	
15	32,00	48,15	0,13	0,00	93,40	35,66	68,00	51,83	72,62	66,68	
20	7,00	21,14	0,05	0,00	97,46	58,92	93,00	75,96	86,71	83,64	
20	31,00	10,94	0,11	0,00	94,57	30,49	69,00	49,75	72,16	65,75	
20	31,00	14,29	0,10	0,00	95,21	14,40	69,00	41,70	68,46	60,81	
20	7,00	10,38	0,12	0,00	94,22	82,81	93,00	87,91	91,06	90,16	
20	9,00	4,12	0,10	0,00	95,23	70,22	91,00	80,61	87,92	85,83	
5	50,00	10,89	0,32	0,23	72,49	74,70	50,00	0,00	36,24	51,78	
5	50,00	11,59	0,29	0,31	69,72	74,94	50,00	0,00	34,86	49,80	
5	50,00	12,35	0,28	0,33	69,45	74,00	50,00	0,00	34,72	49,61	
5	44,00	11,59	0,14	0,10	88,02	42,76	56,00	49,38	68,70	63,18	
5	50,00	10,00	0,31	0,30	69,47	77,49	50,00	0,00	34,73	49,62	
10	50,00	3,61	0,36	0,50	56,82	85,16	50,00	0,00	28,41	40,58	
10	50,00	5,75	0,43	0,64	46,20	88,69	50,00	0,00	23,10	33,00	
10	50,00	4,55	0,36	0,45	59,86	85,57	50,00	0,00	29,93	42,75	
10	50,00	3,32	0,42	0,63	47,76	87,20	50,00	0,00	23,88	34,11	
10	50,00	3,67	0,37	0,54	54,72	86,23	50,00	0,00	27,36	39,08	
15	50,00	9,09	0,20	0,21	79,10	68,30	50,00	0,00	39,55	56,50	
15	11,00	11,34	0,10	0,10	90,48	82,00	89,00	85,50	87,99	87,28	
15	24,00	7,92	0,06	0,06	93,58	45,46	76,00	60,73	77,15	72,46	

15	50,00	9,52	0,27	0,18	77,40	73,55	50,00	0,00	38,70	55,29
15	23,00	8,80	0,04	0,00	97,79	20,88	77,00	48,94	73,36	66,39
20	25,00	6,41	0,22	0,14	82,24	84,40	75,00	79,70	80,97	80,61
20	50,00	7,53	0,34	0,50	58,18	80,26	50,00	0,00	29,09	41,56
20	50,00	7,69	0,25	0,36	69,45	72,70	50,00	0,00	34,73	49,61
20	50,00	6,15	0,31	0,35	66,83	72,85	50,00	0,00	33,41	47,74
20	50,00	6,25	0,26	0,36	69,03	77,60	50,00	0,00	34,51	49,31

Fonte: O Autor, 2019.

Tabela 14: Dados ambientais LC4

Formulação	Data de queima	Cód. Queima	Hora início	Concentração (%)	T (°C) inicial	UR (%) inicial	T (°C) final	UR (%) final	Espessura (cm)
LC4.1	23/05/2019	1	10:37	5	21,3	77,5	21,1	76,3	8,0
LC4.1	23/05/2019	2	11:00	5	21	76,3	21,2	75,6	8,0
LC4.1	23/05/2019	3	11:29	5	21,1	75,9	21,3	75	7,5
LC4.1	23/05/2019	4	11:55	5	21,3	75,7	21,5	75,2	8,0
LC4.1	23/05/2019	5	12:18	5	21,4	74,8	21,6	74,4	7,5
LC4.1	24/05/2019	1	10:23	10	20,3	75,3	20,3	75,7	9,0
LC4.1	24/05/2019	2	10:43	10	20,2	76,5	20,5	75,7	9,0
LC4.1	24/05/2019	3	11:05	10	20,5	75,9	20,9	75,6	9,0
LC4.1	24/05/2019	4	11:26	10	20,8	75,4	21,1	74,2	10,0
LC4.1	24/05/2019	5	11:46	10	21,2	74,3	21,4	73,6	9,0
LC4.1	28/05/2019	1	10:35	15	19,5	71,3	19,3	73,2	9,0
LC4.1	28/05/2019	2	11:01	15	19	75,2	19,2	74,4	9,0
LC4.1	28/05/2019	3	11:28	15	19,2	74,8	19,4	74	9,0
LC4.1	28/05/2019	4	11:51	15	19,4	74,5	19,6	73,8	9,0
LC4.1	28/05/2019	5	12:12	15	19,5	74,1	19,7	73,5	8,5
LC4.1	29/05/2019	1	10:30	20	21,2	71,6	20,5	75	8,5
LC4.1	29/05/2019	2	10:52	20	20,2	75,5	20,4	75,6	8,5
LC4.1	29/05/2019	3	11:09	20	20,3	76,1	20,5	75,9	8,5
LC4.1	29/05/2019	4	11:31	20	20,4	75,9	20,5	75,6	7,5
LC4.1	29/05/2019	5	11:52	20	20,4	75,6	20,6	75,4	7,5
LC4.2	09/07/2019	1	10:48	5	13,4	62,2	13,3	62,9	9,5
LC4.2	09/07/2019	2	11:05	5	13,2	63,4	13,4	63,4	9,0
LC4.2	09/07/2019	3	11:20	5	13,4	62,9	13,6	63,6	9,0
LC4.2	09/07/2019	4	11:39	5	13,6	63	13,9	63,5	9,5
LC4.2	09/07/2019	5	11:54	5	13,9	63,3	15,1	64,2	9,5
LC4.2	10/07/2019	1	10:47	10	15,8	63,7	15,4	65	9,5
LC4.2	10/07/2019	2	11:02	10	15,3	65,5	15,4	65,7	9,0
LC4.2	10/07/2019	3	11:18	10	15,5	65,7	15,6	65,5	9,0
LC4.2	10/07/2019	4	11:34	10	15,7	65,7	15,9	65	9,5
LC4.2	10/07/2019	5	11:52	10	16	65	16,1	65,4	9,5
LC4.2	11/07/2019	1	10:20	15	16	67,4	15,6	66,9	10,0
LC4.2	11/07/2019	2	10:35	15	15,5	67,8	15,6	68,5	9,0
LC4.2	11/07/2019	3	10:52	15	15,7	68,8	15,9	68,4	9,5

LC4.2	11/07/2019	4	11:07	15	16	68,5	16,2	68,5	9,0
LC4.2	11/07/2019	5	11:22	15	16,4	67,5	16,5	66,6	9,5
LC4.2	12/07/2019	1	10:14	20	17,2	63,7	16,3	63,8	9,0
LC4.2	12/07/2019	2	10:33	20	15,9	65,5	15,9	64,3	9,0
LC4.2	12/07/2019	3	10:55	20	15,8	67,8	15,9	67,3	8,5
LC4.2	12/07/2019	4	11:14	20	15,9	67,4	16,1	67,4	9,0
LC4.2	12/07/2019	5	11:32	20	16,2	67,2	16,3	66,6	8,5

Fonte: O Autor, 2019.

Tabela 15: Dados de tempo de propagação LC4

Concentração (%)	Tempo de propagação LC4 (s/(m.10 ⁻¹))												
	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	6 a 7	7 a 8	8 a 9	9 a 10	10 a 11	11 a 12	12 a 13
5	24,4	23,1	22,5	24,0	22,5	24,9	22,4	21,1	129,4	121,7	145,8	183,1	118,4
5	28,7	30,5	32,1	28,5	20,6	21,8	24,2	25,8	128,6	208,8	212,4	162,0	348,9
5	39,3	36,8	37,1	32,8	29,2	37,9	31,9	37,5	209,8	258,5	-	-	-
5	23,1	31,3	29,0	31,8	32,4	25,6	33,4	28,1	63,8	53,5	97,3	256,3	314,5
5	22,1	38,0	32,2	32,7	34,2	33,6	31,5	33,9	181,6	334,5	77,1	-	-
10	19,2	18,0	19,0	16,2	17,1	15,8	15,2	15,9	68,3	60,8	74,8	46,0	59,0
10	25,8	23,4	20,9	23,9	19,2	18,4	19,4	21,8	96,2	127,6	231,3	45,0	-
10	19,2	16,7	17,1	17,2	20,0	14,4	14,4	16,7	57,5	45,6	72,5	205,6	-
10	16,1	17,0	17,1	16,3	13,1	15,3	16,5	21,5	84,2	54,5	87,7	81,9	29,3
10	14,8	14,6	13,7	15,1	12,9	16,7	17,9	24,3	58,1	70,4	59,5	50,7	68,1
15	16,8	14,1	16,6	17,0	12,4	12,0	14,9	18,3	75,31	50,67	40,12	60,07	48,27
15	16,6	16,7	12,7	12,9	13,0	17,3	14,8	18,2	78,94	51,84	77,27	412,11	-
15	24,5	21,0	18,3	20,2	20,5	19,2	25,2	29,6	198,18	275,04	-	-	-
15	23,1	18,1	15,5	20,4	20,5	18,6	21,4	26,8	71,26	91,5	130,49	-	-
15	18,5	15,3	17,3	14,5	19,1	16,0	16,1	21,0	60,05	85,3	81,96	105,04	-
20	15,9	17,9	17,7	18,2	13,7	15,9	14,8	22,6	59,12	114,11	63,16	146,41	67,62
20	16,4	13,5	12,4	14,8	17,4	13,1	17,9	15,8	39,74	55,79	51,1	79,14	62,81
20	15,3	19,3	15,5	13,7	14,5	14,6	19,0	19,3	74,06	167,74	130	-	-
20	38,2	42,0	29,7	30,6	31,8	23,6	31,2	48,1	253,45	-	-	-	-
20	16,7	13,3	12,9	21,3	12,8	15,5	14,8	24,7	139,56	199,17	-	-	-
5	14,3	17,4	13,9	14,6	13,3	16,6	16,1	19,1	61,91	47,24	58,76	42,05	46,57
5	15,1	13,3	17,4	15,3	14,8	14,0	15,7	20,4	49,09	40,55	61,57	56,39	32,41
5	16,9	15,9	16,5	19,6	19,1	15,5	16,9	19,7	66,72	77,92	82,46	58,98	47,46
5	18,5	19,6	15,1	14,6	16,2	18,7	17,7	18,7	52,5	48,22	44,64	44,33	50,77
5	14,3	12,0	12,6	10,2	13,5	12,9	12,7	17,5	68,48	57,56	49,87	30,47	31,4
10	15,8	15,0	14,3	13,7	13,2	13,2	15,1	19,7	83,48	72,73	49,33	43,3	44,3
10	23,3	19,2	14,9	13,9	15,8	12,6	15,2	17,6	46,79	45,78	40,13	58	38,6
10	25,6	20,2	15,2	17,2	18,6	18,6	15,0	20,4	67,61	46,1	63,84	50,21	43,96
10	15,2	14,5	12,2	14,6	10,1	11,6	10,8	19,0	58,91	52,78	39,89	45,84	54,69
10	16,7	10,9	9,3	11,6	9,6	11,2	12,9	17,6	41,31	35,77	41,4	30,38	19,22
15	18,4	15,6	11,7	12,4	11,2	14,7	13,8	16,8	36,73	79,01	48,01	40,33	37,45
15	20,7	16,1	15,0	11,3	16,7	12,0	13,2	17,5	46,6	55,65	57,89	58,93	46,1

15	14,1	12,5	12,7	11,0	11,7	15,6	11,2	16,8	66,97	88,66	28,49	35,53	32,86
15	20,0	11,8	11,7	13,6	10,3	14,5	11,3	22,8	39,79	50,55	45,73	27,12	40,64
15	8,0	13,5	14,5	15,0	12,2	12,5	14,1	12,8	62,25	42,18	52,25	58,88	111,4
20	22,8	13,1	13,5	14,0	14,8	13,4	13,0	17,6	38,56	44,06	61,87	123,86	68,39
20	17,6	11,0	13,5	12,0	12,5	11,5	12,9	14,6	75,2	58,48	64,58	48,55	41,2
20	22,6	15,0	13,8	14,2	14,2	13,7	14,3	17,9	62,41	251,93	152,74	-	-
20	16,8	12,4	14,1	12,9	12,6	11,9	16,0	20,9	59,85	58,33	33,51	51,64	101,82
20	15,8	11,6	13,3	13,0	14,9	12,1	14,8	17,0	62	57,52	75,56	78,09	70,59

Fonte: O Autor, 2019.

Tabela 16: Dados de altura de chama LC4

Concentração (%)	Altura de chama LC3 (cm)												
	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	6 a 7	7 a 8	8 a 9	9 a 10	10 a 11	11 a 12	12 a 13
5	45,0	50,0	55,0	55,0	50,0	50,0	55,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	40,0	40,0	40,0	45,0	50,0	55,0	55,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	35,0	35,0	35,0	40,0	40,0	40,0	45,0	40,0	0,0	0,0	-	-	-
5	45,0	40,0	40,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	45,0	55,0	45,0	40,0	45,0	45,0	45,0	40,0	0,0	0,0	0,0	-	-
10	55,0	60,0	75,0	80,0	80,0	80,0	85,0	80,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	50,0	55,0	60,0	60,0	65,0	75,0	80,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
10	60,0	60,0	65,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	10,0	0,0	0,0	0,0	-
10	60,0	70,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	60,0	70,0	75,0	80,0	80,0	80,0	90,0	90,0	0,0	0,0	0,0	10,0	15,0
15	60,0	70,0	80,0	80,0	80,0	75,0	80,0	75,0	10,0	0,0	0,0	0,0	10,0
15	55,0	65,0	75,0	75,0	75,0	80,0	80,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
15	55,0	60,0	70,0	60,0	50,0	60,0	65,0	60,0	0,0	0,0	-	-	-
15	55,0	65,0	60,0	65,0	65,0	75,0	70,0	55,0	0,0	0,0	0,0	-	-
15	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	75,0	75,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
20	60,0	70,0	70,0	65,0	70,0	70,0	75,0	65,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	70,0	80,0	80,0	80,0	70,0	75,0	80,0	80,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0
20	60,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	60,0	5,0	0,0	0,0	-	-
20	40,0	35,0	40,0	40,0	35,0	35,0	40,0	35,0	0,0	-	-	-	-
20	55,0	60,0	60,0	65,0	65,0	65,0	70,0	50,0	0,0	0,0	-	-	-
5	70,0	75,0	75,0	70,0	75,0	75,0	75,0	75,0	20,0	30,0	30,0	35,0	35,0
5	65,0	70,0	75,0	75,0	80,0	85,0	85,0	80,0	15,0	0,0	0,0	25,0	40,0
5	65,0	70,0	75,0	65,0	75,0	75,0	75,0	75,0	20,0	0,0	25,0	25,0	30,0
5	55,0	65,0	75,0	70,0	75,0	75,0	75,0	75,0	25,0	35,0	35,0	40,0	35,0
5	65,0	75,0	75,0	75,0	80,0	80,0	80,0	70,0	0,0	0,0	40,0	40,0	45,0
10	75,0	80,0	75,0	80,0	80,0	80,0	75,0	75,0	25,0	0,0	30,0	35,0	40,0
10	60,0	70,0	75,0	75,0	80,0	80,0	80,0	75,0	45,0	30,0	0,0	35,0	45,0
10	60,0	70,0	75,0	75,0	75,0	75,0	80,0	75,0	0,0	10,0	0,0	40,0	35,0
10	65,0	70,0	75,0	75,0	80,0	80,0	80,0	75,0	20,0	0,0	0,0	35,0	35,0
10	70,0	75,0	80,0	85,0	85,0	85,0	85,0	80,0	35,0	40,0	45,0	0,0	25,0
15	80,0	80,0	75,0	80,0	85,0	80,0	80,0	80,0	40,0	0,0	0,0	0,0	45,0

15	60,0	65,0	70,0	70,0	70,0	75,0	75,0	75,0	45,0	25,0	20,0	12,5	0,0
15	75,0	80,0	75,0	75,0	80,0	80,0	80,0	85,0	32,5	0,0	0,0	45,0	35,0
15	65,0	70,0	75,0	75,0	75,0	80,0	80,0	70,0	35,0	35,0	30,0	40,0	35,0
15	80,0	80,0	80,0	75,0	75,0	75,0	80,0	75,0	15,0	0,0	25,0	35,0	0,0
20	65,0	75,0	70,0	75,0	70,0	75,0	80,0	75,0	40,0	30,0	15,0	0,0	0,0
20	65,0	70,0	75,0	80,0	75,0	75,0	80,0	75,0	20,0	0,0	0,0	25,0	20,0
20	60,0	70,0	80,0	75,0	70,0	75,0	70,0	75,0	0,0	0,0	0,0	-	-
20	70,0	75,0	80,0	80,0	80,0	75,0	75,0	70,0	20,0	30,0	30,0	25,0	10,0
20	70,0	75,0	70,0	70,0	75,0	75,0	75,0	75,0	20,0	0,0	30,0	25,0	25,0

Fonte: O Autor, 2019.

Tabela 17: Dados de eficiência LC4

Concentração (%)	DP (cm)	Teor de umidade (%)										IEE LC4
			RVP	RHC	ie	TE%	P%	EFM%	X			
5	50,00	31,33	0,17	0,00	91,73	30,16	50,00	0,00	45,86	65,52		
5	42,00	14,29	0,11	0,00	94,75	0,00	58,00	29,00	61,87	52,48		
5	18,00	16,67	0,14	0,00	93,21	53,17	82,00	67,59	80,40	76,74		
5	50,00	12,69	0,19	0,05	88,38	21,46	50,00	0,00	44,19	63,13		
5	22,00	12,50	0,12	0,00	94,02	40,68	78,00	59,34	76,68	71,72		
10	50,00	22,83	0,28	0,04	84,18	69,11	50,00	0,00	42,09	60,13		
10	32,00	16,46	0,14	0,00	93,09	49,99	68,00	59,00	76,04	71,17		
10	37,00	21,13	0,16	0,04	89,98	61,88	63,00	62,44	76,21	72,28		
10	41,00	14,68	0,20	0,03	88,60	66,24	59,00	62,62	75,61	71,90		
10	50,00	12,50	0,26	0,06	83,56	69,32	50,00	0,00	41,78	59,68		
15	50,00	15,12	0,28	0,05	83,44	72,56	50,00	0,00	41,72	59,60		
15	34,00	17,14	0,08	0,00	95,82	37,98	66,00	51,99	73,90	67,64		
15	19,00	17,65	0,09	0,00	95,52	52,68	81,00	66,84	81,18	77,08		
15	22,00	11,70	0,15	0,00	92,30	70,68	78,00	74,34	83,32	80,75		
15	36,00	11,11	0,19	0,00	90,67	66,77	64,00	65,38	78,03	74,41		
20	50,00	20,62	0,19	0,03	89,05	54,96	50,00	0,00	44,52	63,61		
20	50,00	15,38	0,26	0,01	86,22	71,14	50,00	0,00	43,11	61,58		
20	22,00	15,38	0,10	0,02	93,91	62,82	78,00	70,41	82,16	78,80		
20	9,00	17,81	0,12	0,00	93,90	74,66	91,00	82,83	88,36	86,78		
20	11,00	14,00	0,05	0,00	97,32	66,13	89,00	77,56	87,44	84,62		
5	50,00	8,60	0,31	0,41	64,39	74,35	50,00	0,00	32,19	45,99		
5	50,00	6,82	0,33	0,21	73,19	76,00	50,00	0,00	36,59	52,28		
5	50,00	9,23	0,26	0,28	72,96	66,65	50,00	0,00	36,48	52,11		
5	50,00	9,09	0,36	0,48	57,85	75,95	50,00	0,00	28,93	41,32		
5	50,00	8,20	0,28	0,33	69,45	76,22	50,00	0,00	34,73	49,61		
10	50,00	11,27	0,26	0,34	70,43	70,69	50,00	0,00	35,22	50,31		
10	50,00	11,84	0,36	0,42	61,11	77,07	50,00	0,00	30,55	43,65		
10	50,00	12,70	0,35	0,23	71,03	72,83	50,00	0,00	35,52	50,74		
10	50,00	9,86	0,27	0,24	74,60	74,79	50,00	0,00	37,30	53,28		
10	50,00	8,91	0,37	0,36	63,48	83,19	50,00	0,00	31,74	45,34		
15	50,00	8,82	0,30	0,21	74,55	75,85	50,00	0,00	37,28	53,25		

15	50,00	9,02	0,29	0,29	70,91	73,48	50,00	0,00	35,45	50,65
15	50,00	11,84	0,26	0,29	72,66	74,75	50,00	0,00	36,33	51,90
15	50,00	9,78	0,36	0,47	58,47	79,62	50,00	0,00	29,24	41,77
15	50,00	10,66	0,20	0,19	80,53	67,30	50,00	0,00	40,26	57,52
20	42,00	9,52	0,19	0,23	78,85	66,33	58,00	62,16	70,51	68,12
20	50,00	8,11	0,23	0,17	79,81	71,20	50,00	0,00	39,91	57,01
20	28,00	8,93	0,09	0,00	95,30	53,29	72,00	62,65	78,97	74,31
20	50,00	9,47	0,24	0,30	72,75	69,49	50,00	0,00	36,37	51,96
20	50,00	7,95	0,20	0,27	76,11	65,62	50,00	0,00	38,05	54,36

Fonte: O Autor, 2019.