

ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS MATERIAIS
MESTRADO EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS MATERIAIS

ANGELO ABEL MACHADO PEREIRA HENRIQUE

**AVALIAÇÃO DA FLAMABILIDADE E DOS RESÍDUOS DE QUEIMA DE
TINTAS ACRÍLICAS À BASE D'ÁGUA**

Porto Alegre

2017

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS

**AVALIAÇÃO DA FLAMABILIDADE E DOS RESÍDUOS DE QUEIMA
DE TINTAS ACRÍLICAS À BASE D'ÁGUA**

ANGELO ABEL MACHADO PEREIRA HENRIQUE

BACHAREL EM ADMINISTRAÇÃO

ESPECIALISTA EM PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO

ORIENTADORA: PROF.^a Dr.^a BERENICE ANINA DEDAVID

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. MARÇAL JOSÉ RODRIGUES PIRES

Esta dissertação realizada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais (PGETEMA) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, tem como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Tecnologia de Materiais.

**Porto Alegre
Setembro, 2017**

Ficha Catalográfica

H519a Henrique, Angelo Abel Machado Pereira

Avaliação da Flamabilidade e dos Resíduos de Queima de Tintas Acrílicas à Base D'água / Angelo Abel Machado Pereira Henrique . – 2017.

130 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, PUCRS.

Orientadora: Profa. Dra. Berenice Anina Dedavid.

Co-orientador: Prof. Dr. Marçal José Rodrigues Pires.

1. Flamabilidade dos Materiais. 2. Toxicidade. 3. Emissões de Queima. 4. Revestimentos. 5. Tintas Acrílicas. I. Dedavid, Berenice Anina. II. Pires, Marçal José Rodrigues. III. Título.

A ciência, considerada com um projeto que se realiza progressivamente, é, como qualquer outro empreendimento humano, condicionada subjetiva e psicologicamente.

Einstein, A.

DEDICATÓRIA

Dedico a minha esposa Gislene e a minha filha Ana Luiza com amor e carinho este trabalho acadêmico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, Gislene e Ana Luiza pelo amor e carinho para que eu pudesse subir mais este degrau na vida acadêmica, profissional e pessoal.

Agradeço pelo belo trabalho da Professora Berenice tanto em ensinar, como em construir um pensamento prático e altamente técnico, em sala de aula, laboratório e durante as orientações em gabinete e ao Professor Marçal por ser um exemplo como professor na busca pelo conhecimento em francês, um grande motivador, esta conduta, motiva minha futura busca por esta proficiência tão singular.

Agradeço pelo apoio, carinho e confiança dos professores: Adriano, Berenice, Carlos Alexandre, Eduardo, Eleani, Felipe, Izete, Jairo, Jeane, Jorge, Marcus, Marçal, Nara, Roberto, Rosane e Rubem; dos doutores e pesquisadores: André, Filipi, Leonardo, Miriam e Wesley; dos estagiários: Caroline e Pedrinho; dos técnicos das secretarias e laboratórios: Alberto, Anderson, Cláudia, Henrique, Leandro, Luciane, Milton, Nelson e Patrícia; do Labelo: Israel, Gilvani, Leandro e Lucas e das Escolas de Ciências e Politécnica da PUCRS.

Agradeço a Deus por me dar forças físicas, mentais e espirituais, saúde e inteligência para encarar este desafio único em minha vida.

Agradeço à PUCRS e à CAPES pelo apoio, carinho e confiança em meu trabalho de pesquisa.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	5
AGRADECIMENTOS	6
SUMÁRIO	7
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE SIGLAS	12
RESUMO	13
ABSTRACT	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	19
2.1. Objetivo Principal.....	19
2.2. Objetivos Específicos.....	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1. Conceitos básicos sobre tintas.....	20
3.2. Tintas no Brasil.....	22
3.3. Dinâmica do Fogo	24
3.4. A toxicidade da fumaça	31
3.5. Ignifugação química e agentes retardantes de chama	34
3.6. Exigências e normas para edificações	39
4. MATERIAIS E MÉTODOS	44
4.1. Materiais	44
4.2. Preparação das Amostras e Seleção dos Filmes de Tintas.....	45
4.3. Massa e Massa Específica.....	47
4.4. Testes de Flamabilidade	48
4.4.1. Ensaio de Flamabilidade para a UL-94	48
4.4.2. Ensaio de Flamabilidade da norma NBR 14892/02	50
4.5. Análise dos Resíduos Gasosos e Sólidos.....	52
4.5.1. Sistema para coleta de gases em simulação de incêndio.....	53
4.5.2. Avaliação dos gases por cromatografia gasosa.....	55
4.5.3. Avaliação dos filmes A, B e C por DRX.....	55

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
5.1. Características físicas dos filmes de tinta.....	56
5.1.1. Massa e Densidade	56
5.2. Resultados dos Testes de Flamabilidade	57
5.3. Resultados dos ensaios de TGA	60
5.4. Resultados das análises por cromatografia a gás - CG.....	64
5.5 Avaliação dos resultados do MEV/FEG/EDS	70
5.6. Análises das composições por Raio-X	72
6. CONCLUSÕES.....	75
7. ATIVIDADES FUTURAS.....	77
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
9. ANEXOS.....	83
9.1. Laudos de Flamabilidade	83
9.2. Curvas de FTIR	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Composição das tintas base solvente e tintas base água para construção civil. ...	20
Figura 3.2. Volume de tintas produzidas em 2015 e seus setores de aplicação.....	22
Figura 3.3. Representação do tetraedro do fogo com a reação química em cadeia.....	26
Figura 3.4. Curso do fogo com suas etapas de desenvolvimento.....	26
Figura 3.5. Curva de incêndio padrão X curva de incêndio real.	30
Figura 3.6. Curva do Incêndio Padrão – Celulósico – pela ISO 834.....	30
Figura 3.7. Fluxo da troca gasosa para o mecanismo de propagação da chama.	35
Figura 4.1. Filme de tinta resultante de três aplicações produzido sobre o substrato de PVC 1,8 mm, utilizado para os testes.	45
Figura 4.2. Filme resultante de três aplicações de tinta mostrando enrugamento: (a) produzido sobre o substrato de PVC < 1,8 mm e (b) produzido sobre com papel celofane.	46
Figura 4.3. Filme de tinta danificado, após a retirada do substrato de papel vegetal.	46
Figura 4.4. Altímetro com relógio comparador sobre o desempenho de granito utilizados para medição de espessura dos filmes de tinta.	47
Figura 4.5. Dimensões padrão (em mm) para amostras para teste flamabilidade: (a) pela UL 94/01 e (b) pela NBR 14.892/02.	48
Figura 4.6. Esquema para o ensaio de flamabilidade vertical - Técnica de Ensaio de Resistência à Chama - UL 94 – Método B.....	49
Figura 4.7. Esquema para o ensaio de flamabilidade horizontal, segundo a norma NBR 14892/02.....	51
Figura 4.8. Diagrama do sistema de simulação de incêndio para coleta de gases.	53
Figura 4.9. Sistema de simulação de incêndio para coletada de gases.....	53
Figura 4.10. Frascos coletores de 15 ml utilizados para coleta da fumaça.	54

Figura 5.1. Comparativos da extensão de queima das amostras dos filmes ensaiados, pela NBR 14892/02, entre as tintas A, B e C.	58
Figura 5.2. Vista da extensão de queima sequencial das amostras dos filmes ensaiados, abrangendo cinco repetições para cada Tinta – A, B e C, pela NBR 14892/02.	58
Figura 5.3. Curvas TGA dos filmes das tintas A, B e C	61
Figura 5.4. Resultados das intensidades dos gases em ppm para Monóxido de Carbono e Dióxido de Carbono das tintas A, B e C.	67
Figura 5.5 Resultados dos cromatogramas mostrados para as amostras de gases tóxicos das três tintas – A, B e C para Monóxido de Carbono e Dióxido de Carbono.....	69
Figura 5.6. Resultados das composições dos filmes após queima das tintas A, B e C, mostrados pelo MEV/FEG/EDS.	71
Figura 5.7. Resultados comparativo das intensidades das composições das amostras de tintas A, B e C por Raio-X no mesmo gráfico.	73
Figura 5.8. Resultados das intensidades das composições para as amostras das tintas A, B e C por Raio-X.	73
Figura 9.1. Curva de FTIR para amostra de tinta A.	128
Figura 9.2. Curva de FTIR para amostra de tinta B.	128

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1. Pontos de fulgor e de ignição de alguns polímeros.	29
Tabela 4.1. Composições químicas e propriedades físico-químicas das tintas A, B e C.	44
Tabela 4.2. Critérios de avaliação do teste de queima vertical.	50
Tabela 4.3. Critérios de Classificação de Flamabilidade.	50
Tabela 4.4. Dimensões médias das amostras retiradas dos filmes A, B e C utilizados os ensaios pela norma NBR 14892/2002.	51
Tabela 4.5. Critérios de Classificação do Grau de Flamabilidade.	52
Tabela 5.1. Espessuras dos filmes, volume, massa e massa específica das tintas A, B e C. .	56
Tabela 5.2. Classificação dos filmes de tinta quanto à flamabilidade segundo a figura 5.1. .	57
Tabela 5.3. Teor de sólidos residuais obtidos após a degradação dos filmes das tintas A, B e C nas análises de TGA.	62
Tabela 5.4. Intervalos de degradações entre as rampas de degradações – TGA.	63
Tabela 5.5. Resultados em ppm para o Monóxido de Carbono e Dióxido de Carbono para as temperaturas de 100 °C, 200 °C, 400 °C e 750 °C.	67
Tabela 5.6. Resultados em ppm para o volume de 1 m ³ e para 31,2 m ³ (*) para o Monóxido de Carbono e Dióxido de Carbono nas temperaturas de 100 °C, 200 °C, 400 °C e 750 °C.	68
Tabela 5.7. Resultados da microanálise por EDS dos resíduos sólidos dos filmes, após análise por TGA.	72

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
°C	Graus Centígrados
CG	Cromatografia Gasosa
CMAR	Controle de Materiais de Acabamento e Revestimento
cps/eV	Contagem por segundo por eletrovolto
DSC	Colorimetria Exploratória Diferencial
FTIR	Espectroscopia de Infravermelhos por transformada de Fourier
ISO	Organização Internacional de Normalização
MJ/m ²	Megajoules por metro quadrado
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NR	Norma Regulamentadora
ppm	Partícula por milhão
TGA	Análise Termogravimétrica
UL	Underwriters Laboratories

RESUMO

MACHADO PEREIRA HENRIQUE, ANGELO ABEL. **Avaliação da Flamabilidade e dos Resíduos de Queima de Tintas Acrílicas à Base d'Água**. Porto Alegre. 2017. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL.

Neste trabalho produziu-se a partir das tintas acrílicas à base d'água, os índices de propagação de chama amostral e simulada em laboratório, em detrimento e em comparativo à queima generalizada durante os incêndios em ambientes internos. Foram comparadas as respectivas propriedades químicas e físicas das tintas, dos gases emanados; evidenciando as suas toxicidades, limiares toxicológicos e empregando os testes de queima horizontal e queima vertical. Na parte experimental foram produzidos os filmes de tintas, para posterior queima em câmara de quartzo com o uso do forno elétrico, onde a partir deste, coletou-se os gases, segundo cada orientação de degradação térmica obtida pela TGA, para então serem analisadas as toxicidades em cromatografia gasosa. Nos resultados podem ser comparados os diferentes comportamentos de queima para cada tinta em virtude de sua composição físico-química, juntamente com suas taxas de liberações de gases em cada faixa de temperatura.

Palavras-chave: Flamabilidade dos Materiais, Toxicidade, Emissões de Queima, Revestimentos e Tintas Acrílicas.

ABSTRACT

MACHADO PEREIRA HENRIQUE, ANGELO ABEL. **Assessment of Flammability and Flame Residues of Water-based Acrylic Paints**. Porto Alegre. 2017. Master. Graduation Program in Materials Engineering and Technology, PONTIFICAL CATHOLIC UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL.

In this work, the sample-flame propagation indexes were simulated in laboratory, in detriment and in comparison to the generalized burning during the fires in internal environments. The respective chemical and physical properties of the paints, the emanated gases, were compared; evidencing its toxicities, toxicological thresholds and using the tests of horizontal burning and vertical burning. In the experimental part, the paint films were produced for later burning in a quartz chamber with the use of the electric furnace, from which the gases were collected, according to each thermal degradation orientation obtained by the TGA pallet, in order to analyze the toxicities in gas chromatography. In the results the different firing behaviors for each paint can be compared by virtue of its physico-chemical composition, together with its gas release rates in each temperature range.

Key-words: Flammability of Materials, Toxicity, Burning Emissions, Coatings and Acrylic Paints.

1. INTRODUÇÃO

Existe uma crescente e disponibilidade de materiais de acabamento e revestimento usados na construção civil, entre eles as tintas acrílicas à base d'água. Estes revestimentos mesmo sendo à base d'água, em uma situação de incêndio desprendem gases oriundos da queima do filme, mesmo quando expostas ao tempo. No Brasil não existe uma norma específica para abranger todas as características de desprendimento de fogo e avaliação de toxicidade, o que existe são normas para ensaio de flamabilidade dos materiais onde são verificadas as determinações do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante e as velocidades de suas propagações de queima, conforme as normas – NBR - 9442/86 e NBR - 14892/02. Estas normas possuem o propósito de agir nas classificações dos materiais usados nas construções, cujo o resultado é o de atuar de forma passiva nos incêndios, que possam vir a ocorrer, onde tenham nestes materiais as características de propagações mais lentas, quando com o fogo debelado e que os índices de liberação de particulados e gases tóxicos, sejam, quando não eliminados, não letais e menos tóxicos.

Este trabalho remete a uma pesquisa sistemática em livros, artigos e normativas técnicas, onde são aplicados sobre as tintas acrílicas à base d'água, cujos os objetivos serão as verificações dos índices de propagação de chama em amostras previamente preparadas, isto em detrimento à queima generalizada durante os incêndios em ambientes internos chamados de *flashover* e as análises das respectivas propriedades químicas dos gases emanados e de seus particulados, que evidenciam as suas toxicidades. Também serão empregados os testes de queima horizontal e queima vertical, assim normatizados, bem como as respectivas análises de toxicidade, em que visa o enriquecimento de um banco de dados técnico, que servirá de apoio à pesquisa, também no tocante, ao controle dos materiais de acabamento e revestimento e, ensejando um possível enquadramento destas tintas aos quesitos normativos de prevenção ao fogo dos bombeiros do Rio Grande do Sul quando aplicados nas edificações.

O Brasil possui histórias marcantes em relação a incêndios com vítimas, citamos como causa principal a imprudência, a negligência ou a imperícia, como fatores geradores e contribuintes para os desastres em que envolvem as edificações, como cenário principal destes acontecimentos trágicos, como por exemplo: os incêndios que ocorreram na década de 1970 – como o Edifício Andraus/SP (1972); o Edifício Joelma/SP (1974); Lojas Americanas/RS (1973) e Lojas Renner/RS (1976); dentre esses acontecimentos trágicos, a causa comum, desses sinistros quando oficializados, era o curto-circuito em equipamentos elétricos energizados, gerando o princípio de incêndio.

Na análise dos fatores causais dos incêndios, do ponto-de-vista do local e da escala de produção, os estaleiros e armazéns para armazenar materiais têxteis geralmente ocupam uma grande área, com um grande número de materiais têxteis e produtos têxteis. Estar com cargas de fogo ou incêndio, maiores, então deve haver muitos fatores que podem causar incêndios e consequências prejudiciais graves. Se houver alguma má gestão de incêndio, eletricidade, armazenamento, transporte e outros aspectos, a probabilidade de iniciar um incêndio será muito maior (MA, 2014).

Em 2011 ocorreu um incêndio sem vítimas que poderia prenunciar a importância da atuação nas propriedades dos materiais de acabamento e revestimento das alegorias estocadas e montadas nos barracões da área portuária do carnaval do Rio de Janeiro, entretanto, o incêndio deu-se por conta de uma soldagem em uma estrutura alegórica, que projetará centelhas, partículas metálicas incandescentes, que fizeram com que em pouco tempo, ocorresse um incêndio descontrolado e com alto poder de queima e fumaça altamente densa e escura, pela queima de espumas, tecidos e demais materiais decorativos.

Em janeiro de 2013, em Santa Maria – Rio Grande do Sul ocorreu um incêndio, na madrugada de domingo, na boate Kiss que estava com sua lotação de pessoas ao seu máximo, ocorreu durante uma apresentação de um grupo que ao iniciar suas canções, no interior da boate, fez a entrada no palco empunhando um sinalizador aceso e erguendo para o alto e cantando, então as chamas tocaram no tratamento acústico, sem características anti-chama, e as labaredas começaram a se espalhar rapidamente sobre o palco, tomando conta de toda a área, também, sobre a plateia e liberando uma fumaça muito tóxica que em 120 segundos mataria de forma letal 242 pessoas, outras 680 pessoas conseguiram sair antes da inundação completa de fumaça tóxica num ambiente de 638 m², onde uma das propriedades químicas desta fumaça era o cianeto de hidrogênio. Pode-se dizer que o calor não foi o conseqüente para as mortes ocorridas, e sim, a intoxicação com seus agravos patológicos.

Ainda em novembro de 2013, um incêndio com vítimas, após sucessivas quedas de energia elétrica em toda a área e subestação do Museu da América Latina em São Paulo foi então que se iniciou um incêndio, que de forma avassaladora, tomou conta em pouco tempo, de todo o complexo, onde teve como condução para a propagação geral do incêndio, justamente as tapeçarias e obras de artes que não possuíam tratamentos ignífugos, ou seja, tratamento anti-chama que visa atenuar ou até extinguir as propagações do fogo, houve a liberação de muita fumaça tóxica.

A grande devastação de vidas e bens com cerca de 12.000 mil vidas perdidas anualmente, devido ao fogo e que estas mortes são, geralmente causadas pela inalação de fumaça e gases tóxicos e 300.000 mil pessoas ficaram com lesões provocadas pelos incêndios. Dados das estatísticas de fogo nos Estados Unidos relatados nos Relatórios sobre a Comissão Nacional de Prevenção e Controle de Incêndios, “América Ardente” em 1973 (KRASNY, J. F.; PARKER, W. J.; BABRAUSKAS, V, 2007).

A maioria dos casos de incêndios relatados acima, tem como agente propagador de fogo, justamente os materiais de acabamento e revestimento empregados na engenharia construtiva e arquitetura para algum fim, seja ele, atenuadores de ruído ou calor ou para oferecer um sistema decorativo.

Na linha dos materiais de acabamento e revestimento temos as tintas anti-chama que atuam no seguimento de tintas intumescentes, ou seja, tintas que não deixam o fogo se propagar em virtude do aparecimento de uma camada de carbono quando a área é exposta a chama e que em certo momento executam a autoextinção do fogo, é adequado ressaltar que são tintas com tecnologias importadas e que o galão de 3,6 litros ainda possui uma diferença de 7 vezes maior, em valores, quando em comparação a um galão de tinta comum, ou seja, sem o tratamento antifogo.

A proposta deste trabalho são o de avaliar os tempos de propagações de queima e análises toxicológicas das tintas acrílicas à base d'água na cor branca, usadas para acabamento interno nas edificações, empregando a norma brasileira, NBR - 14892/02 – Flamabilidade Horizontal e a norma americana, UL “Underwriters Laboratory” 94 para queima vertical e, além disso, avaliar as emissões gasosas, após coletas oriundas da queima.

O problema de pesquisa abordado, recai sobre a verificação do tempo de queima das tintas acrílicas, que possuem como solvente a água, sob os aspectos das normas de queima horizontal e vertical, para verificar, um possível enquadramento na resolução técnica dos

bombeiros do Rio Grande do Sul que versa sobre o controle dos materiais de acabamento e revestimento (CMAR). Serão analisados os tempos de queima e a suas toxicidades de emissões e residuais, durante e após a queima, das tintas acrílicas à base d'água de três fabricantes nacionais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Principal

O objetivo principal deste trabalho é avaliar três tintas acrílicas à base d'água quanto à flamabilidade e a degradação de resíduos voláteis em várias etapas de aquecimento até a queima e, ainda relacionar os resultados com a composição química e características físicas indicada nas fichas técnicas dos fabricantes.

2.2. Objetivos Específicos

Realizar testes de flamabilidade em três tintas A, B e C em conformidade com a norma nacional e outra americana.

Construir um sistema de coleta de gases oriundos da decomposição do filme de tinta durante o aquecimento até a queima, simulando uma condição de incêndio.

Utilizar análises de TGA para obter os intervalos ótimos entre a decomposição da tinta para a coleta dos gases oriundos durante o aquecimento até a queima.

Utilizar a cromatografia gasosa para classificar e quantificar os gases coletados durante o aquecimento do filme de tinta no sistema de coleta de gases.

Comparar os resíduos da queima (voláteis e sólidos) com a flamabilidade dos filmes A, B e C.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Conceitos básicos sobre tintas

Neste primeiro capítulo são discutidos alguns conceitos básicos sobre as tintas. Os conceitos apresentados são voltados para tintas obtidas a partir de emulsões de copolímeros acrílicos, formuladas para decoração e proteção de substratos inorgânicos como alvenaria.

Existe uma crescente gama e disponibilidade de materiais de acabamento e revestimento usados na construção civil, entre eles as tintas acrílicas à base d'água. Com a rápida penetração de materiais poliméricos na indústria de construção, a inclusão de retardantes de chamas nestes materiais tem se tornado importante tanto para o consumidor como para os órgãos governamentais. Os produtos que contêm retardantes de chama como aditivos devem exibir propriedades de resistência à chama adequada sem sacrificar aparência ou propriedades físicas (IKEMATSU, 2007).

Os compostos básicos da tinta são: resinas, pigmentos, solventes e aditivos, sendo que a proporção de distribuição destes compostos varia com o tipo de acabamento e aplicação que é desejada. A figura 3.1 mostra uma comparação entre os compostos das tintas à base de solvente e das tintas à base d'água.

Figura 3.1. Composição das tintas base solvente e tintas base água para construção civil.



Fonte: (IKEMATSU, 2007)

Segundo Fazenda (1995), tinta é uma composição geralmente líquida e viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerado líquido que, ao sofrer um processo de cura quando estendida em película fina, forma um filme opaco e aderente ao

substrato. Esse filme tem a finalidade de proteger e embelezar os mais variados substratos como madeira, metal, reboco, concreto, plástico, telhados, pisos, entre outros.

- **Resina:** é a parte não volátil, que possui como função ser formador de filme, sendo também chamado de veículo, agregante ou *binder*. Sem a presença da resina, todos os demais componentes da tinta não teriam aderência ao substrato. A resina atribui à tinta o maior número de características e propriedades, tais como brilho, dureza, flexibilidade, adesão, resistência mecânica e química. A escolha da resina correta é a chave para a formulação de uma boa tinta. A resina normalmente denomina o tipo de revestimento, ou seja, acrílico, alquídico, epóxi, etc. Antigamente as resinas eram à base de compostos naturais, vegetais ou animais. Atualmente são obtidas através da indústria química ou petroquímica, originando as resinas sintéticas, que são polímeros que conferem às tintas propriedades de resistência e durabilidade superiores às antigas (PILZ, C. F, 2004).

- **Pigmento:** é o material sólido, orgânico ou inorgânico, finamente dividido e insolúvel no meio, cuja finalidade é conferir cor, opacidade, poder de cobertura, proteção anticorrosiva, entre outros efeitos (PILZ, C. F, 2004).

- **Aditivos:** ingredientes que são adicionados em pequena quantidade na tinta (em geral de 1 a 3%), proporcionando características especiais ou melhoria nas propriedades. São utilizados como auxiliares nas diversas fases de fabricação, influenciam na manufatura, estabilidade, aplicabilidade, qualidade e aspecto do filme aplicado. São exemplos de aditivos: secantes, antisedimentantes, niveladores, anti-pele, antiespumantes, espessantes, plastificantes, biocidas, surfactantes ou tensoativos, os retardantes de chama, entre outros (PILZ, C. F, 2004).

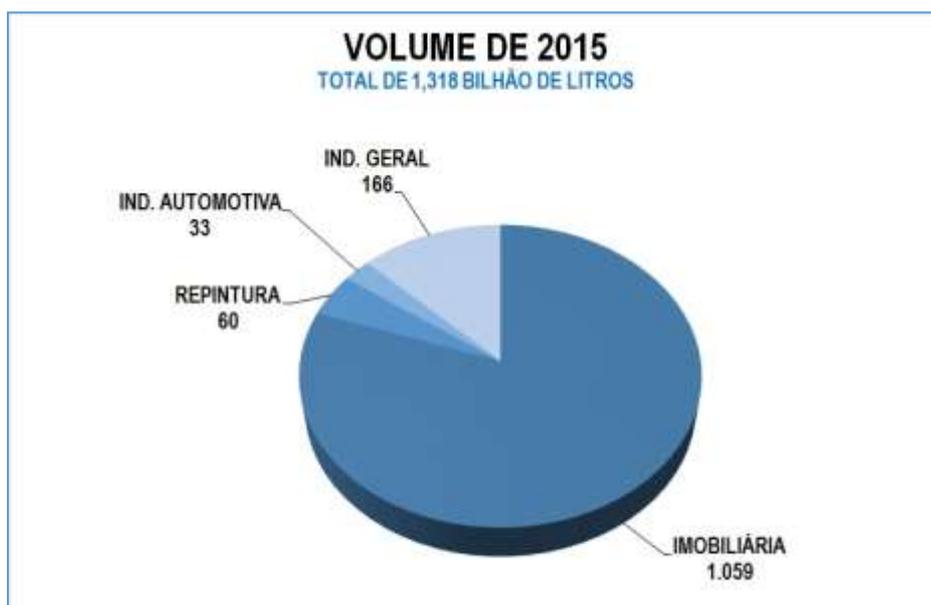
- **Solvente:** é um líquido volátil, geralmente de baixo ponto de ebulição, utilizado para solubilizar a resina e conferir viscosidade adequada ao produto. A correta seleção dos solventes implica em boas propriedades da tinta líquida e bom desempenho após a aplicação (PILZ, C. F, 2004).

- **Cargas:** são pós de natureza inorgânica que servem para melhorar algumas características do revestimento, porém, sem conferir cor nem opacidade. Na sua maioria são quimicamente inertes e beneficiadas em diversas faixas granulométricas de acordo com a aplicação desejada. As cargas têm como atribuição baratear a tinta, ajustar o brilho, aumentar sólidos e dureza, aumentar a resistência à abrasão e modificar as propriedades reológicas da tinta. As cargas mais empregadas são carbonato de cálcio, talco, mica, barita, quartzo, entre outros (PILZ, C. F, 2004).

3.2. Tintas no Brasil

O Brasil é um dos seis maiores mercados mundiais para tintas. Fabricam-se no país, tintas destinadas a todas as aplicações, com tecnologia de ponta e grau de competência técnica comparável à dos mais avançados centros mundiais de produção. Há centenas de fabricantes, de grande, médio e pequeno porte, espalhados por todo o país. Os dez maiores fabricantes respondem por 75% do total das vendas. Os grandes fornecedores mundiais de matérias-primas e insumos para tintas estão presentes no país, de modo direto ou através de seus representantes, juntamente com empresas nacionais, muitas delas detentoras de alta tecnologia. O faturamento líquido do setor em 2015 foi de US\$ 3,054 bilhões para um volume produzido de 1,318 bilhões de litros, onde foram exportados US\$ 151 milhões e importados US\$ 157 milhões (excluindo tintas gráficas). Os segmentos em que o setor de tintas se divide são apresentados na Figura 3.2, observe que as tintas imobiliárias representam cerca de 80% do volume total (ABRAFATI, 2016).

Figura 3.2. Volume de tintas produzidas em 2015 e seus setores de aplicação.



É muito difícil estabelecer uma data exata para o surgimento da tinta, mas, existem indícios que foi desenvolvida para que o homem das cavernas pudesse expressar os seus pensamentos, emoções e a cultura de seu povo. Portanto, a primeira tinta desenvolvida pelo homem foi uma tinta gráfica (ANGHINETTI, 2012). Estas tintas eram constituídas com uma mistura de cal, carvão, gordura, sangue, seiva vegetal, restos de flores entre outros materiais.

Outros desenhos, mais elaborados foram feitos em monocromia, com óxido de ferro ou ocre vermelho (DONADIO, 2011).

Os primeiros pigmentos sintéticos do ocidente surgiram no Egito (8000 a 5800 a.C.), derivados de alumínio, silício, cobre e cálcio, além de elementos de origem orgânica. Os ligantes eram à base de ovo, goma arábica e cera de abelha. Estes pigmentos eram usados para a decoração de cavernas, tumbas e para adornar o próprio corpo (DONADIO, 2011; ANGHINETTI, 2012).

Os povos pré-colombianos produziram pigmentos semelhantes aos dos egípcios, elaborados a base de ouro, cobre, carvão e plantas coloridas com uma diversidade superior de cores. No oriente, os chineses e japoneses utilizavam materiais orgânicos e minerais, tais como, azurita, malaquita, carbonato de cobre, zarcão, caulim, pó de ouro, na pintura de suas porcelanas, escrita, pintura do rosto e outras decorações. As datas exatas dessa invenção são desconhecidas. Manuscritos de cerca de 2.000 a. C. comprovam que os chineses já conheciam e utilizavam o nanquin (DONADIO, 2011; ANGHINETTI, 2012).

De início, as tintas tiveram um papel puramente estético. Somente mais tarde, onde as condições climáticas eram mais severas, o aspecto "proteção" ganharia maior importância. Os ingleses usavam tintas, principalmente, em igrejas e, depois, em prédios públicos e residências de pessoas importantes com o intuito de proteção, além do decorativo. Durante os séculos XV e XVI, artistas italianos fabricavam pigmentos e veículos para tintas. Nessa época, a produção de tinta era particularizada e altamente sigilosa. Cada artista ou artesão desenvolvia seu próprio processo de fabricação de tinta. Tratadas como se fossem um "segredo de Estado", as fórmulas de tintas eram enterradas com seu inventor. A tinta a óleo com aglutinantes foi também utilizada por vários séculos, sendo sua limitação à lentidão na secagem. Posteriormente foram introduzidos catalizadores como aceleradores do processo de secagem, tornando-se um marco na história das tintas (DONADIO, 2011; ANGHINETTI, 2012).

Em 1867, os fabricantes introduziram no mercado as primeiras tintas preparadas. O desenvolvimento de novos equipamentos para de moer e misturar os componentes das tintas no final do século XIX, facilitou a produção em larga escala.

Contudo, o acontecimento mais importante no campo dos revestimentos protetores desde a Segunda Guerra Mundial foi o rápido desenvolvimento das tintas à base água ou tintas látex. O desenvolvimento maior ocorreu na linha de tintas decorativas, porém também ocorreu

nas linhas de manutenção e industrial. Este desenvolvimento foi possível graças à disponibilidade de novos materiais, principalmente as resinas em emulsão (VERKHOLANTSEV, 2001).

No Brasil, a primeira fábrica de tinta foi em Blumenau, Santa Catarina, datada de 1886. Mas, foi durante a Primeira e a Segunda Guerra Mundiais, período considerado pelos historiadores bastante fértil para ciência, que químicos desenvolveram novos pigmentos e resinas sintéticas. Esses pigmentos e veículos substituíram os ingredientes das tintas, como óleo de linhaça, necessário para fins militares. As tintas empregavam óleo de linhaça, pigmentos e um elemento volátil com grande poder de cobertura (DONADIO, 2011; ANGHINETTI, 2012).

No final da década de 1950, químicos criaram tintas especiais para pintura de exteriores, novos tipos de esmaltes para acabamento de automóveis e tintas à prova de gotejamento para superfícies externas e internas. A partir dos anos 1950 a indústria nacional se desenvolveu com utilização de muitas resinas sintetizadas, surgindo assim, as tintas para diversas aplicações (DONADIO, 2011; ANGHINETTI, 2012).

Nos anos da década de 1960, a pesquisa continuada com resinas sintéticas conferiu às tintas maior resistência contra substâncias químicas e gases. Foi nessa época, que as tintas fluorescentes se popularizaram. Devido à descoberta de envenenamento, por chumbo, de muitas crianças após terem comido lascas de tinta seca, na década de 1970, os governos de alguns países impuseram restrições ao conteúdo de chumbo nas tintas de uso doméstico, limitando-o a cerca de 0,5% (DONADIO, 2011; ANGHINETTI, 2012).

Autores como Donadio (2011) e Anghinetti (2012) mostram que a tendência da indústria de tintas decorativas é pelo uso de tintas base água em substituição aos sistemas base solvente por diversas razões. Entre elas, cabe destacar a aceitação do consumidor pela facilidade de limpeza e desempenho do produto, custo e também questões ambientais devido a menor quantidade de orgânicos voláteis presentes na sua composição.

3.3. Dinâmica do Fogo

Há milênios o homem convive com o fogo e utiliza como um elemento auxiliar, importante no seu dia-a-dia. Conseguiu criá-lo, dominá-lo e utilizá-lo para aquecimento, iluminação, cozimento, geração de energia e muitos outros fins. E por vez, foge ao seu controle, transformando-se em um incêndio que pode causar lesões, mortes e grandes prejuízos materiais.

A vida moderna aumenta os riscos de incêndio, pelas maiores concentrações humanas, edificações mais próximas e altas, concepções arquitetônicas que favorecem a propagação do

fogo, materiais decorativos de fácil combustão e pela proliferação e concentração de máquinas e de equipamentos de toda espécie (BRENTANO, 2011).

O homem tem a capacidade de controlar o fogo, mas, para fazer isso com competência, é necessário conhecer toda a sua dinâmica (BRENTANO, 2011).

Nas definições do fogo pode-se citar a combustão que é uma reação química que consiste na combinação de materiais combustíveis (sólido ou líquido) com o comburente (oxigênio do ar), que quando ativado por uma fonte de calor (pequena chama, fagulha ou contato com uma superfície aquecida), inicia uma transformação química, o fogo, com a produção de mais calor, que propicia ao prosseguimento da reação, desencadeando um mecanismo reacional, chamado de reação química em cadeia (BRENTANO, 2011).

Fogo, em outras palavras, é uma reação química, denominada combustão, que ocorre com a oxidação rápida do material combustível, sólido ou líquido, com o oxigênio do ar, provocada por uma fonte de calor que geram chamas. Estes desprendem calor, liberam fumaça, gases tóxicos e inflamáveis, além de outros resíduos (BRENTANO, 2011).

Os produtos derivados da combustão geram consequências previsíveis (BAYON, 1978).

As chamas formam a parte espetacular e visível do fogo, iluminam e atraem; a fumaça, pelo contrário, impede a visibilidade, provoca pânico, dificulta a saída e a aproximação para o combate ao fogo, intoxica e asfixia, corrói objetos frágeis. Os gases são invisíveis, podem ser tóxicos, inodoros e sua difusão provoca a propagação do fogo (NFPA-101, 2001).

Atualmente, com os materiais sintéticos cada vez em maior quantidade usados nos revestimentos de construções, aumentou a quantidade de produtos gasosos prejudiciais ao homem em uma situação de incêndio. A fumaça e os gases tóxicos são responsáveis por mais de 80% das mortes em incêndios (NFPA, 2001).

O calor aquece o ar chegando a altíssimas temperaturas, provocando a propagação do calor do fogo através da combustão espontânea de certos materiais e a deformação e a perda de resistência de outros.

Para que haja a existência do fogo deve haver simultaneamente a concorrência de três elementos essenciais: material combustível, comburente (oxigênio do ar) e uma fonte de calor, isto forma o triângulo do fogo.

Para que haja a propagação deste fogo após a sua ocorrência, deve haver a transferência de calor, molécula à molécula, gerando uma combustão cíclica, e com isso, dando origem a um

quarto elemento chamado de reação química em cadeia, onde com este último elemento passamos a ter o quadrado do fogo, conforme a figura 3.3.

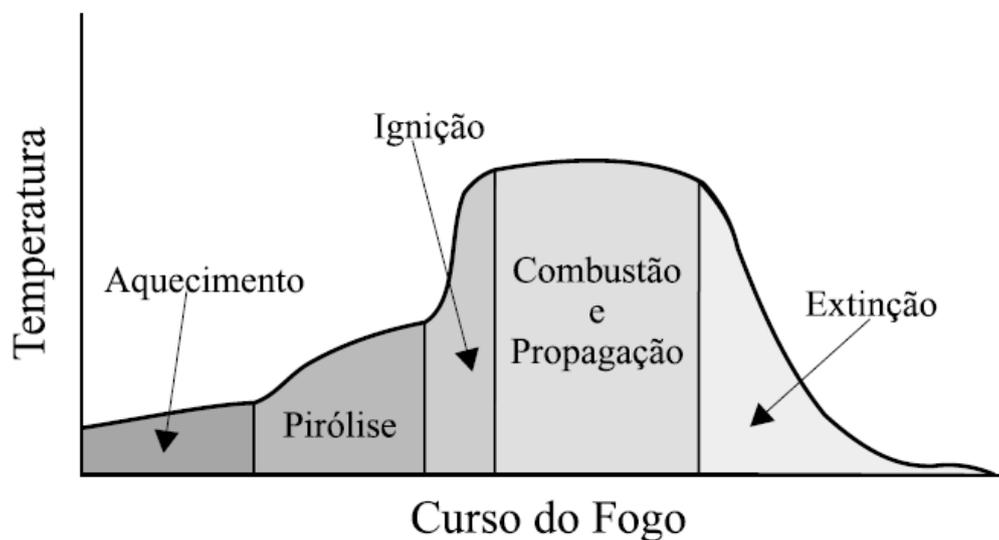
Figura 3.3. Representação do tetraedro do fogo com a reação química em cadeia.



Fonte: o Autor em Treinamento de Combate ao Fogo (PUCRS, 2013).

No processo de queima dos materiais, incluindo os polímeros, podem ser divididos conforme mostra a figura 3.4.

Figura 3.4. Curso do fogo com suas etapas de desenvolvimento.



Fonte: (LOUGHBROUGH, 1991).

Etapa I: Aquecimento

Calor de uma fonte externa é fornecido ao material que progressivamente tem a temperatura aumentada. A transferência de calor pode se dar por contato direto com chama, por contato com gases quentes ou ainda por condução através de um corpo sólido. Os principais fatores envolvidos nesta etapa são: calor específico, condutividade térmica e calor latente envolvido em eventuais mudanças de fase (GALLO E AGNELLI, 1998).

Etapa II: Pirólise

Os diferentes componentes do material polimérico atingem suas temperaturas de decomposição e começam a liberar uma ou mais das seguintes substâncias:

- Gases combustíveis, tais como alcanos, alcenos, formaldeído e monóxido de carbono;
- Gases não combustíveis, tais como vapor d'água e dióxido de carbono;
- Gases corrosivos, tais como cloreto de hidrogênio e brometo de hidrogênio;
- Líquidos usualmente fragmentos das cadeias poliméricas;
- Partículas sólidas tais como fuligem, fibra de vidros e cargas minerais e
- Radicais livres.

As diferentes combinações físicas destas substâncias é que darão origem à fumaça (GALLO E AGNELLI, 1998).

O principal fator envolvido nesta etapa é a temperatura de início de pirólise de cada componente. Na maioria dos casos, a pirólise ocorre por um mecanismo de radicais livres, iniciado por traços de oxigênio ou outras impurezas oxidantes, que são incorporadas pelos polímeros durante seu processamento.

O processo envolve a formação de grupamentos hidroperóxidos, (ROOH), cuja decomposição produz as espécies altamente reativas H. e HO.

Na presença de oxigênio em concentração suficiente, formam um ciclo fechado, que acelera grandemente o processo, dado que as mesmas ocorrem em altas velocidades. O resultado final é a formação de um grande número de diferentes espécies químicas, tais como: variados hidrocarbonetos de baixo peso molecular e os radicais livres altamente reativos H. e HO. . Tais espécies se dirigem à chamada zona de queima gasosa onde se inicia a etapa de Ignição (GALLO E AGNELLI, 1998).

Etapa III: Ignição

A medida que se difundem para o interior, a partir da superfície do material polimérico, os produtos da pirólise encontram-se com oxigênio, que se difunde em sentido contrário, na zona de queima gasosa. Nessa zona as condições de temperatura e concentração de gases combustíveis e de oxigênio atingem níveis tais que permitem a ignição por intermédio de uma fonte externa de calor ou, se a temperatura for suficientemente alta, por autoignição. A temperatura na qual o primeiro fenômeno ocorre é denominada *ponto de fulgor*, enquanto a temperatura na qual o segundo ocorre é denominada *ponto de ignição*. Os principais fatores que influenciam esta etapa são as temperaturas de ignição e de autoignição e o chamado índice de oxigênio, definido como a concentração mínima de oxigênio necessária para sustentar a combustão (GALLO E AGNELLI, 1998).

Ponto de fulgor ou *flash point*, é a menor temperatura em que um combustível começa a liberar vapores, em quantidade suficiente, para formar uma mistura ideal de inflamabilidade e torna-se inflamável ao encontrar uma fonte externa de calor. No ponto de fulgor não existe quantidade suficiente emissão de gases para a combustão seja mantida.

Na tabela 3.1 são apresentados os pontos de fulgor e de ignição de alguns polímeros.

Por mistura ideal de inflamabilidade, para a obtenção do ponto de fulgor, entenda-se a quantidade de gás ou vapor misturada com o ar atmosférico, que é suficiente para iniciar uma inflamação em contato com uma fonte de calor (isto é, a queima abrupta do gás ou vapor), sem que haja a combustão do combustível emitente. Um outro detalhe verificado é que, ao retirar-se a fonte de calor, acaba a inflamação (queima) da mistura (NFPA-30, 2012).

Através do ponto de fulgor distinguem-se os líquidos combustíveis e inflamáveis, de acordo com norma regulamentadora do Ministério do trabalho e Emprego da Norma Regulamentadora - 20, que trata sobre a segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis (MTE – NR-20, 2012).

Etapa IV: Combustão e propagação

Com a combustão existirá a propagação dos radicais livres gerados na pirólise que desempenham importante papel na etapa de ignição, desencadeando reações de combustão altamente exotérmicas, cujo calor liberado dá início a um processo denominado retroalimentação térmica. Tal mecanismo sustenta os processos de pirólise e ignição enquanto houver material combustível disponível. Nesta etapa o fogo se propaga através da superfície do material atingindo

outras regiões e tornando o processo da queima absolutamente irreversível (GALLO E AGNELLI, 1998).

As principais direções da propagação do fogo são as seguintes: se espalha pela superfície, geralmente queima de uma extremidade para outra e do fundo para o topo da carga combustível; se o fogo começar na superfície, o fogo rapidamente se espalhará da superfície para o centro; se o fogo acender-se espontaneamente, o fogo se espalhará de dentro para fora; distribuídos em grande escala e ventos fortes, o fogo se espalhará rapidamente de uma carga combustível para outra ou simultaneamente (MA, 2014).

Tabela 3.1. Pontos de fulgor e de ignição de alguns polímeros.

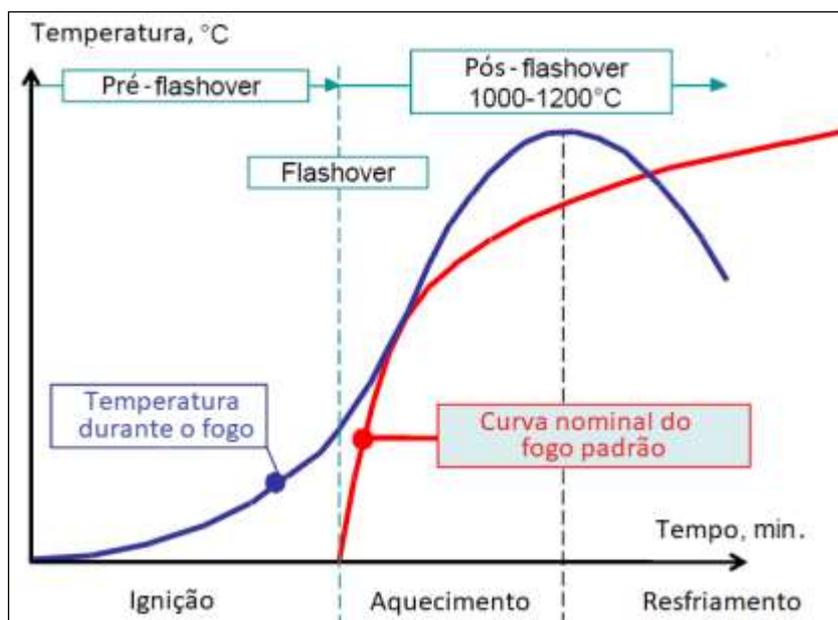
Polímero	Ponto de Fulgor (°C)	Ponto de Ignição (°C)
Polietileno	340	350
Polipropileno	320	350
Poliestireno	350	490
Poli (cloreto de vinila)	390	450
Poli (tetrafluoretileno)	560	580
ABS	390	480
Poli (metil metacrilato)	300	430
Poliacrilonitrila	480	560
Poliamida 6	420	450
Poliamida 66	490	530
Poliuretano, Espuma Rígida	310	415
Algodão	210	400

Fonte: (STUART, 1990).

Na região do crescimento do fogo, após a região da ignição, temos o chamado *flashover* que dependendo do material queimado, teremos uma variação de temperatura que poderá variar para mais de 600°C e podendo chegar aos 750°C, na figura 3.5, temos um exemplo onde é mostrada a curva de incêndio com o *flashover* ocorrendo em temperatura de 600°C no tempo de cinco minutos. Quando comparamos uma curva padrão de incêndio com uma curva real de um incêndio com baixa e média carga térmica combustível, ou seja, entre 300 a 1.200MJ/m² obtemos uma curva mais acentuada com temperaturas mais elevadas em relação à curva padrão de incêndio, ver figura 3.6.

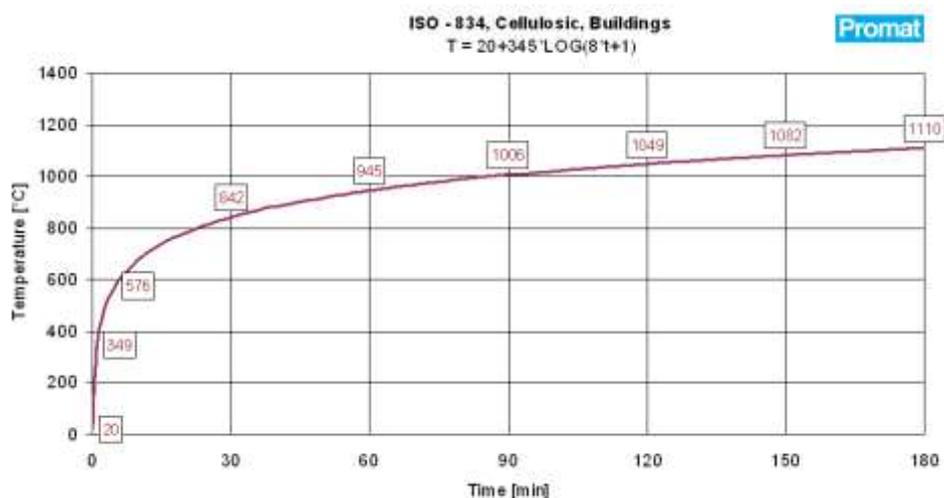
A primeira definição de 600°C tem sido amplamente utilizada como indicação do início do *flashover*, embora muitos pesquisadores preferem considerar uma mudança de temperatura de 600°C como indicador de *flashover*. O presente estudo considera o início do *flashover* para acelerar quando a temperatura média do gás da camada superior atingir 600°C (JANSSENS, 2000).

Figura 3.5. Curva de incêndio padrão X curva de incêndio real.



Fonte: (FRANTISEK WALD, 2009).

Figura 3.6. Curva do Incêndio Padrão – Celulósico – pela ISO 834.



Fonte: PROMAT – Divisão de Proteção Contra o Fogo.

Etapa V: Extinção

Na medida em que o fogo vai se alastrando por todas as regiões do corpo polimérico, as quantidades de material combustível e de oxigênio (caso o sistema seja fechado) vão diminuindo até um ponto em que o calor gerado pelas reações de combustão não é mais suficiente para sustentar o mecanismo de retroalimentação térmica. O processo da queima entra então no seu estágio de extinção. O principal fator que afeta esta etapa é o índice de oxigênio do material polimérico (GALLO E AGNELLI, 1998).

3.4. A toxicidade da fumaça

A toxicidade da fumaça irá depender das substâncias gasosas que a compõe. A fumaça é a mistura de gases e partículas em suspensão resultantes da queima de qualquer combustível. A produção de fumaça depende de dois processos: pirólise e oxidação. A pirólise é o fenômeno de liberação de elementos do combustível causada exclusivamente pela ação do calor, através do derretimento ou fervura. A oxidação é o processo em que o oxigênio reage quimicamente com moléculas do combustível quebrando-as em compostos menores que resultam na produção de luz e calor.

Em geral, os produtos resultantes da oxidação são o monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂) e dióxido de enxofre (SO₂), além do carbono elementar. A predominância de um ou outro processo, além da temperatura, ventilação, e do tipo de material queimado no ambiente levam à produção de uma grande quantidade de elementos constituintes da fumaça, cada qual com sua toxicidade e mecanismo de lesão peculiar (SOUZA, JARDIM, SALGE, CARVALHO, 2004).

Os produtos resultantes da queima, com a dispersão e decomposição podem incluir os seguintes materiais: óxidos metálicos, óxidos nítricos (ficha técnica BASF – Suvinil) e acroleína, amônia, brometo de hidrogênio, cianeto de hidrogênio, dióxido de carbono, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, fosgênio, fluoreto de hidrogênio, gás clorídrico, gás sulfídrico, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, sulfeto de hidrogênio e formaldeídos (Norma de Engenharia Naval - NES 713/13).

a) monóxido de carbono - CO: é encontrado em todos os incêndios e é resultado da combustão incompleta dos materiais combustíveis a base de carbono, como a madeira, tecidos, plásticos, líquidos inflamáveis, gases combustíveis, etc.

O efeito tóxico deste gás é a asfixia, pois ele substitui o oxigênio no processo de oxigenação do cérebro efetuado pela hemoglobina. A hemoglobina é o componente do sangue responsável pela oxigenação das células do corpo humano e de fixar o oxigênio no pulmão formando o composto denominado oxihemoglobina (SEITO; GIL; PANNONI; ONO; SILVA; CARLO; SILVA e PIGNATTA, 2008).

Quando o oxigênio é substituído pelo monóxido de carbono, o composto formado é o carboxihemoglobina que provoca a asfixia do cérebro pela falta de oxigênio. Esse é um processo reversível, porém lento, portanto, quando as pessoas forem afetadas por este gás é fundamental que elas recebam muito oxigênio e fiquem em repouso. A anóxia produzida pelo monóxido de carbono não cessa pela respiração do ar fresco, como no caso dos asfixiantes simples. Após moderado grau de exposição, somente em torno de 50% do monóxido de carbono inalado é eliminado na primeira hora em circunstâncias ordinárias e sua eliminação completa leva algumas horas quando se respira ar fresco. A concentração máxima de monóxido de carbono que uma pessoa pode se expor sem sentir seu efeito é de 50 ppm (parte por milhão) ou 0,005%, em volume no ar. Acima deste nível aparecem sintomas como dor de cabeça, fadiga e tonturas (SEITO, A. I; GIL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; CARLO, U. D.; SILVA e PIGNATTA, V., 2008).

Em exposições de 10 ppm ou 0,001%, em volume de ar, não são evidenciados efeitos aparentes; com 20 ppm ou 0,002%, começa um aumento seletivo do fluxo sanguíneo para os órgãos vitais, que irão compensar a redução no transporte de oxigênio; com 50 ppm ou 0,005%, ocorrem alterações no sistema nervoso central, com a diminuição da percepção visual e do tempo; a partir de 100 ppm ou 0,010%, em volume de ar, aparecem alterações cardíacas, funcionais e cefaleia; de 250 a 500 ppm ou 0,025% a 0,050% são evidenciados: náuseas, vômitos, diminuição da destreza manual e com o volume de 1000 ppm ou 0,100% teremos: síncope, convulsões, coma, insuficiência cardiorrespiratória e morte por choque (MENDES, R., 2007).

b) Gás Carbônico – CO₂: é encontrado também em todos os incêndios e é resultado da combustão completa dos materiais combustíveis à base de carbono. A toxicidade do gás carbônico é discutível. Algumas publicações não o citam como gás tóxico dizem que o mal-estar é devido à diminuição da concentração de oxigênio pela presença dele no ambiente, enquanto outras dizem ser tóxico. Entretanto, como efeito nas pessoas que inalam o gás carbônico foi

verificado que a respiração é estimulada, os pulmões dilatam-se e aumenta a aceleração cardíaca. O estímulo é pronunciado na concentração de 5% e após a exposição de 30 minutos, produzem sinais de intoxicação; acima de 7% ocorre a inconsciência pela exposição de alguns minutos. O limite tolerável pelas pessoas é em torno de 5.000 ppm ou 0,5% em volume no ar (SEITO, A. I; GIL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; CARLO, U. D.; SILVA e PIGNATTA, V., 2008).

O Dióxido de Carbono é um asfixiante simples, no entanto em concentrações menores, produz efeitos como estímulo da respiração e depressão com excitação do sistema nervoso central. Existem vários relatos de acidentes fatais com indivíduos que adentraram em áreas com altos teores deste gás (em tonéis de fermentação, poços e silos). A exposição a atmosferas de 200.000 a 300.000 ppm ou de 20 a 30% em volume no ar, resultam em convulsões e inconsciência, após um minuto e 120.000 ppm ou 12% em volume no ar, resulta em inconsciência, após oito minutos a vinte e três minutos (MENDES, R., 2007).

Os sintomas neurológicos como agitação psicomotora, contrações mioclônicas e tremores nos olhos, aparecem após um minuto e meio em níveis de 100.000 a 150.000 ppm ou de 10 a 15% de concentração no ar. A inalação de 60.000 a 100.000 ppm pode produzir dispneia, cefaleia, tonturas, sudorese, inquietação, parestesias e uma sensação de desconforto generalizado. Já a exposição a 50.000 ppm ou 5% de volume no ar, produz aumento da frequência respiratória sem dispneia. Após várias horas de exposição a 20.000 ppm ou 2% de volume no ar, existem relatos de cefaleia e dispneia aos menores esforços (MENDES, R., 2007).

c) gás cianídrico, cianeto ou cianureto de hidrogênio - HCN: é produzido quando materiais que contém nitrogênio em sua estrutura molecular sofrem a decomposição térmica. Materiais mais comuns que produzem o gás cianídrico na sua queima são: seda, náilon, orlon, poliuretano, uréia-formoldeido, acrilonitrila, butadieno e estireno. O gás cianídrico e outros compostos cianógenos bloqueiam a atividade de todas as formas de seres vivos. Eles exercem uma ação inibidora de oxigenação nas células vivas do corpo (SEITO, A. I; GIL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; CARLO, U. D.; SILVA e PIGNATTA, V., 2008).

O cianeto de hidrogênio (HCN) é um composto extremamente volátil, que, em ocasiões de incêndios, é formado através da combustão incompleta de material carbonáceo e nitrogenado — algodão, seda, madeira, papel, plásticos, esponjas, acrílicos e polímeros sintéticos em geral. Além disso, a reciclagem de produtos da pirólise dentro de espaços fechados aumenta a taxa de formação de HCN, e a pouca ventilação do ambiente pode elevá-la em até 10 vezes. O HCN é

notável por sua habilidade de ligar-se a íons de ferro, sendo carregado pela corrente sanguínea através das hemácias (ANTONIO, CASTRO E FREIRE, 2013).

d) gás clorídrico - HCl: é um gás da família dos halogenados; os outros são HBr (gás bromídrico), HF (gás fluorídrico) e HI (gás iodídrico). O cloro é o halogênio utilizado para inibir o fogo nos materiais sintéticos, sendo comum encontrá-lo nas estruturas dos diversos materiais de construção que sejam feitos de PVC - cloreto de polivinil. Seu efeito é lesar a mucosa do aparelho respiratório, em forma de ácido clorídrico (gás clorídrico + umidade da mucosa), provocando irritação quando a concentração é pequena, tosse e ânsia de vômito em concentrações maiores e finalmente lesão seguido de infecção (SEITO, A. I; GIL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; CARLO, U. D.; SILVA e PIGNATTA, V., 2008).

e) óxidos de nitrogênio - NOx: uma grande variedade de óxidos, óxi-ácidos e óxi-anions, correspondentes aos estados de oxidação do nitrogênio de +1 a +5, pode ser formada num incêndio. As suas formas mais comuns são: monóxido de dinitrogênio (N_2O); óxido de nitrogênio (NO); dióxido de nitrogênio (NO_2) e tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4). O óxido de nitrogênio não é encontrado livre na atmosfera porque é muito reativo com o oxigênio formando o dióxido de nitrogênio. Esses componentes são bastante irritantes inicialmente; em seguida, tornam-se anestésicos e atacam particularmente o aparelho respiratório, onde forma os ácidos nitroso e nítrico, em contato com a umidade da mucosa. Esses óxidos são produzidos, principalmente, pela queima de nitrato de celulose e decomposição dos nitratos inorgânicos (SEITO, A. I; GIL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; CARLO, U. D.; SILVA e PIGNATTA, V., 2008).

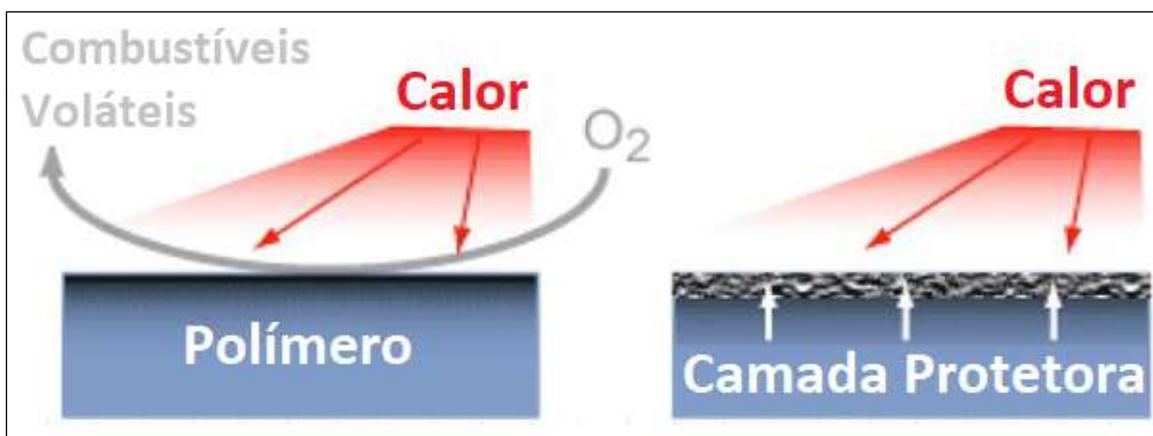
f) gás sulfídrico - H_2S : é um gás muito comum no incêndio e é produzido na queima de madeira, alimentos, gorduras e produtos que contenham enxofre. Seu efeito tóxico sobre o homem é a paralisação do sistema respiratório e dano ao sistema nervoso (SEITO, A. I; GIL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; CARLO, U. D.; SILVA e PIGNATTA, V., 2008).

3.5. Ignifugação química e agentes retardantes de chama

As ignifugações químicas e as pinturas intumescentes são agentes inibidores das propagações que visam atuar no começo do fogo. Para os produtos ignifugantes que são doadores de ácidos não-halogenados e que possuem a função de fazer isolamentos térmicos que trabalham para o impedimento da transferência do calor, com atenuações temporárias e previstas, aos materiais assim protegidos por estes componentes antifogo, aplicados aos: adesivos, plásticos, polipropileno, madeiras, tecidos e espumas.

A atuação dos retardantes de chamas consiste em interferir quimicamente no mecanismo de propagação da chama. Isso pode ocorrer por duas formas: gerando gases incombustíveis que reduzem o suprimento de oxigênio ou formando uma camada protetora que diminui a superfície de contato do combustível com o comburente (MARTINS, MARTINELLO, POLLA, FERNANDES, DOMINGUINI, FIORI, 2011), ver figura 3.7.

Figura 3.7. Fluxo da troca gasosa para o mecanismo de propagação da chama.



Fonte: (MARTINS; MARTINELLO; POLLA; FERNANDES; DOMINGUINI; FIORI, 2011).

Retardantes de chama podem formar uma camada de “carvão” na superfície do plástico. Isso pode ocorrer pela ação de desidratação, gerando ligações duplas no polímero, levando a reticulações na superfície. Tais retardantes podem ser inseridos em materiais poliméricos diversos, entre eles o polipropileno (PP - ponto de amolecimento $\approx 165^{\circ}\text{C}$). Embora seja um termoplástico de grande importância, tem baixíssima resistência às chamas (JONNA; LYONS, 2005).

Existem diversas maneiras de reduzir a inflamabilidade dos polímeros podem ser agrupadas de modo geral nas seguintes categorias:

- Uso de agentes retardantes de chama reativos, (modificação química dos polímeros);
- Uso de agentes retardantes de chama aditivos;
- Aplicação de revestimentos antichama e
- Combinação de vários métodos.

Cada sistema cada sistema polimérico poderá exigir soluções diferentes, dependendo dos requisitos particulares quanto à prevenção de incêndio de cada situação.

A modificação química de polímeros é bastante utilizada nos dias de hoje. Ela consiste na introdução de determinados grupamentos químico, (denominados *Retardantes de Chama Reativos*), diretamente nas macromoléculas durante a síntese das mesmas. Esta técnica

apresenta vantagens quanto à estabilidade dos sistemas poliméricos resultantes, uma vez que a incorporação química dos grupamentos retardantes de chama nas cadeias poliméricas os previne de serem eliminados, tornando sua ação mais consistente e duradoura (GALLO e AGNELLI, 1998).

O desenvolvimento de materiais poliméricos retardantes às chamas tem sido reconhecido como um assunto importante e cada vez mais atual, de forma que há espaço para desenvolvimentos científicos e tecnológicos motivados pelas pressões sociológicas e legislativas (LEVIN; ATLAS; PEARCE, 1978).

Os mecanismo e considerações estruturais para retardadores de chama celulósicos podem operados através de um dos dois mecanismos básicos, em fase sólida ou vapor inibição em fase de chama. Os halogéneos são agentes retardadores de chama eficientes para a celulose e outros polímeros e atuam principalmente na fase de vapor, através da inibição de radicais livres. Examinaram a pirólise da madeira bromado, em pormenor, por meio de análise térmica química espectroscópica e determinada e, também, os produtos de pirólise (LEVIN; ATLAS; PEARCE, 1978).

Um retardante de chama deve inibir ou suprimir o processo de combustão. Dependendo de sua natureza, um retardante de chama pode atuar fisicamente, quimicamente, ou de ambas as formas nas fases sólida, líquida ou gasosa; interferindo com uma etapa particular do processo de queima (LAOUTID, F.; BONNAUD, L.; ALEXANDRE, M.; LOPEZ-CUESTA, J. M, 2009).

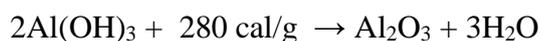
A) Aditivos Retardantes

O uso dos chamados aditivos retardantes como o Hidróxido de Alumínio, Boratos, Fosfatos, Halogenados, Trióxido de Antimônio, Hidróxido de Magnésio podem ser agregados aos polímeros.

A ação de algum destes retardantes de chama, serão apresentados a seguir:

Hidróxido de Alumínio, $\text{Al}(\text{OH})_3$ ou Alumina Tri Hidratada, (ATH)

Quando em processo de aquecimento, um composto polimérico que contém o hidróxido atinge temperaturas da ordem de 230°C , tem início a seguinte reação de desidratação:



A taxa de decomposição máxima ocorre entre 300 e 350 °C, intervalo que coincide com as temperaturas de pirólise da maior parte dos polímeros de uso comum (ver Tabela 3.1).

Além disso, a cinética desta reação é de tal modo favorável, que o fluxo de calor retirado do substrato atinge a mesma ordem de magnitude do fluxo de calor observado entre as zonas de queima gasosa e de pirólise para boa parte dos polímeros de uso comum. Portanto, durante sua decomposição térmica, o hidróxido de alumínio absorve parte do calor de combustão que retorna para o substrato, oriundo da zona de queima gasosa, atenuando desta maneira o fenômeno da retroalimentação térmica. Assim a superfície do substrato é resfriada, e conseqüentemente, ocorre redução da taxa de aquecimento e pirólise. Embora o mecanismo de absorção sacrificial de calor seja reconhecidamente o principal modo de atuação do ATH como retardante de chama, os seguintes outros mecanismos também apresentam contribuição significativa: O grande volume de água liberada e o óxido refratário Al_2O_3 , que se forma na superfície do substrato, atua como uma camada protetora, isolante térmica, reduzindo ainda mais a troca de calor entre a zona de queima gasosa e a superfície do polímero (LAOUTID, F.; BONNAUD, L.; ALEXANDRE, M.; LOPEZ-CUESTA, J. M, 2009).

A ação combinada destes processos resulta em basicamente duas formas de atuação, com impacto direto sobre o curso da queima:

- Retirada de calor, inibindo as etapas de aquecimento e pirólise e
- Retirada de Oxigênio, inibindo as reações de pirólise e ignição.

B) Boratos

Os boratos são usados especialmente como auxiliares de outros retardantes de chama, devido a seu efeito sinérgico. Possuem baixa eficiência quando usados isoladamente. As formas de uso mais comuns são o pentahidrato, o decahidrato, o ácido bórico e o borato de zinco. Durante a etapa de aquecimento, estes compostos fundem-se, formando uma camada de borax sobre o substrato, que isola a zona de pirólise da zona de queima gasosa, inibindo o mecanismo da retroalimentação térmica. Como agentes sinérgicos, os compostos de boro são menos efetivos que o trióxido de antimônio, mas são muito mais baratos, de modo que podem substituir o trióxido totalmente ou em parte, nas combinações com retardantes halogenados. O tipo de composto de boro a ser usado depende do sistema polimérico em questão. Por exemplo, em PVC rígido, o borato de zinco pode ser usado como substituto total ou parcial do trióxido de antimônio. Quando o borato de zinco é usado em conjunto com ATH em PVC, há uma sinergia altamente

positiva tanto na retardância de chama quanto na emissão de fumaça (LAOUTID, F.; BONNAUD, L.; ALEXANDRE, M.; LOPEZ-CUESTA, J. M, 2009).

C) Retardantes de chama

Entre os retardantes de chama inda destacam-se: os fosfatos, os halogenados, Trióxido de Antimônio e o Hidróxido de Magnésio Este composto tem um efeito de retardância de chama similar ao do $\text{Al}(\text{OH})_3$, mas apresenta temperatura de decomposição mais elevada, (300 °C). Por apresentar custo elevado é usado normalmente, apenas nos polímeros que apresentam temperaturas de processamento acima da temperatura de decomposição térmica do ATH.

Os retardantes de chama que agem quimicamente interrompem a ação dos radicais livres, porque reagem com eles gerando outras substâncias menos energéticas, que são incapazes de desencadear as reações de combustão. Porquanto, tais agentes inibem apenas a etapa da ignição, sem afetar os processos de pirólise, que continuam a gerar gases tóxicos e fuligem enquanto houver calor suficiente disponível. Consequentemente, a utilização de retardantes de chama quimicamente ativos resulta invariavelmente no efeito colateral de aumento na emissão de fumaça e gases tóxicos. Este é por exemplo, o caso dos retardantes de chama halogenados, principalmente quando utilizados em conjunto com trióxido de antimônio (LAOUTID, F.; BONNAUD, L.; ALEXANDRE, M.; LOPEZ-CUESTA, J. M, 2009).

A utilização de retardantes de chama de ação física, como os hidróxidos de alumínio e de magnésio e alguns compostos de boro e fósforo, não provoca o referido efeito colateral pelo fato de tais agentes atuarem primariamente na redução das taxas de pirólise, interrompendo desta forma o processo de geração do fogo, simultaneamente aos processos de geração de fuligem e de substâncias voláteis tóxicas ou inflamáveis. Por outro lado, verifica-se que exatamente por atuarem diretamente sobre o mecanismo de radicais livres, que sustenta a combustão, os retardantes de chama de ação química são mais eficientes em reduzir a inflamabilidade dos materiais, podendo ser dosados em quantidades que normalmente não prejudicam as propriedades mecânicas e elétricas dos polímeros, fatores que muitas vezes são comprometidos pelo uso de retardantes de chama de ação física (LAOUTID, F.; BONNAUD, L.; ALEXANDRE, M.; LOPEZ-CUESTA, J. M, 2009).

3.6. Exigências e normas para edificações

Estes componentes químicos de atenuação do fogo são testados em laboratório acreditados e certificados, com o rigor de normativas técnicas brasileiras, europeias e norte-americanas. Isto para efetivar o compromisso tão importante destes agentes de ação antifogo.

O controle de materiais de acabamento e revestimento – CMAR, citado em instruções técnica ou regulamentos técnicos dos bombeiros, indicam os caminhos que favorecem a compreensão técnica e prática da norma técnica brasileira. São ressaltadas as devidas certificações e tratamentos antifogo: para as tapeçarias, carpetes, revestimentos, espumas acústicas e demais itens de decoração empregados nas obras existentes ou a construir da engenharia da construção civil brasileira.

Estabelecer as condições a serem atendidas pelos materiais de acabamento e de revestimento empregados nas edificações, para que, na ocorrência de incêndio, sejam atenuadas as propagação de fogo e o desenvolvimento da fumaça são exigências legais, dispostas no Decreto Estadual nº 56.819, (SÃO PAULO, 2011), que regula a segurança contra incêndio nas edificações e áreas de risco e nos remete aos embasamentos das instruções técnicas e, em especial, à Instrução Técnica nº 10 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo que versa sobre o controle de materiais de acabamento e de revestimento (CBMSP, 2011).

Como conceito, a instrução técnica nº. 10 exemplifica o entendimento para materiais de revestimento, materiais de acabamento e materiais termo acústicos.

Materiais de revestimento: todo material ou conjunto de materiais empregados nas superfícies dos elementos construtivos das edificações, tanto nos ambientes internos como nos externos, com finalidades de atribuir características estéticas, de conforto, de durabilidade etc. Incluem-se como material de revestimento: os pisos, forros e as proteções térmicas dos elementos estruturais (CBMSP, 2011).

Materiais de acabamento: todo material ou conjunto de materiais utilizados como arremates entre elementos construtivos (rodapés, mata-juntas e golas.).

Materiais termo acústicos: todo material ou conjunto de materiais utilizados para isolamento térmica e/ou acústica. Controle de materiais de acabamento e de revestimento (CMAR).

O CMAR empregado nas edificações destina-se a estabelecer padrões para o não surgimento de condições propícias do crescimento e da propagação de incêndios, bem como da geração de fumaça (CBMSP, 2011).

Deve ser exigido o CMAR, em razão da ocupação da edificação, e em função da posição dos materiais de acabamento, materiais de revestimento e materiais termo-acústicos, visando:

- Piso;
- Paredes/divisórias;
- Teto/forro;
- Cobertura.

As exigências quanto às utilizações dos materiais serão requeridas conforme a classificação dos materiais a serem utilizados, considerando o grupo e a divisão da ocupação em uso, sempre levando em consideração a avaliação pontual em função da finalidade do material acabamento empregado (CBMSP, 2011).

Os métodos de ensaio que devem ser utilizados para classificar os materiais com relação ao seu comportamento frente ao fogo (reação ao fogo) seguirão os padrões de referências.

O CMAR não será exigido nas edificações com área menor ou igual a 750 m² e altura menor ou igual a 12 metros nos correspondentes a cada ambiente, ou em notas específicas, as classes dos materiais de piso, parede e teto (CBMSP, 2011).

A responsabilidade do controle de materiais de acabamento e de revestimento nas áreas comuns e locais de reunião de público deve ser do responsável técnico, sendo a manutenção destes materiais de responsabilidade do proprietário ou responsável pelo uso da edificação.

Na solicitação da vistoria técnica deve ser apresentada a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do Emprego de Materiais de Acabamento e de Revestimento.

O mesmo procedimento se aplica aos materiais que por ocasião da vistoria de renovação do AVCB – Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros ou Alvará, não existiam na vistoria anterior.

Quando o material empregado for incombustível (classe I), não haverá necessidade de apresentar Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do Emprego de Materiais de Acabamento e de Revestimento.

Os ensaios para classificação dos materiais devem considerar a maneira como são aplicados na edificação e o relatório conclusivo deve reproduzir os resultados obtidos.

Caso o material seja aplicado sobre substrato combustível, este deve ser incluído no ensaio. Caso o material seja aplicado a um substrato incombustível, o ensaio pode ser realizado utilizando-se substrato de placas de fibrocimento com 6 mm de espessura (CBMSP, 2011).

A Lei nº. 13.425, de 30 de março de 2017, estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público e dita regramentos gerais e ações complementares sobre prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público.

Caracteriza-se a prevenção de incêndios e desastres como condição para a execução de projetos artísticos, culturais, esportivos, científicos e outros que envolvam incentivos fiscais da União e prevê responsabilidades para os órgãos de fiscalização do exercício das profissões das áreas de engenharia e de arquitetura, na forma que especifica quanto a seu emprego e utilização.

A Lei Complementar nº 14.376 (RIO GRANDE DO SUL, 2013) versa sobre as medidas de segurança contra incêndio nas edificações e áreas de risco de incêndio onde serão dotadas das seguintes medidas de segurança, que serão fiscalizadas pelo corpo de bombeiros militar do Estado do Rio Grande do Sul:

- Restrição ao surgimento e propagação de incêndio;
- Resistência ao fogo dos elementos de construção;
- Controle de materiais de acabamento;
- Detecção e alarme;
- Saídas de emergência, sinalização, iluminação e escape;
- Separação entre edificações e acesso para as operações de socorro;
- Equipamentos de controle e extinção do fogo;
- Proteção estrutural em situações de incêndio e sinistro;
- Administração da segurança contra incêndio e sinistro;
- Extinção de incêndio;
- Controle de fumaça ou gases;
- Controle de explosões.

Na Lei Complementar nº 420 (PORTO ALEGRE, 1998), que estabelece o Código de Proteção Contra Incêndio de Porto Alegre para os materiais de construção, devem ser utilizados materiais resistentes ao fogo ou auto-extinguíveis, em divisórias, revestimentos e acabamentos nas edificações classificadas como B (quando com altura superior a 6 m), C, E (quando com altura superior a 6 metros), F-5, F-6, G-3, H-2, H-3, H-5 e incluem-se nesta proibição as áreas de uso comum das edificações classificadas como:

- I – D, quando com altura superior a 6 m, sem entre piso de concreto armado, ou com escadas de estrutura não resistente ao fogo;
- II – D, quando com altura superior a 12 m;
- III – edificações em geral com altura superior a 30 m.

Fica admitida a utilização de materiais não resistentes ao fogo em divisórias, revestimentos e acabamentos, desde que tratados com produtos antifogo.

No Brasil, este conhecimento é recente, mas com as cobranças em Leis de Incêndio dos Estados e Municípios, com a crescente utilização de novos produtos de acabamento e revestimentos e as exigências de responsabilidades técnicas frente aos profissionais de arquitetura e engenharia e também por parte dos administradores de empresa, estes conceitos técnicos de proteção contra incêndio em todos os materiais de acabamento tendem a ser uma vertente latente.

Além de tratar materiais já comercializados no mercado da construção com quesitos obrigatórios para a obtenção de alvarás de proteção contra incêndios para as edificações, comerciais e industriais.

É necessário compreender que tudo isto que está sendo proposto para a aplicação da proteção passiva é um paliativo, pois o que se está conduzindo no Brasil é para o caminho das certificações dos materiais já quando liberados das indústrias, pois as notórias especificações técnicas com tratamento anti-chama, já deverão ser incorporadas aos materiais, testados, aprovados e certificados antes das suas produções em massa.

Para que um material de acabamento ou revestimento para paredes ou piso sejam classificados como anti-chama, ele precisa ser testado por uma empresa ou organização certificada e acreditada para tal fim. Devem seguir e atender a um conjunto de normas técnicas nacionais e internacionais que deverão se cruzar para estabelecerem um paralelo único, de condições favoráveis aos quesitos antifogo, supracitadas na Instrução Técnica – 10 que trata sobre materiais de acabamento e revestimento do Corpo de Bombeiros de São Paulo que é usada como referência obrigatória expedida por Lei Federal Brasileira (Lei 13.425 - Brasília).

Para materiais de acabamento e revestimento usados em paredes e divisórias, tetos e forros deverão seguir e serem aprovados pelas seguintes normas em concomitância: ISO 1182 - *Buildings materials – non – combustibility test*; NBR 9442 – Materiais de construção - determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante -

método de ensaio e ASTM E 662 - *Standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials* (CBMSP, 2011).

Para os materiais de acabamento e revestimentos usados em piso, estes deverão seguir as normas em sintonia e paralelo: ISO 1182 - *Buildings materials – non – combustibility test*; NBR 8660 – Revestimento de piso - determinação da densidade crítica de fluxo de energia térmica – método de ensaio; ISO 11925-2 – *Reaction to fire tests – Ignitability of building products subjected to direct impingement of flame – Part 2: Single-flame source test* e ASTM E 6622 – *Standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials* (CBMSP, 2011).

Para materiais especial de acabamento e revestimento deverão seguir em concomitância as normas: ISO 1182 - *Buildings materials – non – combustibility test*; EN 13823 (SBI) – *Reaction to fire tests for building products – Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item* e ISO 11925-2 – *Reaction to fire tests – Ignitability of building products subjected to direct impingement of flame – Part 2: Single-flame source test* (CBMSP, 2011).

Todos estes parâmetros normativos e técnicos estão em vigor, há muitos anos atrás, nos Estados Unidos e Europa. No Brasil começa agora, com os materiais de acabamento e revestimento, sendo exigidos os laudos de ensaios de flamabilidade que já eram obrigatórios para os seguimentos da aviação e automobilísticos, para a construção civil ainda segue em construção e conscientização dos fabricantes, fornecedores e consumidores finais.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Materiais

Para o desenvolvimento deste trabalho foram selecionadas três tintas comerciais, denominadas A, B e C, utilizadas para acabamento na construção civil. Optou-se por tintas acrílicas sem pigmentação colorida e à base d'água. Tintas acrílicas possuem a seguinte composição básica de resina de **Poliacrilato de butila** estando em solução aquosa, cargas minerais inertes, aditivos, álcoois e tensoativos. A tabela 4.1, apresenta as composições e as propriedades físico-químicas das amostras de tintas, segundo a FISPQ - fichas de segurança do produto químico – disponibilizadas pelos fabricantes na INTERNET.

Tabela 4.1. Composições químicas e propriedades físico-químicas das tintas A, B e C.

Composição das Amostras (%)	A (*)	B (**)	C (***)
Amônia, solução aquosa a 25%	0,1 - < 1,0		
Dióxido de titânio	10 - < 30	15 - < 20	
2-fenoxietanol			1 - < 2
Caolin		5 - < 7	
Carbonato de cálcio natural	7 - < 13		
Dietileno glicol monobutil éter	0,5 - < 1,5		
Dimetiloluréia	< 0,1		
Diuron			0 - < 0,1
Etanol	0,1 - < 1,0		
Etileno glicol	0,5 - < 1,5		
5-cloro-2-metil-2H-isotiazole-3-ona 2-octil-2H-isotiazole-3-ona (3:1)			0 - < 0,1
2-amino 2-etil metil 1-propano	0,1 - < 1,0		
Óxido de zinco		0,1 - < 0,2	
Propanol	0,1 - 1,0		
Zinco em pó (estabilizado)		0,1 - 0,2	
pH	8,7 - 9,2	8 (*)	9
Massa específica	1,224 - 1,284 g/cm ³	1,24 g/cm ³	1,24 g/cm ³
Viscosidade	763 - 942 cSt	864 cSt	864 cSt
Ponto de fulgor	100°C	95°C	100°C

Fontes: as fontes foram preservadas e (*) (medição com pHmetro).

O pH da tinta B, foi medido em um pHmetro da Marca Digimed, Modelo: DM-20, série: 32124, por não estar indicado na FISPQ. Este equipamento utiliza o método potenciométrico

para determinação do pH. Foram utilizados os padrões de auto teste para validar a calibração antes da medição.

4.2. Preparação das Amostras e Seleção dos Filmes de Tintas

As amostras foram preparadas conforme recomendação dos fabricantes das tintas para aplicação em paredes e tetos, excluindo-se a adição de 20% de água, para garantir um filme mais espesso. Foram aplicadas três camadas sobre uma superfície plana com pincel, recoberta com filme em PVC, utilizado como substrato. As amostras foram curadas no período de 24 h para a aplicação entre as demãos, período superior recomendado pelo fabricante que é de 4 horas. Depois de secos, os filmes de tinta foram retirados do substrato, pesados, identificados e armazenados dentro de envelopes de papel em lugar seco, com temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa $50 \% \pm 5 \%$.

A dificuldade inicial foi encontrar um substrato adequado para a aplicação das camadas de tinta que permitisse uma fácil retirada do filme, após a secagem. Para tal, foram testados vários materiais como os filmes de PVC de aproximadamente 0,9 e 1,8 mm de espessura, papel celofane e papel vegetal. O melhor resultado foi o filme plástico de PVC, transparente, com espessura de 1,8 mm (PVC - 1,8), que permitiu uma fácil descolagem do filme de tinta, após a cura. A figura 4.1 mostra o filme de tinta, plano e liso, produzido sobre o substrato de PVC - 1,8 mm.

Figura 4.1. Filme de tinta resultante de três aplicações produzido sobre o substrato de PVC 1,8 mm, utilizado para os testes.



Fonte: o Autor.

O substrato de PVC com espessura inferior a 1,8 mm não teve um desempenho aceitável para a produção do filme de tinta, pois oportunizou o enrugamento das camadas durante a aplicação da tinta. De modo semelhante, o papel celofane utilizado como substrato provocou o enrugamento, porém já a partir da primeira de mão de tinta. A figura 4.2 mostra imagens dos filmes de tinta produzidos com substrato de PVC < 1,8 mm (a) e com papel celofane (b).

Figura 4.2. Filme resultante de três aplicações de tinta mostrando enrugamento: (a) produzido sobre o substrato de PVC < 1,8 mm e (b) produzido sobre com papel celofane.



Fonte: o Autor.

Durante os testes para a escolha do substrato mais adequado para a obtenção dos filmes de tinta, o papel vegetal foi bastante efetivo, pois não provocou enrugamento do filme, nem durante aplicação das três camadas e nem durante a cura, porém dificultou a retirada do mesmo. A figura 4.3 mostra o filme de tinta danificado, após a retirada do papel vegetal com água e escovação.

Figura 4.3. Filme de tinta danificado, após a retirada do substrato de papel vegetal.



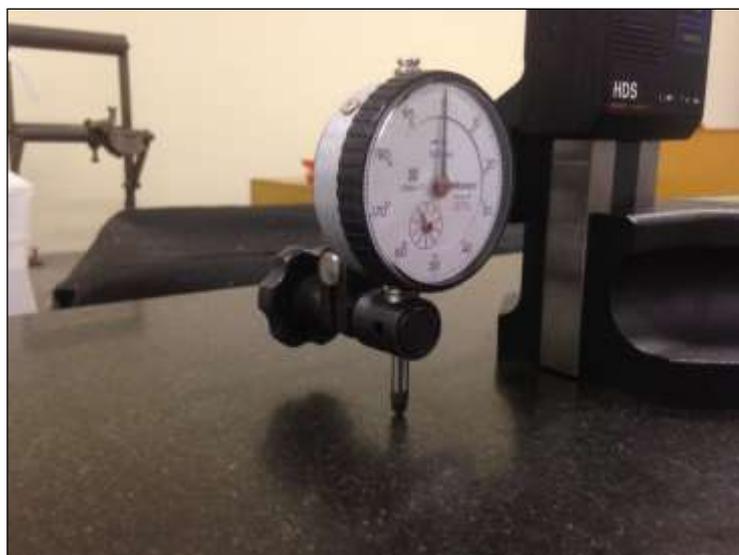
Fonte: o Autor.

4.3. Massa e Massa Específica

As espessuras dos filmes das tintas A, B e C foram medidas em três pontos de amostragem para cada lâmina de filme, nas extremidades, no meio e no centro. As medições foram executadas no Laboratório de Metrologia da Faculdade de Engenharia da PUCRS.

Para tal, foi utilizado um relógio comparador (Mitutoyo® - cód. 20465 – serial TTK363 – Fab. 2017 com certificado 4188757275), acoplado a um altímetro (Mitutoyo®, cód. 570-241 – série 0000345 HDS – certificado 0325 com Base Rahn) e o desempenho de granito – Din. 300mm x 450mm – classe I – serial 14.873, ver figura 4.4.

Figura 4.4. Altímetro com relógio comparador sobre o desempenho de granito utilizados para medição de espessura dos filmes de tinta.



Fonte: o Autor.

Para a determinação da densidade dos filmes “secos” das tintas A, B e C foi utilizada uma balança analítica (FA2104N – 210g x 0,0001g – BIOPRECISA) do Laboratório de Processos Ambientais – LAPA da PUCRS e vidros de relógios. Este procedimento foi necessário para a avaliação dos teores de sólidos antes e após a queima. As fichas técnicas disponibilizadas pelos fabricantes, na internet (FISPO), apresentam apenas as densidades das tintas em soluções líquidas.

Para a obtenção da densidade da tinta seca (após a cura de 24h), uma massa de tinta foi pesada antes e após a cura. A massa específica indicada na tabela 4.1 foi utilizada para o cálculo da massa específica da tinta seca.

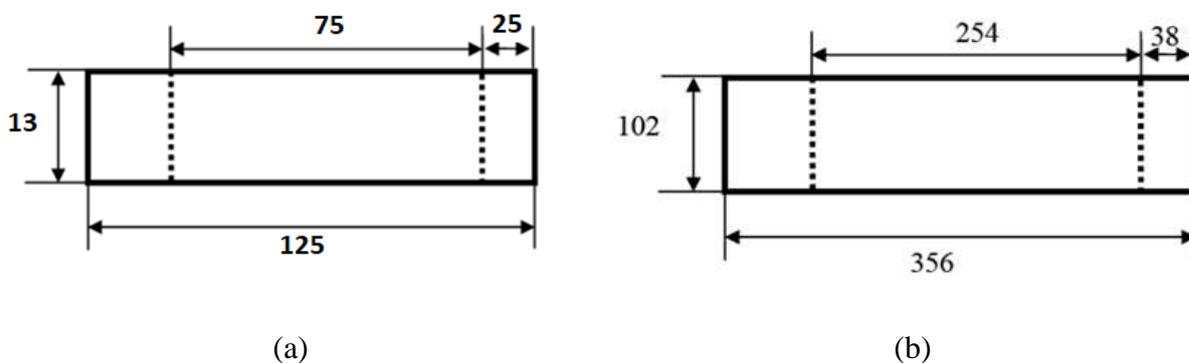
4.4. Testes de Flamabilidade

Para avaliar a capacidade das tintas A, B e C, em propagar a chama na mesma direção, na qual ocorre a sua inicialização, foram os testes de flamabilidade segundo as normas: UL 94/01, publicada na *Underwriters Laboratories*, entidade privada responsável pela normalização de produtos e materiais nos EUA e a brasileira NBR 14892/02.

Foram preparadas quinze amostras, cortadas dos filmes das tintas A, B e C para os ensaios de flamabilidade, sendo cinco utilizadas para o ensaio pela norma NBR 14892/02 e dez amostras para o ensaio da norma UL-94. As amostras foram dimensionadas e classificadas conforme solicitação das normas.

Durante o ensaio as extremidades das amostras receberam marcações. Nos ensaios com a UL 94 as amostras foram marcadas em 25 mm a partir da extremidade inferior e, para os ensaios com a NBR 14892/02 em 38 mm a partir da extremidade direita, conforme mostra a Figura 4.5

Figura 4.5. Dimensões padrão (em mm) para amostras para teste flamabilidade: (a) pela UL 94/01 e (b) pela NBR 14.892/02.



Fontes: UL 94/01 (a) e NBR 14.892/02 (b).

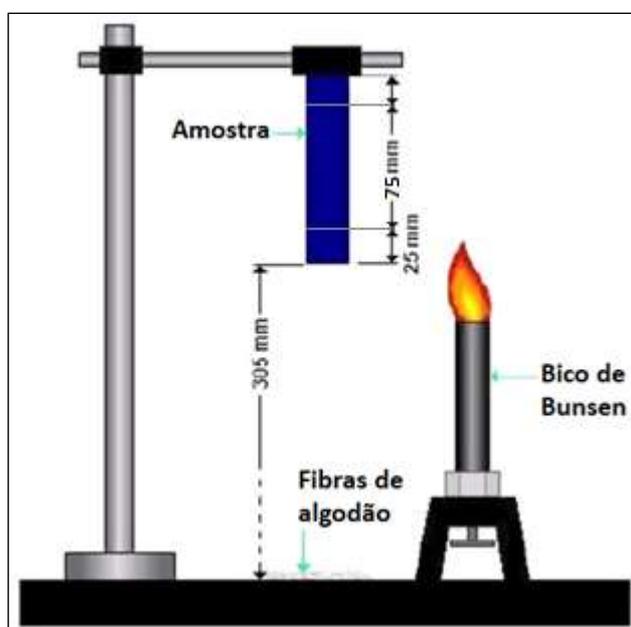
Para iniciar o ensaio, o filme é preso conforme no sistema de ensaio ilustrado na figura 4.6 para a norma a UL-94/01 e na figura 4.7 para a NBR 14892/02.

4.4.1. Ensaio de Flamabilidade para a UL-94

Existem dois métodos de ensaio de flamabilidade pela norma UL-94, o método A e o método B. O ensaio executado na posição horizontal é chamado de “método A” e, o executado

na posição vertical de “método B”. Para este trabalho foi escolhido o método B, pela disponibilidade no laboratório do LABELO/PUCRS. Nos ensaios pela norma - UL 94 – método B, o comprimento das amostras deve ser tal que permita a eventual combustão de 125 mm. O corpo de prova é suspenso verticalmente a uma altura de 305 mm da superfície e fibras de algodão são colocadas na superfície, logo abaixo do filme, conforme ilustra figura 4.6. Os testes de queima vertical, foram realizados em duas séries com 5 (cinco) corpos de provas.

Figura 4.6. Esquema para o ensaio de flamabilidade vertical - Técnica de Ensaio de Resistência à Chama - UL 94 – Método B.



Fonte: Ciência e Tecnologia da Borracha – 2016.

Durante o teste fez-se incidir nas amostras durante 10 segundos, uma chama com bico de Bunsen. Após a remoção da chama esperou-se a combustão se extinguir para novamente aplicar a chama durante mais 10 segundos.

A tabela 4.2 mostra os critérios de avaliação utilizados nos testes de Flamabilidade segundo a norma UL-94, onde: t1 corresponde à duração da chama no corpo de prova após a primeira aplicação; t2 é a duração da chama no corpo de prova após a segunda aplicação e, t3 indica a duração da chama mais a incandescência, após a segunda aplicação.

Neste teste foi observado a dimensão da propagação da queima, a emissão de gotas incandescentes ou fagulhas e o incêndio no algodão. Ver critérios de avaliação do teste de queima na tabela 4.3.

Tabela 4.2. Critérios de avaliação do teste de queima vertical.

Critérios	V0	V1	V2
Valores individuais de t1 e t2 para os 5 corpos de prova	<10s	<30s	<30s
Somatória de (t1+t2) para os 5 corpos de prova.	<50s	<250s	<250s
Valores individuais de t3.	<30s	<60s	< 60s
Queima com chama ou incandescência até o prendedor.	Não	Não	Não
Queima do algodão por gotas ou fagulhas emitidas.	Não	Não	Sim

Fonte: UL – 94/2001.

Caso não ocorra a auto sustentação da chama, o material é caracterizado através das seguintes classificações conforme tabela 4.3

Tabela 4.3. Critérios de Classificação de Flamabilidade.

Classificação de Flamabilidade	Descrição
Classificação V0	Quando a soma dos tempos de duração da chama não for superior a 50 segundos e a se a camada de algodão, que permanece sob o corpo de prova, na base, não incendiou por gotejamento do material ensaiado.
Classificação V1	Quando a soma dos tempos de combustão não for superior a 250 segundos e sem queima do algodão por gotas ou fagulhas emitidas.
Classificação V2	Quando a soma dos tempos de combustão não for superior a 250 segundos, mas a camada de algodão incendeia pelo gotejamento do material.

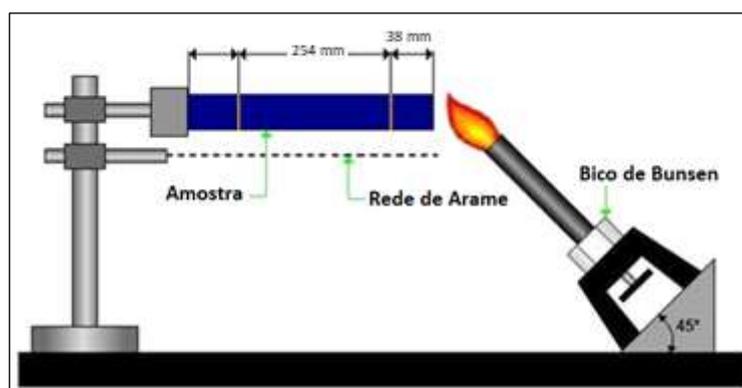
Fonte: UL – 94/2001.

4.4.2. Ensaio de Flamabilidade da norma NBR 14892/02

Nos ensaios da norma – NBR-14.892 (ver esquema na figura 4.7) as amostras ficaram acondicionadas durante 24h em estufa nas condições ambientais de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ de temperatura e $50\% \pm 4\%$ de umidade relativa. Os ensaios foram realizados nas mesmas condições ambientais,

dentro de uma câmara de combustão de metal com dimensões internas de 381 x 356 x 203 mm, com uma janela de vidro para observação, dez orifícios de ventilação de 19 mm de diâmetro nas laterais e uma abertura de 12,7 mm na parte superior que abrigou o suporte mostrado na figura 4.7. O comprimento das amostras (figura 4.5 (b)) deve ser tal que permita a eventual combustão de 356 mm e, devem ser realizados com uma série de 5 (cinco) corpos de provas.

Figura 4.7. Esquema para o ensaio de flamabilidade horizontal, segundo a norma NBR 14892/02.



Fonte: Adaptado de Ciência e Tecnologia da Borracha – 2016.

Na tabela 4.4 são apresentadas as dimensões médias dos cinco corpos de prova utilizados neste ensaio.

Tabela 4.4. Dimensões médias das amostras retiradas dos filmes A, B e C utilizados os ensaios pela norma NBR 14892/2002.

Amostra	Comprimento mm	Largura mm
A	$354,4 \pm 1,4$	$102,0 \pm 1,0$
B	$354,2 \pm 1,2$	$102,6 \pm 1,4$
C	$354,6 \pm 1,0$	$102,2 \pm 0,8$

Fonte: o Autor.

O corpo de prova limpo com escova é preso entre o suporte e o fixador em forma de U é pendurado em uma grade horizontal e a chama é inserida de forma oblíqua. O bico de Bunsen foi posicionado a uma distância de 19 mm, abaixo do centro da extremidade livre, com uma

chama ajustada em 38 mm de altura. A chama é então aplicada na extremidade livre da amostra, a chama é apagada após 15 segundos de aplicação, quando o bico de Bunsen é desligado. A cronometragem é realizada após a chama atingir a marca dos 38 mm (ver figura 4.5) e seguir até o segundo traço de referência distante 254 mm do primeiro. Foi utilizada uma régua para a medição do comprimento consumido pela chama.

A tabela 4.5 apresenta os critérios de classificação do grau de flamabilidade para amostras de filme polimérico, quando as amostras são incendiadas em cada uma de suas faces.

Tabela 4.5. Critérios de Classificação do Grau de Flamabilidade.

Grau de flamabilidade	Descrição
Tipo A	A chama na manta apaga-se assim que o bico de Bunsen se apaga.
Tipo B	A chama na manta apaga-se antes de alcançar o primeiro traço-referência.
Tipo C	A chama na manta apaga-se em menos de 60 s e não passa do comprimento de 50 mm.
Tipo D	A chama apaga-se entre os dois traços de referência, mas ultrapassa a marca de 50 mm.
Tipo E	A combustão continua até o segundo traço referência.

Fonte: NBR 14892/02.

4.5. Análise dos Resíduos Gasosos e Sólidos

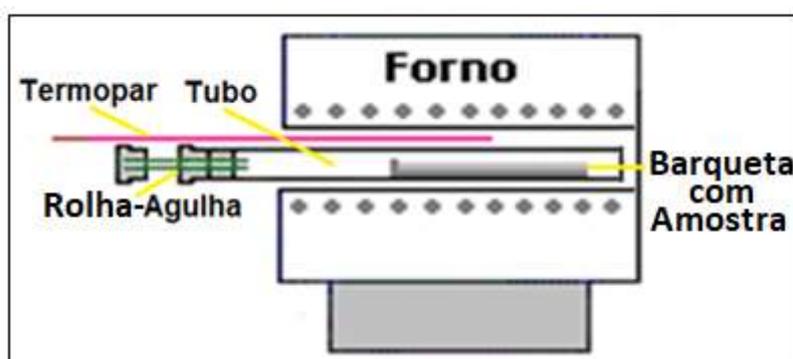
Para avaliar os patamares da decomposição térmica dos filmes de tintas acrílicas, e assim determinar as temperaturas para as coletas dos gases no sistema de coleta de gases construído para este fim, foi utilizado um equipamento de análise termogravimétrica (TGA) sigla em inglês de Thermogravimetric Analysis) da marca SDT Q600®. As condições de análises foram: aquecimento de 25 °C a 900 °C, com taxa de aquecimento de 10°C min⁻¹, atmosfera de Nitrogênio e Oxigênio e porta-amostra de platina. Para as análises termogravimétricas com Nitrogênio foram utilizadas uma massa de: 8.9990 mg para a tinta A; 9.5000 mg para a tinta B e 8.7890 mg para a tinta C e com Oxigênio as massas foram: 12.4870 para a tinta A, 6.7750 mg para a tinta B e 12.5260 para a tinta C.

4.5.1. Sistema para coleta de gases em simulação de incêndio

O sistema para a coleta de gases procedentes do aquecimento até a queima total mostrado nas figuras 4.8 e 4.9 (a), foi desenvolvido para simular a condição de incêndio dos filmes de tinta.

Um tubo de quartzo de 12 mm de diâmetro e 68 ml de volume interno, fechado em um dos lados foi utilizado como a câmara para a queima. O tubo foi acomodado, em um forno resistivo tipo mufla, através de um orifício na porta. Um termopar tipo K, amarrado ao tubo de quartzo, serviu para determinar a temperaturas junto à amostra. Para evitar a perda dos gases e garantir a eficiência das coletas foi utilizada uma rolha de silicone transpassada por uma agulha de seringa hospitalar com tampa, conforme mostra figura 4.9 (b).

Figura 4.8. Diagrama do sistema de simulação de incêndio para coleta de gases.

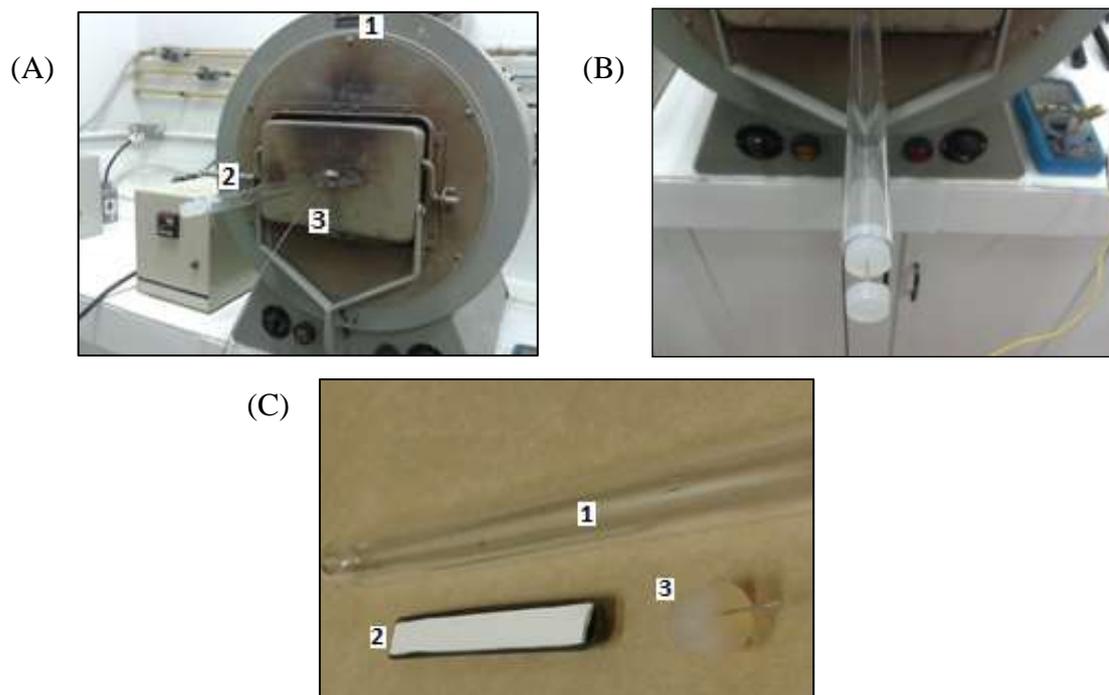


Fonte: o Autor.

Um tubo de quartzo de 12 mm de diâmetro e 68 ml de volume interno, fechado em um dos lados foi utilizado como a câmara para a queima. O tubo foi acomodado em um forno resistivo tipo mufla, através de um orifício na porta. Um termopar tipo K, amarrado ao tubo de quartzo, serviu para determinar a temperaturas junto à amostra. Para evitar a perda dos gases e garantir a eficiência das coletas foi utilizada uma rolha de silicone transpassada por uma agulha de seringa hospitalar com tampa, conforme mostra figura 4.9 (b).

Figura 4.9. Sistema de simulação de incêndio para coleta de gases.

Em (A) vista frontal do forno resistivo tipo mufla (1) com a câmara de aquecimento de quartzo e a tampa de silicone (2) e o termopar (3). Em (B). Detalhe da agulha e da câmara de aquecimento. Em (C) detalhe do tubo de quartzo (1), da barca utilizada para colocação de amostras (2) e (3) rolha de silicone com agulha transpassada.



Fonte: o Autor.

A amostra foi acondicionada em uma barqueta de quartzo (figura 4.9 (c)), inserida no final do tubo. Na sequência, o tubo foi fechado com a rolha e a mufla ligada. A câmara (tubo de quartzo) e a barqueta foram limpas com água e sabão neutro, enxaguadas com álcool e, secas com ar quente, antes de cada experimento.

Durante o aquecimento, amostras de fumaça foram retiradas com frascos coletores (figura 4.10.) com septo de PTFE/silicone, evacuados por 15 min, até 24 horas antes da coleta. As coletas de fumaça foram realizadas nas temperaturas determinadas pelas análises de TGA.

Figura 4.10. Frascos coletores de 15 ml utilizados para coleta da fumaça.



Fonte: o Autor.

4.5.2. Avaliação dos gases por cromatografia gasosa

As análises dos gases foram realizadas em um cromatógrafo a gás PerkinElmer®, modelo Clarus 580, com detector FID (flame ionization detector), equipado com metanador e coluna Elite Plot Q (0,53 mm i.d., 20 µm de espessura de filme de fase estacionária, 30 m de comprimento). Foi utilizado hélio como gás de arraste, associado com ar sintético e gás hidrogênio para a geração da chama do FID e do metanador. As condições cromatográficas utilizadas foram: temperatura do injetor 200°C, temperatura do detector: 350°C, temperatura do forno: 50°C (isotérmico), vazão do gás de arraste 10 mL He min⁻¹, injeção com divisão de fluxo (Split - 1:10), volumes injetados 50-400 µL e calibrado com padrões para detecções de CO e CO₂.

4.5.3. Avaliação dos filmes A, B e C por DRX

Para a caracterização dos filmes de tintas A, B e C, foi utilizado o método de difração de raios-X, em tubo de cobre (45 kV e 40 mA) e com geometria $\theta - \theta$ do tipo Bragg-Brentano. As medidas foram realizadas entre os ângulos de 5° até 80°, em 2θ , com um intervalo de 0,02° e velocidade de varredura de 2°/min. As fases cristalinas presentes nas amostras foram identificadas utilizando o software HighScore Plus 3.0 com a base de dados integrada PDF4+ (2002) do ICDD - *International Centre for Diffraction Data*. O tratamento dos dados foi feito através do método de mínimos quadrados, onde o difratograma teórico se aproxima o máximo possível do difratograma experimental.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos com as caracterizações amostras dos filmes de tinta, dos três fabricantes nacionais, quanto à flamabilidade, índice de propagação de chama, composição química aproximada da fumaça e dos resíduos sólidos correspondentes.

5.1. Características físicas dos filmes de tinta

5.1.1. Massa e Densidade

Na tabela 5.1 está expressa a espessura dos filmes obtidos após a completa secagem da tinta. Observa-se pelo desvio padrão uma grande heterogeneidade na espessura dos filmes produzidos. Este fato decorre da dificuldade encontrada durante o espalhamento da tinta com pincel, sobre a lâmina polimérica.

Tabela 5.1. Espessuras dos filmes, volume, massa e massa específica das tintas A, B e C.

Marca	Espessura/desvio padrão (mm)	Volume (cm ³)	Massa (g)	Massa específica g/cm ³
A	2,1 ± 0,43	6,3	1,3 ± 0,3	0,206
B	2,2 ± 0,51	6,6	1,4 ± 0,1	0,212
C	3,6 ± 0,45	10,8	2,3 ± 0,3	0,212

Fonte: o Autor.

Pode-se observar que as espessuras dos filmes das tintas A e B são semelhantes em 93%, em relação à massa seca em gramas e a espessura do filme de tinta C é quase o dobro das demais (aproximadamente 78% mais espessa), mesmo possuindo viscosidades muito semelhantes, ver tabelas 4.1 e 5.1.

5.2. Resultados dos Testes de Flamabilidade

Os resultados dos testes de flamabilidade orientado pela NBR 14892, segundo a tabela 4.5. “Critérios de Classificação do Grau de Flamabilidade”, estão apresentados na tabela 5.2. Observa-se, nesta tabela, que os materiais apresentam grau de flamabilidade distintos provavelmente uma consequência da diferença de espessura do filme de obtido com as três demão de tinta durante a confecção dos corpos de prova e a variação composicional entre elas (ver tabela 4.5.)

Tabela 5.2. Classificação dos filmes de tinta quanto à flamabilidade segundo a figura 5.1.

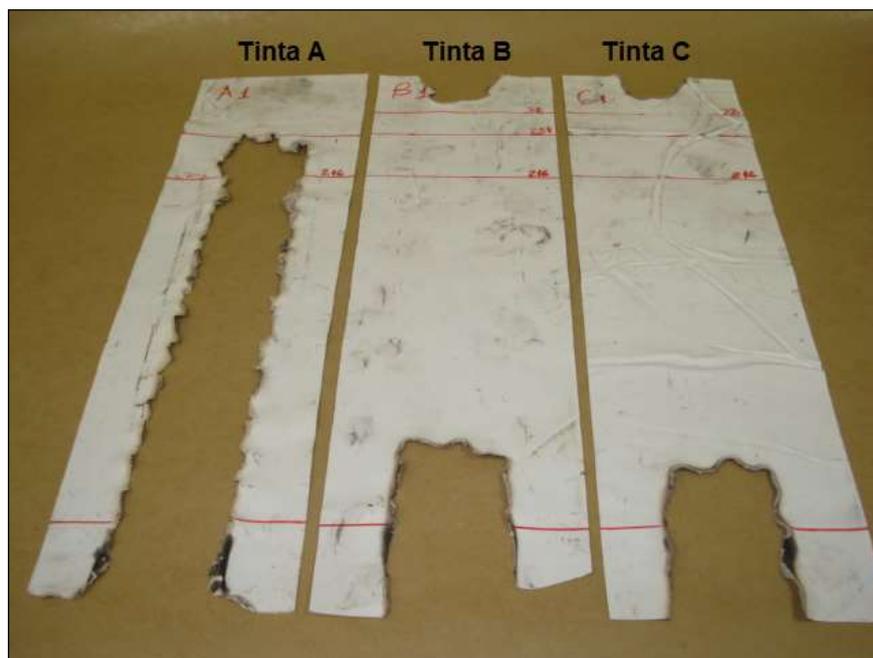
Amostra de Filme	Espessura média (mm)	Grau de Flamabilidade	Descrição	Classe
A	$2,1 \pm 0,43$	Tipo E	A combustão continua até o segundo traço referência.	Combustível
B	$2,2 \pm 0,51$	Tipo C	A chama na manta apaga-se em menos de 60 s e não passa do comprimento de 50 mm.	Auto extingüível
C	$3,6 \pm 0,45$	Tipo B	A chama na manta apaga-se antes de alcançar o primeiro traço referência.	Auto extingüível

Fonte: o Autor.

Para verificação dos traços de referências e medidas, ver figura 4.3.

Devem ser consideradas apenas as queimas que se iniciaram na base, devemos ser desconsideradas as queimas redundantes, de confirmação de comportamento de queima, existentes no topo das amostras de filmes de tintas B e C, ver figuras 5.1 e 5.2.

Figura 5.1. Comparativos da extensão de queima das amostras dos filmes ensaiados, pela NBR 14892/02, entre as tintas A, B e C.



Fonte: o Autor.

Figura 5.2. Vista da extensão de queima sequencial das amostras dos filmes ensaiados, abrangendo cinco repetições para cada Tinta – A, B e C, pela NBR 14892/02.



Fonte: o Autor.

Em todos os corpos de prova ensaiados pela Norma UL – 94/01 – método B, houve a queima que se estendeu completamente pelas amostras, antes do término da aplicação de chama, ainda antes do traço de referência, impossibilitando o registro de t_1 , t_2 e t_3 , que estabelecem os traços de cronometragem. Consequentemente estas queimas, atingiram a garra de suporte e também ocorreu a ignição do algodão, em virtude de ocorrer o gotejamento incandescente do material. Em função dos resultados obtidos e considerando a classificação apresentada na tabela

da norma UL-94/01 (requisitos para classificação V2, V1, V0), identificados que as amostras de filmes de tintas A, B e C, não atendem aos requisitos de nenhuma destas classificações, tabelas 4.3. e 4.4., apresentadas por esta Norma.

Identificou-se que as amostras de filmes de tintas A, B e C, não atendem aos requisitos de classificações dadas pela UL-94 – método B, isto é, o layout do ensaio em ser vertical, favorece a propagação muito rápida da chama, impossibilitando a cronometragem da evolução da queima. Porém, cabe destacar que um filme de tinta resultado de três demãos, apresenta espessura média de aproximadamente 23% da espessura máxima permitida pelas normas NBR 14892/02 e pela UL94/01 a espessura ficou dentro de seu padrão normativo, talvez por isso, o processo de queima foi tão rápido que não permitiu a cronometragem para a norma UL94/01.

Embora os métodos para o ensaio de flamabilidade ou de reação ao fogo sejam executados em materiais que não estão associados diretamente a sistemas construtivos de qualquer natureza (edifícios, veículos etc). Podem ser aplicados em materiais poliméricos empregados em equipamentos eletroeletrônicos, isolantes elétricos sólidos, materiais plásticos empregados em equipamentos de modo geral, móveis estofados, e construção civil (Mitidiere et al., 1998). Assim, o crescente uso de materiais poliméricos, aliado às diversas tragédias que se sucedem a cada ano envolvendo incêndios em ambientes domésticos ou coletivos, tem colocado na ordem do dia a possibilidade de aperfeiçoamento dos polímeros quanto à prevenção de incêndio que permitam cobrir as carências de orientação, fiscalização e controle do uso de polímeros em materiais de construção (Gallo et al., 1998).

Novos métodos de análises devem ser incluídos nas investigações das tintas poliméricas (Mitidiere et al., 1998).

Por outro lado, os testes de flamabilidade, mesmos os recomendados pela NBR, não são quantitativos e dependem de propriedades e parâmetros extrínsecos ao material, como a geometria da amostra e a orientação da chama durante o procedimento do teste. Deste modo, os teste UL-94/01 e NBR 14892/02 não fornecem uma verdadeira medida de flamabilidade, e assim, as formulações dos produtos deixam de ser otimizadas. Alguns autores como *Richard E. Lyon, Richard N. Walters, and Stanislav I. Stoliarov* (2006) estabeleceram uma relação consistente entre a análise térmica e a flamabilidade para produtos poliméricos.

5.3. Resultados dos ensaios de TGA

A utilização de análise térmica para caracterizar e estabelecer a flamabilidade de materiais poliméricos foi descrito pela primeira vez no trabalho de Carroll-Porczynski (1973). Recentemente, em 2007, *Richard E. Lyon e colaboradores* desenvolveram um equipamento para a análise térmica de polímeros, durante o aquecimento até a combustão, e um modelo matemático para estabelecer de maneira mais precisa a flamabilidade da amostra. A única restrição quando se utiliza o equipamento de Lyon é a taxa $\beta = dT/dt$ constante, que não representa a realidade de um incêndio. A capacidade de taxa de aquecimento utilizada nas análises de TGA ($10^\circ \text{C} / \text{min}$) está bem abaixo das taxas de aquecimento reais em incêndios que podem chegar a várias centenas de graus por minuto.

Porém, alguns parâmetros importantes sobre o comportamento dos polímeros frente ao incêndio também, podem ser obtidos na análise de uma curva de TGA. Apesar de não ser diretamente um incêndio, pode-se obter de maneira quantitativa o comportamento dos filmes de tinta utilizados no trabalho. As curvas da TGA fornecem o histórico da perda de massa em função da temperatura sendo que, a primeira derivada indica a velocidade (dm/dt) com que a degradação ocorre. Na figura 5.3 são apresentadas as curvas da perda de massa (% peso) em função da temperatura e a primeira derivada, durante o aquecimento da amostra em atmosfera de nitrogênio e ar sintético (20,1 % oxigênio e balanço em N_2), para as amostras dos filmes A, B e C.

Observa-se uma diferença substancial entre a curva que representam a % de massa (peso) perdida quando a atmosfera se torna oxidante, isto é, com ar sintético, em relação à perda de massa em atmosfera de nitrogênio. Este comportamento era esperado uma vez que os filmes das tintas A, B e C são de natureza polimérica cuja a resina é uma dispersão aquosa de PBA (poliacrilato de butila $[\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2]_n$) e, por isso na degradação do PBA em atmosfera oxidante ocorre maior formação de água.

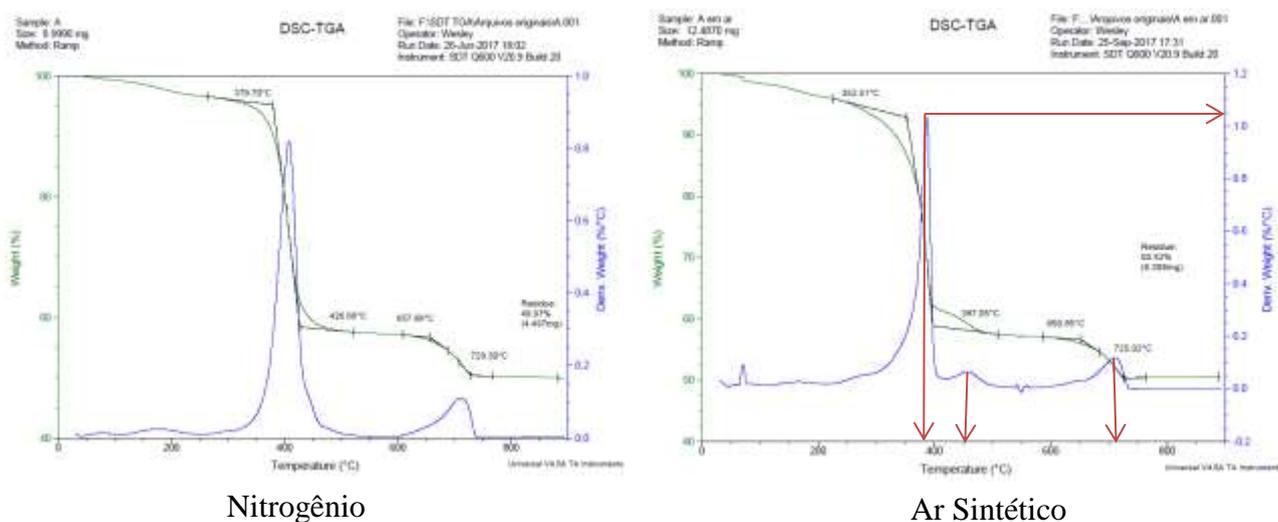
Observa-se ao analisar à primeira derivada para os experimentos realizados em atmosfera N_2 , que a maior taxa de degradação para os filmes A, B e C ocorre próxima a temperatura $T_p = 410^\circ\text{C}$. Nesta temperatura a reação ocorre mais rapidamente, então, a T_p corresponde ao pico na degradação, maior geração de gases fluidos, o que indicaria o início da ignição. A T_p em atmosfera de N_2 é menor do que em ar sintético para as amostras dos filmes A e B (380°C), e próxima a (410°C) no caso do filme C. A taxa máxima de liberação de calor e a temperatura na qual isso ocorre, são características do polímero e estão relacionadas ao desempenho do mesmo frente ao fogo e de sua resistência à chama.

Um flashover é um fenômeno bastante comum em grandes incêndios. Materiais muito aquecidos liberam fumaça com bastante material combustível. No momento em que o incêndio adquire certa temperatura com grande quantidade de material combustível e oxigênio, inicia-se a combustão, que pode ocorrer com grande liberação de calor.

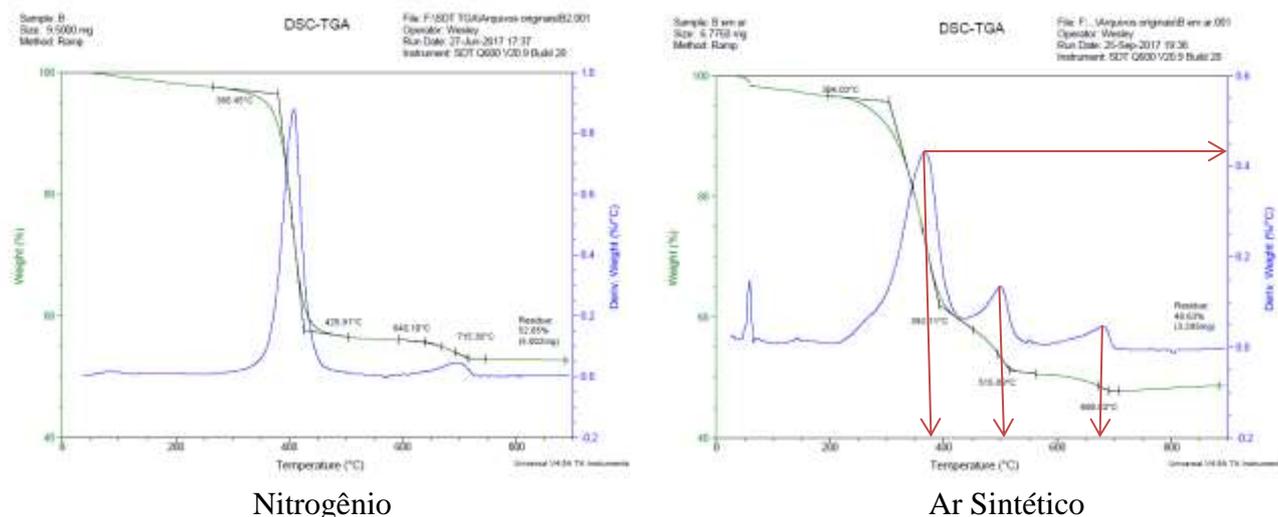
Figura 5.3. Curvas TGA dos filmes das tintas A, B e C .

Obtidas em atmosfera de nitrogênio e ao ar sintético. Aquecimento de 25 °C a 900 °C, taxa de 10 °C. min⁻¹, e porta-amostra de platina. As flechas indicam as temperaturas onde ocorrem os picos correspondentes a uma maior taxa de degradação.

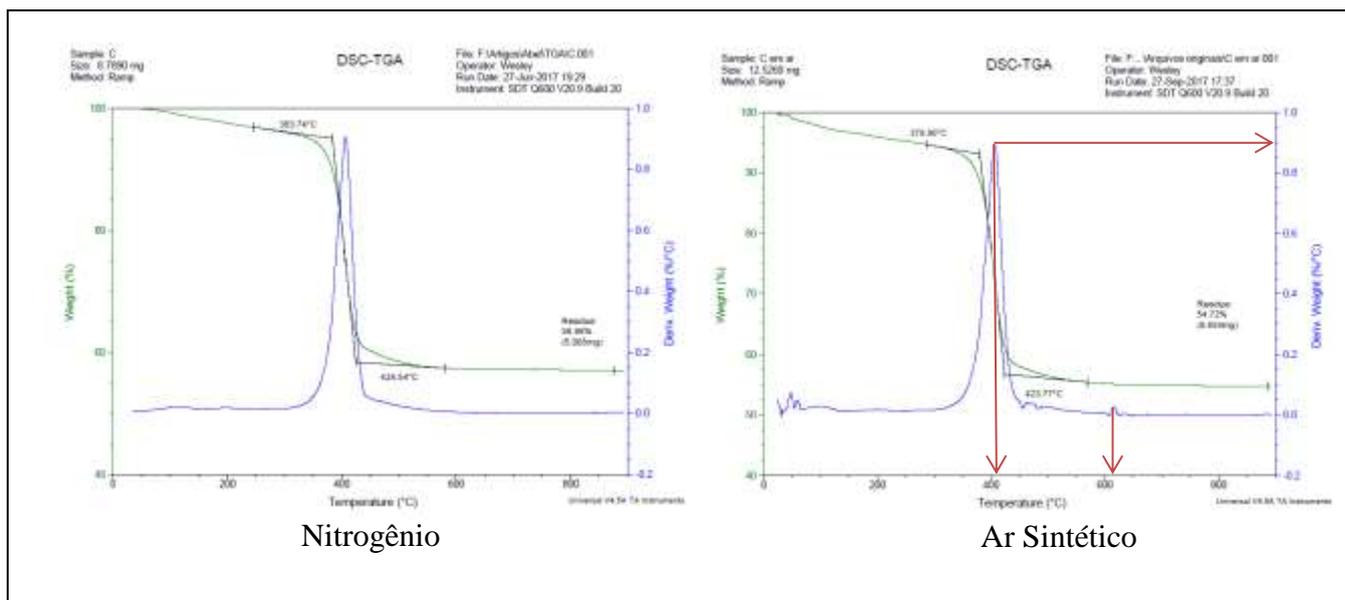
A



B



C



Fonte: o Autor.

A perda de massa é igual à diferença entre a massa inicial e o resíduo sólido ($m_p = m_o - m_s$) durante a queima. Na tabela 5.3 foram apresentados os valores obtidos referente a massa sólida obtida após a análise termogravimétrica para as amostras dos filmes A, B e C, com nitrogênio e ar sintético.

Tabela 5.3. Teor de sólidos residuais obtidos após a degradação dos filmes das tintas A, B e C nas análises de TGA.

Amostras	N ₂		Ar sintético	
	massa (mg)	%	massa (mg)	%
	inicial	sólida	inicial	sólida
A	8,999	49,9	12,487	50,2
B	9,500	52,7	6,775	48,6
C	8,789	56,9	12,526	54,7

Fonte: o Autor.

Observa-se que as amostras dos filmes apresentaram teores de sólido semelhantes. Observe que o filme de tinta C, obteve o maior teor de sólidos e com Ar Sintético atingiu o percentual menor entre as tintas. Em relação às outras duas marcas de tintas, o filme A obteve um percentual equivalente, tanto na atmosfera de nitrogênio quanto ao ar. A tinta B apresentou

um percentual de resíduos sólidos maior na atmosfera de Nitrogênio, influência do oxigênio no processo de degradação do polímero.

As temperaturas T_{on} e T_{end} , representam o início e o fim do aumento da taxa de degradação (% massa/temperatura) respectivamente, ver tabela 5.4. As temperaturas T_p , representam a temperatura de máxima degradação e T2 e T3 as degradações secundárias.

Tabela 5.4. Intervalos de degradações entre as rampas de degradações – TGA.

Amostras Sólidas	Degradações: <i>Onset</i> e <i>Endset</i>	
	(Nitrogênio)	(Ar Sintético)
A	379,70 a 426,66°C – 657,69 a 729,30°C	352,52 a 397,05°C – 650,85 a 725,02°C
B	380,45 a 425,91°C – 640,10 a 715,36°C	304,03 a 392,11°C – 515,89 a 690,83°C
C	383,74 a 424,54°C	379,90 a 423,77°C

Fonte: o Autor.

O processo da queima de um polímero pode ser dividido nas cinco etapas: Aquecimento, Pirólise, Ignição, Combustão, Propagação e Extinção, conforme descrito no capítulo 3. As reações na primeira etapa dependem do calor específico e da condutividade térmica da amostra e se houver mudança de fase do calor latente de transformação, isto é, depende da composição do material. Na segunda etapa denominada de Pirólise os diferentes componentes das tintas atingem a temperatura de decomposição e começam a liberar gases combustíveis, tais como monóxido de carbono e hidrocarbonetos e, também, gases não combustíveis, tais como vapor d'água e dióxido de carbono.

Os momentos de coleta dos gases foram escolhidos antes do início de cada fase de degradação obtidos pela TGA ou seja: 100 °C, 200 °C, 400 °C e a 750 °C para abranger as propriedades químicas volatizadas antes de cada rampa e posteriores à última rampa. Foram realizados os ensaios de TGA, para a amostras das tintas A, B e C. Foram observadas as degradações de *onset* e *endset* (início e final da degradação para cada rampa) e que seguem nestas sequências, conforme são mostradas na tabela 5.4 e figura 5.3.

Quando observamos os resultados dos gráficos das TGA para as tintas A, B e C, verificam-se que os primeiros picos de queima ficam na faixa dos 400 °C, depois disso os percentuais de sólidos começam a diminuir, os segundos picos são apresentados nos gráficos das

tintas A e B, na faixa dos 700 °C onde se evidencia, o Carbonato de Cálcio – CaCO_3 , ver gráficos da figura 5.3.

A quantidade percentual do teor de sólidos para as amostras de tintas A, B e C, utilizando Nitrogênio ou Ar Sintético, obtidos dos gráficos da TGA. Quando utilizamos o Nitrogênio para as amostras dos filmes de tintas B e C, possui um maior teor de sólidos e com Ar Sintético para os mesmos filmes de tintas B e C, atinge um percentual menor, inclusive em relação à outra marca do filme de tinta A, que obteve um percentual aproximado entre a utilização dos dois gases, mas prevalecendo um certo incremento percentual com a utilização do Ar Sintético. Conclui-se que gás utilizado na análise termográfica, influencia no processo de queima, sendo mais favorável, o desenvolvimento do processo de queima, quando utilizado o Ar Sintético e, com isso, resultando em um menor percentual de teor de sólidos residual, isto porque existe uma condição melhor e mais favorável à queima para o processo de pirólise, tabelas 5.3 e 5.4 e figura 5.3.

5.4. Resultados das análises por cromatografia a gás - CG

Nos resultados dos cromatogramas foram encontrados os picos 1 e 3 (Monóxido de Carbono e Dióxido de Carbono) para os gases nas amostras de filmes das três tintas – A, B e C. Os picos 2, 4 e 5 não foram calibrados para o objetivo destas análises. Analisando os cromatogramas mostrados nas figuras 5.4 e 5.5 e tabelas 5.5 e 5.6, foi observado que a toxicidade da tinta A, em comparação com os laudos de flamabilidade – NBR 14892/02 que se classificou em comportamento combustível, apresentou quantidades em ppm de Monóxido de Carbono e Dióxido de Carbono, equivalentes às quantidades em ppm, presentes na tinta C, que possui comportamento de autoextinção pelo ensaio de flamabilidade. Portanto o comportamento do filme de tinta A, mostrou-se com uma queima total, acelerada em relação às outras duas tintas testadas, cabe uma comparação em relação aos testes de queima horizontal da mesma norma, onde as amostras das tintas B e C ficaram classificadas como comportamento de autoextinção e a tinta A, não classificada pela NBR 14892/02, porque apresentou comportamento de propagação de chama.

Em relação às quantidades relativas dos gases presentes, estimada pela intensidade dos respectivos picos cromatográficos, figura 5.6 e valores em ppm, conforme tabelas 5.5 e 5.6, verificou-se um aumento dos níveis com o incremento da temperatura de queima similares entre as tintas A e C. A única exceção foi a da tinta B que apresentou níveis mais elevados de CO e CO_2 a partir da temperatura de queima de 400°C, seguida de diminuição desses níveis para

temperaturas mais elevadas, com uma novo aumento significativo somente a 750 °C. Esta tinta B, foi a que apresentou as maiores quantidades dos gases gerados em comparação as tintas A e C. Este comportamento diferenciado da Tinta B, pode estar relacionado à sua composição, ver tabela 4.1.

A discussão abaixo faz referência a figura 5.4 e tabela 5.6 em que estão calculados os ppm para uma área 31,2 m³, em volume de ar.

Para a tinta A, os valores em ppm, do Monóxido de Carbono, são descritos com as seguintes características: com 47,11 ppm ou 0,0047% de volume no ar para 31,2 m³, a uma temperatura de 100 °C são apresentados, nas pessoas, de aumento seletivo do fluxo sanguíneo para os órgãos vitais; aos 200 °C são apresentados 286,10 ppm ou 0,029% de volume no ar, que indicam reações de dor de cabeça, náuseas, vômitos e diminuição da destreza manual; aos 400 °C esta concentração cai para 17,16 ppm ou 0,0017% de volume no ar, que significam valores normais, sem efeito aparente e até atingir a temperatura de 750 °C, os valores de Monóxido de Carbono aumentam para 23.739,14 ppm ou 2,4% de volume no ar, onde o limite percentual, imediatamente perigoso à vida e à saúde (IPVS), é de 1000 ppm ou 0,1% de volume no ar para 31,2 m³, que corresponde a sintomas de síncope, convulsões, coma, insuficiência cardiorrespiratória e morte por choque.

Para a tinta B, o Monóxido de Carbono liberado a uma temperatura de 100 °C, são 34,3 ppm ou 0,0034% no volume no ar, que caracteriza, nas pessoas, um aumento no fluxo sanguíneo; ao atingir 200 °C são apresentados 139,15 ppm ou 0,014% de volume no ar, que corresponde à sintomas com alterações cardíacas, funcionais e cefaleia; de 400 a 750 °C são apresentados valores de 12.386,40 a 71.354,40 ppm ou 1,2% a 7,1% em volume no ar, onde o limite percentual, imediatamente perigoso à vida e à saúde, é a partir de 1000 ppm ou 0,1% do volume no ar.

Para a tinta C, o Monóxido de Carbono a 100 °C; libera 5,9 ppm ou 0,0006% de volume no ar para 31,2 m³ e a 200 °C libera 102,33 ppm ou 0,0102%, que corresponde aos sintomas de alterações cardíacas, funcionais e dor de cabeça; a 400 °C são liberados 196,87 ppm ou 0,0197% de volume no ar, que corresponde à sintomas com alterações cardíacas, funcionais e cefaleia e a 750 °C são liberados 22.179,68 ppm ou 2,2%, que estão acima do limite imediatamente perigo à vida e à saúde humana.

Podem ser observadas nas tabelas 5.4 e 5.5, onde o Monóxido de Carbono para as tintas A e C apresentam nas temperaturas de 100 °C a 400 °C, apenas variações não fatais ou letais as pessoas e, com o crescente aumento da temperatura, quando atingidos os 750 °C, obtém-se

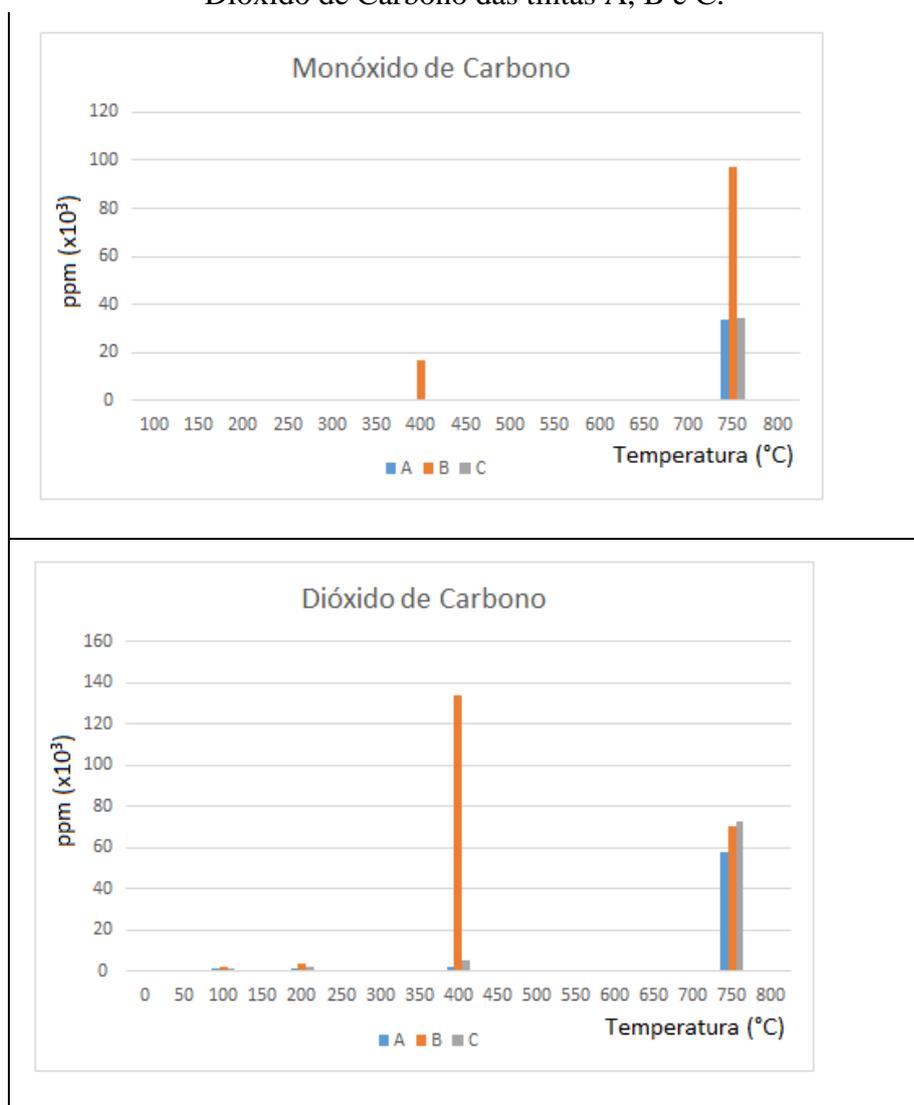
valores em ppm que estão muito acima do limite imediatamente perigo à vida e à saúde das pessoas, que é de 1000 ppm ou 0,1% deste gás no ambiente. Para o comparativo com a tinta B nas temperaturas de 100 °C a 200 °C são apresentadas concentrações não fatais e depois dos 400 °C as concentrações ultrapassam a condição IPVS, contudo, a tinta B libera concentrações de Monóxido de Carbono, em ppm, muito acima da condição IPVS, com temperaturas menores quando comparados as tintas A e C.

Para o Dióxido de Carbono presente na tinta A foram medidas concentração de 1.082 a 1.630 ppm ou 0,108% a 0,163% de volume no ar para 31,2 m³, nas temperaturas de 100 °C até 400 °C, estão abaixo dos 0,5%, que indica um limite tolerável entre as respostas fisiológicas das pessoas frente a este percentual de exposição. Com o incremento desta temperatura de 401 °C até os 750 °C, são obtidos 41.059 ppm ou 4,1% deste gás, no volume de ar, que se caracteriza por produzir sinais de intoxicação; podendo produzir dispneia, cefaleia, tonturas, sudorese, inquietação, parestesias e sensação de desconforto generalizado.

Na tinta B, o Dióxido de Carbono teve uma concentração de 1.343,5 a 2.479,5 ppm ou 0,13% a 0,25% de volume no ar para 31,2 m³, nas temperaturas de 100 °C a 200 °C, que está dentro do limite tolerável das pessoas; de 201 até 400 °C foram obtidos um pico de 98.336,50 ppm que corresponde a 10% de volume no ar, e que significa a ocorrência de sintomas neurológicos como a agitação psicomotora e contrações mioclônicas, ocorrem após um minuto e meio de exposição e dos 401 aos 750 °C teremos uma redução na concentração de CO₂, atingindo os valores de 51.838,8 ppm ou 5,18% no volume de ar, correspondendo a sintomas como: dispneia, cefaleia, tonturas, sudorese, inquietação, parestesias e uma sensação de desconforto generalizado.

Na tinta C, o Dióxido de Carbono apresentaram níveis dentro da normalidade quanto ao limite de tolerância, nos intervalo de 1.005 a 1.357 ppm ou 0,10% a 0,14% de volume no ar para 31,2 m³, nas temperaturas de 100 a 200 °C; dos 201 até 400 °C, com concentrações de 3.199 ppm ou 0,31 % no volume de ar, começam a produzir sintomas de aumento da frequência respiratória, sem dispneia e dos 401 a 750 °C, com 46.767,86 ppm ou 4,7% no volume de ar, correspondendo a sintomas como: dispneia, cefaleia, tonturas, sudorese, inquietação, parestesias e uma sensação de desconforto generalizado ou inconsciência pela exposição de alguns minutos.

Figura 5.4. Resultados das intensidades dos gases em ppm para Monóxido de Carbono e Dióxido de Carbono das tintas A, B e C.



Fonte: o Autor.

Tabela 5.5. Resultados em ppm para o Monóxido de Carbono e Dióxido de Carbono para as temperaturas de 100 °C, 200 °C, 400 °C e 750 °C.

A				
Temperatura	Tempos		ppm	
	CO	CO ₂	CO	CO ₂
100°C	1,439	1,784	66	1.518
200°C	1,468	1,786	401	1.553
400°C	1,497	1,793	24	2.286
750°C	1,49	1,787	33.288	57.554

B		
Temperatura	Tempo	ppm

	CO	CO ₂	CO	CO ₂
100°C	1,452	1,784	47	1.826
200°C	1,454	1,786	189	3.370
400°C	1,456	1,776	16.831	133.653
750°C	1,456	1,781	96.999	70.454

C

Temperatura	Tempo		ppm	
	CO	CO ₂	CO	CO ₂
100°C	0	1,786	< 9	1.561
200°C	1,451	1,783	159	2.107
400°C	1,456	1,785	306	4.968
750°C	1,451	1,775	34.449	72.639

Fonte: o Autor.

Tabela 5.6. Resultados em ppm para o volume de 1 m³ e para 31,2 m³ (*) para o Monóxido de Carbono e Dióxido de Carbono nas temperaturas de 100 °C, 200 °C, 400 °C e 750 °C.

A

Temperatura	1 m ³		31,2 m ³	
	CO	CO ₂	CO	CO ₂
100°C	1,51	34,70	47,11	1.082,00
200°C	9,17	35,50	286,10	1.108,00
400°C	0,55	52,25	17,16	1.630,00
750°C	760,87	1.316,00	23.739,14	41.056,00

B

Temperatura	1 m ³		31,2 m ³	
	CO	CO ₂	CO	CO ₂
100°C	1,10	43,06	34,30	1.343,50
200°C	4,46	79,47	139,15	2.479,50
400°C	397,00	3.151,81	12.386,40	98.336,50
750°C	2.287,00	1.661,50	71.354,40	51.838,80

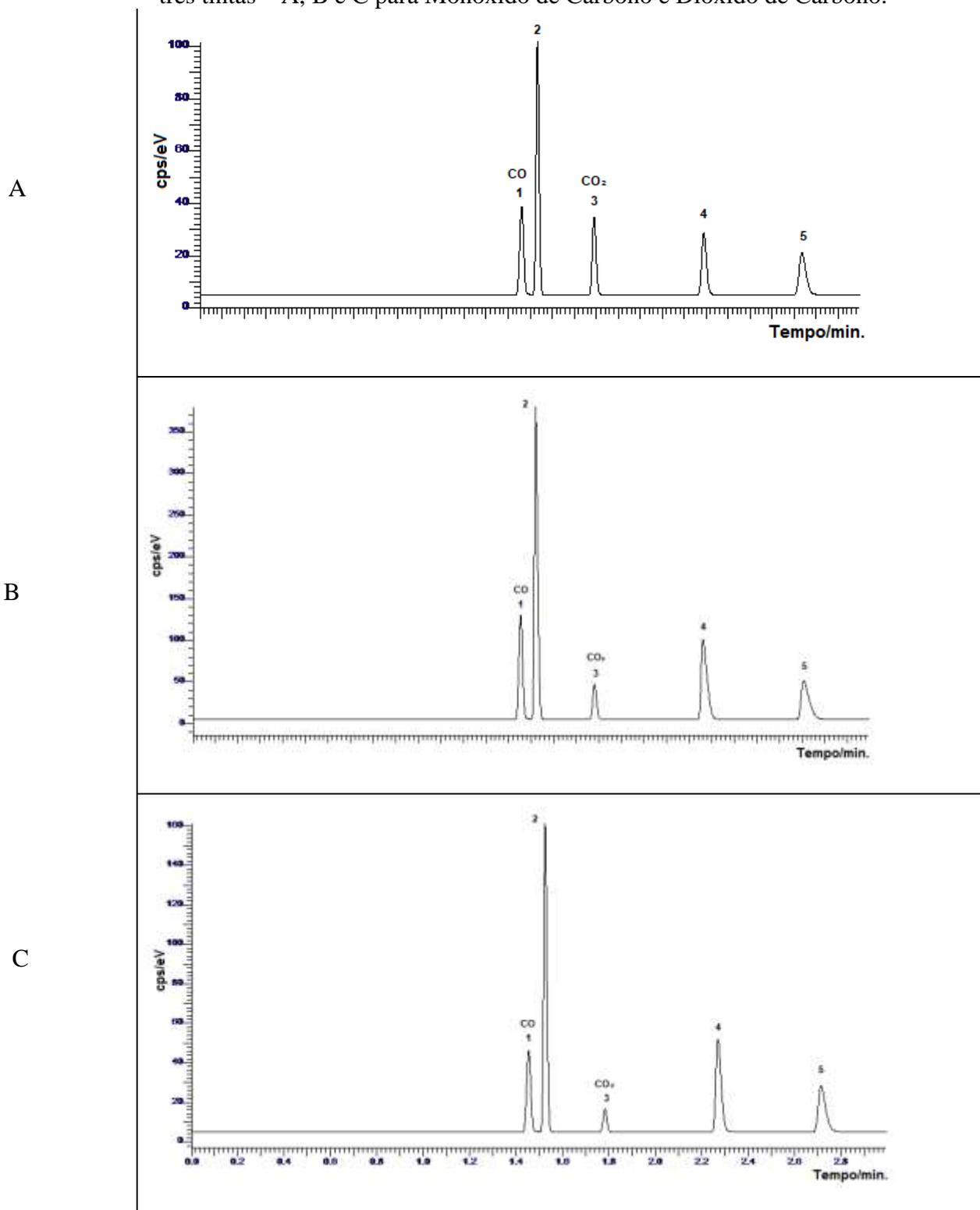
C

Temperatura	1 m ³		31,2 m ³	
	CO	CO ₂	CO	CO ₂
100°C	0,19	32,21	5,90	1.005,00
200°C	3,28	43,48	102,33	1.357,00
400°C	6,31	102,52	196,87	3.199,00
750°C	710,88	1.498,97	22.179,68	46.767,86

(*) Volume correspondente a um quarto de um apartamento, nas medidas de 3 x 4 x 2,6 metros.

Fonte: o Autor.

Figura 5.5 Resultados dos cromatogramas mostrados para as amostras de gases tóxicos das três tintas – A, B e C para Monóxido de Carbono e Dióxido de Carbono.



5.5 Avaliação dos resultados do MEV/FEG/EDS

Em avaliação dos resultados obtidos pelo MEV/FEG/EDS das amostras dos filmes pós queima a 750°C, das tintas A, B e C, foram encontradas as seguintes composições medidas em quatro pontos em cada amostra, conforme descritos na figura 5.6 e tabela 5.7 que mostram os gráficos com percentuais atômicos.

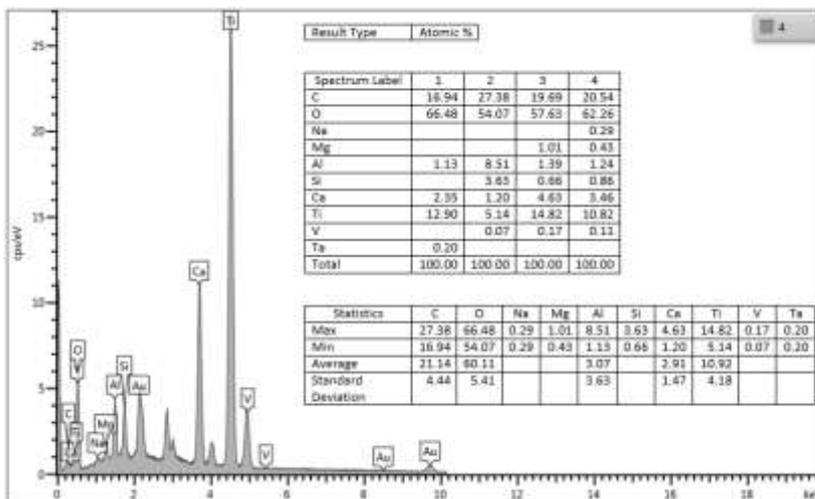
Valores hachurados significam que possuem o valor atômico maior que 1,2 %, isto em relação ao nível de detecção e confiabilidade do equipamento.

Estes percentuais atômicos mostram o total da composição de agentes retardantes de chama existente nas tintas das indústrias: A 25,19%; B 33,97% e C 22,43%.

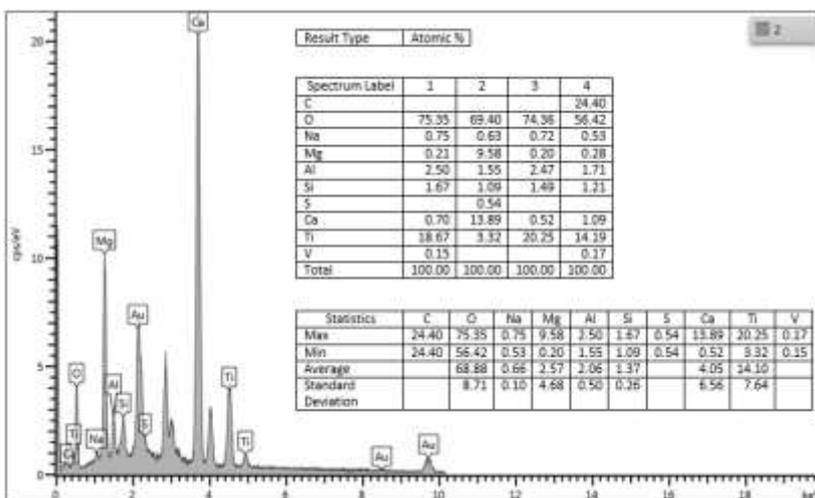
Valores do carbono e oxigênio não foram considerados mesmo estando acima de 1,2%, por fazerem parte do produto e do resultado da queima.

Figura 5.6. Resultados das composições dos filmes após queima das tintas A, B e C, mostrados pelo MEV/FEG/EDS.

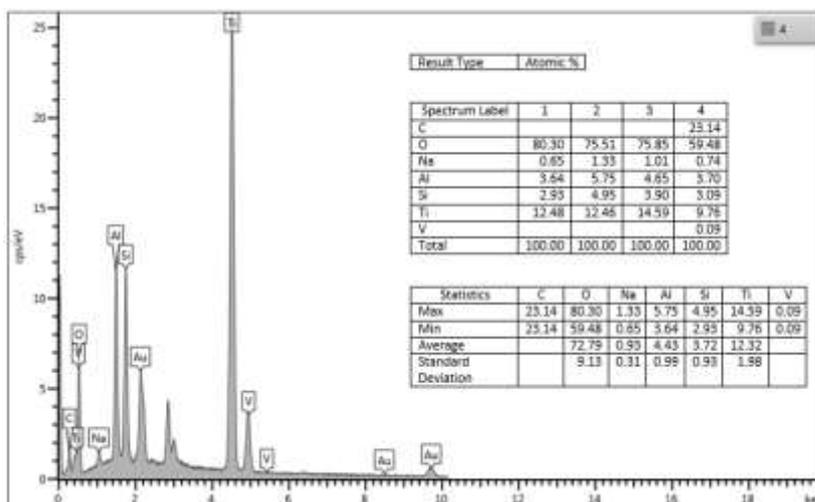
A



B



C



Fonte: o Autor.

Tabela 5.7. Resultados da microanálise por EDS dos resíduos sólidos dos filmes, após análise por TGA.

Elemento	Filme A	Filme B	Filme C
Carbono	21,14 ± 2,22	24,40	23,14
Oxigênio	60,11 ± 2,71	68,88 ± 4,36	72,79 ± 4,57
Sódio	0,29	0,66 ± 0,05	0,93 ± 0,16
Magnésio	0,72 ± 0,29	2,57 ± 2,34	
Alumínio	3,07 ± 1,82	2,06 ± 0,25	4,43 ± 0,50
Silício	2,15 ± 1,49	1,37 ± 0,13	3,72 ± 0,47
Cálcio	2,91 ± 0,74	4,05 ± 3,28	
Titânio	10,92 ± 2,09	14,10 ± 3,82	12,32 ± 0,99
Vanádio	0,12 ± 0,05	0,16 ± 0,01	0,09
Tântalo	0,20		
Enxofre		0,54	

Obs.: as composições grifadas com cinza escuro estão fora do limite de detecção para o EDS cujo valor é de 1,2%.

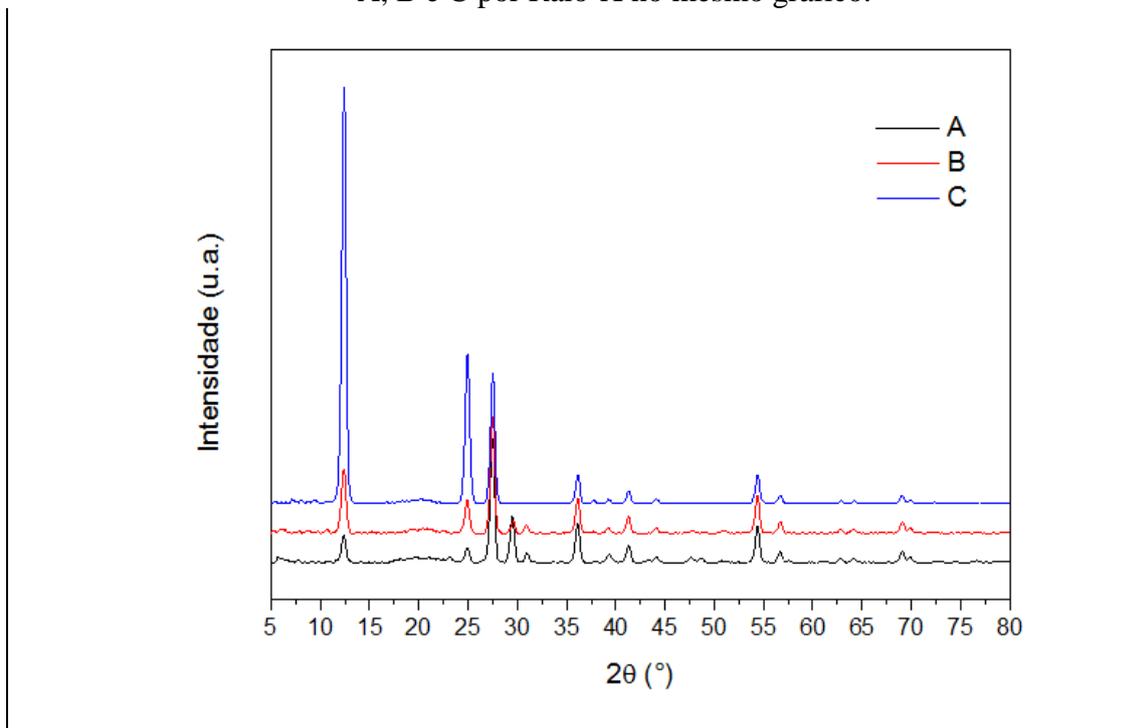
Fonte: o Autor.

5.6. Análises das composições por Raio-X

Com a utilização do equipamento de Raio-X foram encontrados, nos filmes das tintas A, B e C, os seguintes componentes: óxido de titânio – TiO_2 - em sua fase tetragonal (Rutila) – 21-1276; óxido de zinco – ZnO - em sua fase hexagonal (Zincita) – 36-1451; óxido de silício – SiO_2 - em sua fase cúbica de face centrada - 45-112 e carbonato de cálcio – CaCO_3 - em sua fase triclinica - 79-1653. Esta foi a sequência identificada nos filmes, variando as suas respectivas intensidades de composição química entre cada tinta, conforme mostrado nos gráficos das figuras 5.7 e 5.8.

No gráfico da amostra da indústria C o óxido de silício – SiO_2 , possui uma intensidade superior às tintas A e B, no teste de queima pela NBR 14.892/02 a mostra de tinta C, obteve o melhor resultado em comparação às tintas A e B.

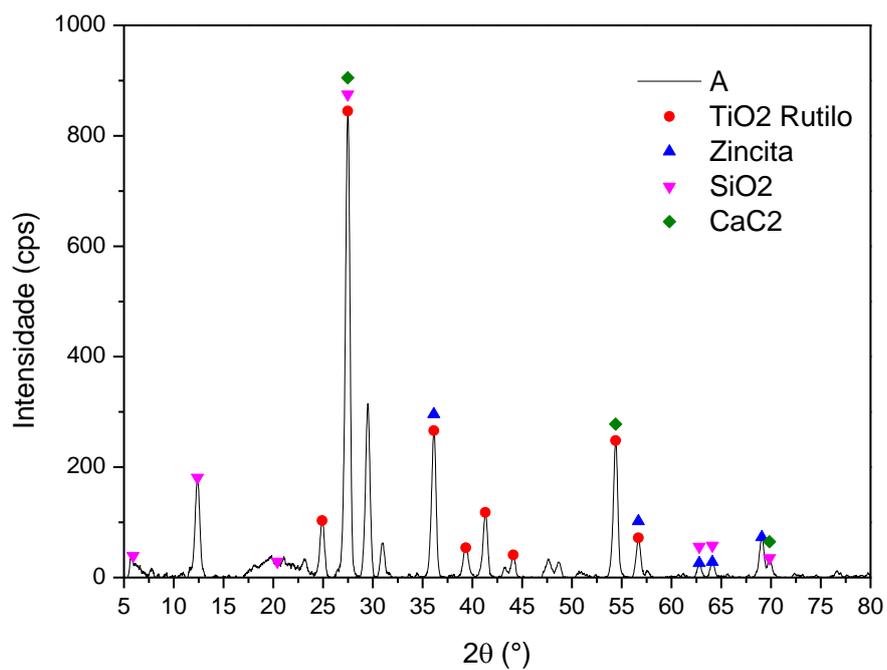
Figura 5.7. Resultados comparativo das intensidades das composições das amostras de tintas A, B e C por Raio-X no mesmo gráfico.



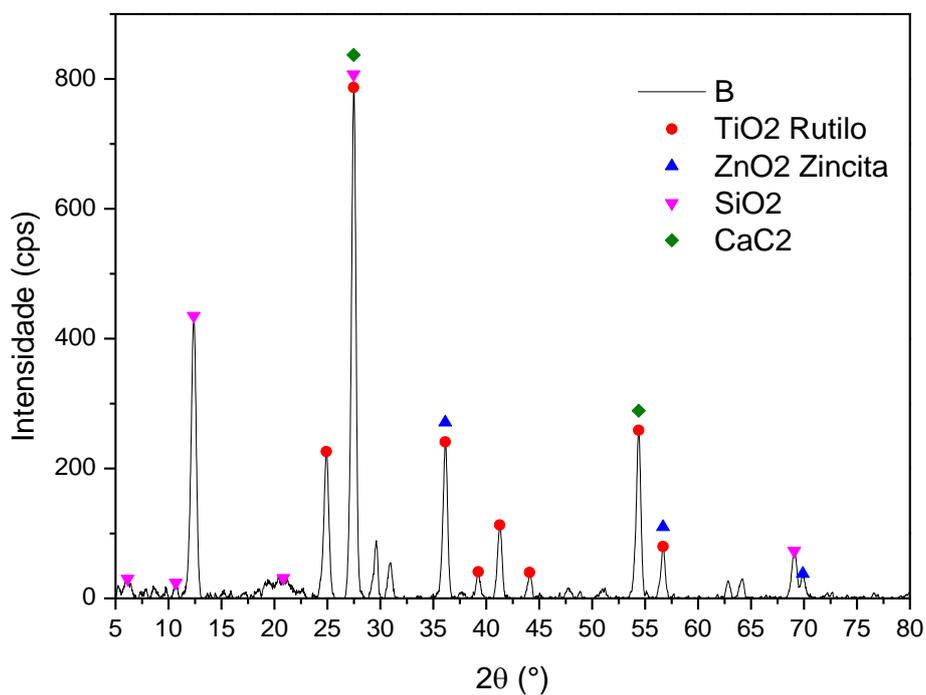
Fonte: o Autor.

Figura 5.8. Resultados das intensidades das composições para as amostras das tintas A, B e C por Raio-X.

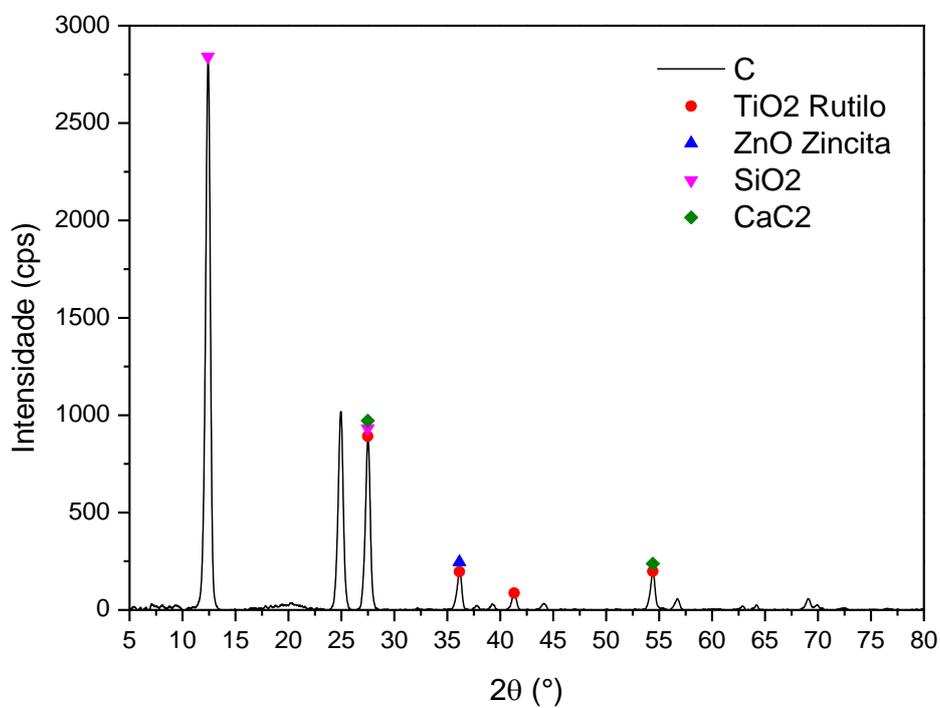
A



B



C



Fonte: o Autor.

6. CONCLUSÕES

A norma brasileira NBR 14892/02 mostrou-se apropriada para identificação da flamabilidade dos filmes das amostras de tinta estudadas neste trabalho, identificadas como Tinta A, B e C. Durante os ensaios a chama não se sustentou e foi possível cronometrar o tempo de queima e dimensionar a sua extensão. Por outro lado, os ensaios realizados de acordo com a norma americana UL 94/01 não foram conclusivos. Isto é, não foi possível classificar os filmes de tinta em relação a flamabilidade, pois durante o ensaio, a chama se sustentou consumindo o corpo de prova rapidamente, impossibilitando a cronometragem da evolução da queima dos corpos de prova dos filmes das tintas A, B e C.

Os testes de avaliação da flamabilidade, do tempo de propagação do fogo e a dimensão da queima em conformidade com a NBR 14892/02 mostraram diferenças no tempo de propagação do fogo e a extensão da queima para os filmes das amostras de tinta investigadas neste trabalho. A amostra de tinta A apresentou grau de flamabilidade Tipo E e foi classificada como combustível, a amostra da tinta B apresentou grau de flamabilidade Tipo C e foi classificada como auto extingüível, assim como a amostra C. Porém a amostra C apresentou o grau de flamabilidade tipo B, pois a chama apagou antes do primeiro traço, isto antes de alcançar 100 mm. Portanto, dos filmes A, B e C o que apresentou o menor grau de flamabilidade foi o filme da amostra C.

Técnicas de análise térmica como a termogravimetria – TGA, aliada a análise de CG do gás resultante provaram ser uma ferramenta inestimável para avaliar a flamabilidade de materiais poliméricos. Os resultados de TGA com ar sintético indicaram o início da pirolise e o pico máximo da queima que coincide com a velocidade máxima de degradação dos filmes de tinta.

O consumidor de tinta acrílica branca comercial aplicada na construção civil deve ter opção por um produto que resulte em um filme com menor capacidade de propagação de chamas, mesmo que ambas as tintas estejam em conformidade com os quesitos normativos da Lei Federal Brasileira de Proteção Contra Incêndio. O consumidor deveria ter acesso às informações mais detalhadas, não somente sobre a tinta no estado líquido, mas também sobre o filme quando esta está aplicada em paredes e teto.

Os resultados das análises realizadas por análise termogravimétrica e calorimetria exploratória diferencial - DSC permitiram estabelecer períodos de coletas de gases.

As análises cromatográficas permitiram uma avaliação preliminar dos principais gases gerados em diferentes temperaturas de queima.

Com a utilização do microscópio eletrônico de varredura por emissão de campo com detector acoplado *energy dispersive x ray spectroscopy* - MEV/FEG/EDS e com o uso do difratômetro de Raio-X foi possível obter as composições dos resíduos das tintas ensaiadas neste trabalho. As diferenças na composição química das tintas confirmaram que cada fabricante possui formulações diferentes para o mesmo produto e que essas diferenças interferem no comportamento do filme em condição de incêndio, quando exposto e seco.

O estudo, presente nesta dissertação, vai ao encontro da demanda dos consumidores e produtores de tinta por subsídios que visão a proteção das pessoas, com o propósito de proteger as construções para uma sociedade mais segura.

7. ATIVIDADES FUTURAS

De acordo com os resultados obtidos para três tipos de tintas comerciais, e sendo não conclusivos, sugere-se os ensaios com maior número de marcas e com composições semelhantes.

Além disso, sugere-se a complementação da pesquisa sobre os elementos tóxicos liberados em condições de incêndio, levando-se em conta outros aditivos e pigmentos utilizados em tintas à base d'água para a construção civil.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 14.892: Ensaio de resistência a chama horizontal**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2002.

ABRAFATI - **Associação Brasileira dos fabricantes de tintas- indicadores do mercado – número do setor**. [homepage na internet]. [acesso em 19 de julho de 2016]. Disponível em: <http://www.abrafati.com.br/indicadores-do-mercado/numeros-do-setor/>

AKZO NOBEL LTDA - Divisão Tintas Decorativas [homepage na internet]. **Ficha de informações de segurança de produtos químicos** [acesso em 18 de maio de 2017]. Disponível em: <https://www.coral.com.br>

ANTONIO A. C. P.; CASTRO P. S.; FREIRE L. O. **Lesão por inalação de fumaça em ambientes fechados: uma atualização**. J. Bras. Pneumol. 2013, p 373-381.

ANGHINETTI, I. C. B. **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias**. Curso de Especialização em Construção Civil. Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia de Materiais e Construção Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

BALOG, K., KOSIK, S., KOSIK, M., REISER, V., SIMEK. I. **Application of Thermal Analysis Procedures to the Combustion and Flammability of Some Polymers**. Thermochim. Acta, n.93, p.167–170, 1985.

BAYON, R. **La Protección Contra Incêndios en La Construcción**. Barcelona: Técnicos Asociados S.A., 1978.

BASF S.A [homepage na internet]. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico** [acesso em 18 de maio de 2017]. Disponível em: <https://www.suvinil.com.br/pt/a-suvinil/materiais-institucionais/boletins-tecnicos.aspx>

BRASÍLIA. Lei Federal nº. 13.425. **Estabelece as diretrizes gerais sobre as medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público**, 2017.

BRENTANO, T. **A Proteção Contra Incêndios no Projeto de Edificações**. Porto Alegre: Ed. T, 2007.

BRENTANO, T. **Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndios nas Edificações**. Porto Alegre: Ed. T, 2011.

CARROLL-PORCZYNSKI, C Z. **Applications of Simultaneous DTA/TGA and DTA/MS Analysis for Predicting the Flammability of Composite Textile Fabrics and Polymers, Composites**, v.4, n.1, p. 9–15, 1973.

CBMSP. **Instrução Técnica nº. 08. Segurança Estrutural nas Edificações Resistência ao Fogo dos Elementos do Construção**. Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2004.

CBMSP. **Instrução Técnica nº. 10. Controle de Materiais de Acabamento e de Revestimento**. Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2011.

DONADIO, P. A. **Manual Básico Sobre Tintas**. [acesso em 19 de julho de 2016]. Em: http://www.aguiaquimica.com/upload/tiny_mce/manual/manual_basico_sobre_tintas.pdf

IKEMATSU P. **Estudo da Refletância e sua influência no comportamento térmico de tintas refletivas e convencionais de cores correspondentes**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica USP. São Paulo, 2007, p 117.

FAZENDA, J. M. R. **Tintas e vernizes: ciência e tecnologia**. Volumes 1 e 2ª. ed. São Paulo: Abrafati, 1995.

GALLO, J. B.; AGNELLI, J. A. M. **Aspectos do comportamento de polímeros em condições de incêndio**. São Paulo, Brasil: Polímeros: Ciência e Tecnologia, 1998.

JANSSENS, L. M. **An Introduction to Mathematical Fire Modeling**. Second Edition. San Antonio, TX – EUA: Southwest Research Institute. 2000, p 105.

JONNA, S.; LYONS, J. **Processing and properties of cryogenically milled postconsumer mixed plastic waste**. *Polymer Testing*. 2005, v. 24, p. 428-434.

KRENMAYR, B. **Experimental parameter finding to model strength and toughness**. *Graz University of Technology*. Graz, Deutschland. April 2015, p 19.

KRASNY, J. F.; PARKER, W. J.; BABRAUSKAS, V. **Fire Behavior of Upholstered Furniture and Mattresses**. 1th edition. New York, USA: William Andrew Publishing, 2007.

LAOUTID, F.; BONNAUD, L.; ALEXANDRE, M.; LOPEZ-CUESTA, J. M. **Dubois Ph. new prospects in flame retardant polymer materials: from fundamentals to nanocomposites**. *Materials Science and engineering R*, 63. 2009, p 100 – 125.

LEVIN, M.; ATLAS, S.M.; PEARCE, E.M. **Flame-Retardant Polymeric Materials**. Volume 2. New York, USA: Plenum Publishing Corporation, 1978.

LOUGHBROUGH, R. **Flame retardants, legislation fire market. Industrial Minerals.** 1991, p. 35-43.

LYON, R. E., WALTERS, R. N., STOLIAROV, S. I. **Thermal analysis and flammability. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry.** v. 89, n. 2, p. 441–448, 2007.

LYON, R. E., WALTERS, R. N., STOLIAROV, S. I. **A Thermal Analysis Method for Measuring Polymer Flammability.** Journal of ASTM International, April 2006, v. 3, n. 4 (Paper ID JAI13895), Disponível *online* em www.astm.org. Acessado em 10 de junho de 2017.

MA, J. “**Analysis on the Fire Risk Existing in the Storage of Textile Materials and Textile Goods**”. Kunming Fire Fighting Command School, Kunming. China, 2014, p. 271 – 275.

MARTINS, J. C.; MARTINELLO K.; POLLA M. B.; FERNANDES, M. P.; DOMINGUINI, L.; FIORI, M. A. **Avaliação das propriedades retardantes de chama de hidróxidos de magnésio e alumínio com fibra de vidro em polipropileno.** Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2011.

BRASÍLIA. Lei Federal nº. 6.514. Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego. **Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis Emprego da Norma Regulamentadora – 20.** 2012.

MINISTRY OF DEFENCE. **Determination of the toxicity index of the products of combustion from small specimens of materials.** Defence Standard 02-713 (NES 713). EUA, April 2000.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Madrid, ES: **Fire Protection Handbook.** Editora Mapfre, 2001.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Quincy, MA, EUA: **NFPA 30.** Flammable and Combustible Liquids Code, 2012.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Quincy, MA, EUA: **NFPA 101.** Código de Proteção à Vida, 2000.

PILZ, C. F. **Influência das propriedades da resina nas propriedades de uma tinta base água.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Escola de Engenharia. UFRGS, 2004, p113.

PPG INDUSTRIAL DO BRASIL – Tintas e Vernizes Ltda [homepage na internet]. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos** [acesso em 18 de maio de 2017]. Disponível em: <http://www.tintasrenner-deco.com.br>

PROMAT INTERNACIONAL – Proteção Contra Incêndio [homepage na internet]. **Curva de Incêndio Padrão Celulósico** [acesso em 01 de agosto de 2017]. Disponível em: <http://www.promat-tunnel.com/en/advices/fire-protection/fire%20curves>

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar nº. 420. Código de Proteção Contra Incêndio**. 1998.

MITIDIARI, M. L. **Proposta de classificação de materiais e componentes construtivos com relação ao comportamento frente ao fogo: reação ao fogo** - Boletim técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Civil, São Paulo, 1998.

MENDES, R. **Patologia do Trabalho**. São Paulo: Editora Atheneu, 2007.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Complementar nº. 14.376. Medidas de Segurança Contra Incêndio nas Edificações e Áreas de Risco de Incêndio**, 2013.

SÃO PAULO. **Decreto Estadual nº. 56.819. Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco**, 2011.

SEITO, A. I.; GIL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; CARLO, U. D.; SILVA e PIGNATTA, V. **Segurança Contra Incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

SHAW, J. R. **Tratamentos Ignifugantes para Materiais Celulósicos**. EUA: Fire Protection Handbook, Publishing house Arthur E. Cote, 2001.

SOUZA, R.; JARDIM C.; SALGE, J. M.; CARVALHO, C. R. R. **Lesão por inalação de fumaça**. J. Bras Pneumol. 2004, p 557 - 65.

STUART, W. A. **“Will toxicity concerns doom workhorse flame retardant systems?”** Modern Plastics international. Julho 1990, p 28 - 32.

THASS. **Simultaneous thermal analyzersn. New balance control technology** [acesso em 18 de agosto de 2017]. Em http://www.thass.org/prod/details.php?lang=en&prod_id=50

UL-94. **Tests for flammability of plastic materials for parts in devices and appliances**.

Northbrook, Illinois - United States: Underwriters Laboratories, 2001.

- United States: Underwriters Laboratories, 2001.

VERKHOLANTSEV, V. V. **Additives for latex paints: direct and side effects**. European Coatings Journal, Hannover, nº. 6. June 2001, p 62-69.

WALD, F. **Fire behaviour and thermal response.** Equesta - Electronic Quality Assured Steel Training & Assessment. Czech Technical University in Prague. April 2009.

9. ANEXOS

9.1. Laudos de Flamabilidade

Página 1 de 3



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
 LABELO - Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica
 Calibração e Ensaio
 Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio



Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob o número CRL 0075

Relatório de Ensaio

Nº FLA 0021/2017

Período de realização dos ensaios: 26/03/2017 até 06/04/2017

Data de emissão do relatório: 09/06/2017

Parte 1 - Identificação e condições gerais

1. Requerente:

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS
 Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 30 - Bloco F - Sala 111
 CEP: 90619-900 - Porto Alegre - RS

2. Objeto ensaiado (amostra):

Descrição: Tinta "A"
 Cor: Branca
 Protocolo LABELO: 43453

* Dados fornecidos pelo requerente

3. Documento(s) normativo(s) utilizado(s):

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14892/2002. Não tecido - Flamabilidade horizontal.
 Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2002.

4. Condições ambientais:

Temperatura: 23 °C ± 5 °C
 Umidade Relativa: 55 % ± 15 %

LABELO/PUCRS

Página 2 de 8

Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0075

Relatório de Ensaio**FLA 0021/2017**

PUCRS – 43403 – Tinta "A" – Branco

Período de realização dos ensaios: 26/03/2017 até 06/04/2017

Data de emissão do relatório: 09/06/2017

5. Rastreabilidade das medições:

Item(ns) do documento normativo	Padrões Utilizados			Certificado de calibração		
	Equipamento	Fabricante / Modelo	TAG	Nº	Validade	Laboratório Emissor
4.5	Cronômetro Digital	Casio/ HS3	1215FLA	FD555/2016	21/10/2017	LABELO CAL 0024
4.4.2 e 4.5	Réguas Metálicas de 1000mm	Arch/ 1000mm	330FIC	00677/2016	15/01/2021	CAL 0325
4.4.2	Paquímetro Digital	Mitutoyo/ CD-6/CSX-B	1659QUI	15846/2016	07/07/2017	CAL 0325
4.4.3	Câmara Climática	Weiss Technik/ WK1 1000/40	398AMX	T1075/2016	18/07/2017	LABELO CAL 0024
4.4.3	Mini Data Logger	Testo/ 174H	1641AMX	LV28484-/2016	14/07/2017	CAL 0127

Padrões de medição rastreados aos padrões primários nacionais e internacionais.

6. Observações:

A definição de conformidade, ou não, da amostra é estabelecida de acordo com os parâmetros e critérios estabelecidos nas documentações normativas deste relatório.

Itens dos documentos normativos de referência deste relatório não descritos como realizados não foram solicitados pelo requerente.

Relatório de Ensaio**FLA 0021/2017**

PUCRS – 43452 – Tinta "A" – Branca

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017

Data de emissão do relatório: 09/05/2017

Parte 2 – Resultados dos ensaios**7. Dispositivos de ensaio:**• **Item 4.3 da NBR 14892/2002 - Aparelhagem**

a) Os ensaios deverão ser realizados em uma câmara de combustão de metal, com dimensões internas de 381 mm x 356 mm x 203 mm, com uma janela de observação em sua parte frontal, com 10 orifícios de ventilação com 19 mm de diâmetro na sua face inferior e uma abertura de ventilação com 12,7 mm de altura na parte superior, composta por:

- uma estrutura interna de suporte e fixação de corpo-de-prova composto por duas placas de metal em formato de "U", entre os quais a amostra deverá ser introduzida;
- um bico de Bunsen, com aproximadamente 9,5 mm de diâmetro interno, colocado no interior da câmara de combustão.

b) capela de ensaio com volume interno mínimo de 20 vezes e não mais que 110 vezes o volume da câmara de combustão. Uma única dimensão, relativa à altura ou à largura, ou ao comprimento da capela, não pode ser 2,5 vezes maior do que qualquer uma das outras duas dimensões da câmara.

8. Amostras:• **Item 4.4.2 da NBR 14892/2002**

Retirar pelo menos cinco corpos-de-prova do material a ser ensaiado. Cada corpo-de-prova deverá ter um formato retangular de 356 mm x 102 mm. A espessura deve corresponder à do material a ser ensaiado, porém não deverá ultrapassar 12,7 mm.

Dados das amostras ensaiadas				
Amostra	Direção da queima	Dimensões da amostra (milímetros)	Superfície	Cor
1	-	353,0 x 102,0 x 0,4	Plana	Branca
2	-	355,0 x 103,0 x 0,4	Plana	Branca
3	-	355,0 x 102,0 x 0,4	Plana	Branca
4	-	355,0 x 102,0 x 0,4	Plana	Branca
5	-	354,0 x 101,0 x 0,4	Plana	Branca

Observação: os corpos de prova são constituídos de um único material

• **Item 4.4.3 da NBR 14892/2002**

Os corpos de prova foram condicionados em um câmara climática durante 24h, na temperatura de 23°C ± 2°C e umidade relativa de 50% ± 4%.

Relatório de Ensaio**FLA 0021/2017**

PUCRS – 43483 – Tinta "A" – Branca

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017

Data de emissão do relatório: 05/02/2017

9. Procedimento:**• Item 4.5 da NBR 14892/2002**

a) após passar a escova duas vezes sobre toda a superfície do corpo-de-prova, este deverá ser colocado dentro do gabinete de ensaio, preso entre o suporte e o fixador em formato de "U". A chama deverá ser aplicada no lado externo quando em uso, ou seja, aquele que é voltado para o habitáculo;

b) o bico de Bunsen deve ser posicionado a uma distância de 19 mm abaixo do centro da extremidade livre da amostra, com uma chama ajustada em 38 mm de altura;

c) a chama deve ser aplicada na extremidade livre mais próxima da marca de 38 mm (Início da zona de cronometragem);

d) a amostra deve ser exposta à chama por 15 segundos, apagando a chama após a aplicação;

e) iniciar a cronometragem do tempo de queima quando a queima atingir a zona de cronometragem;

f) a cronometragem do tempo de queima deverá ser interrompido se a chama se extinguir, ou atingir o segundo traço-referência, distante 254 mm do primeiro, anotando este tempo;

g) medir com a régua o comprimento consumido do corpo-de-prova.

Obs: em caso de ensaios sucessivos, antes de iniciar novo ensaio, deverá ser assegurado de que a temperatura da câmara de combustão e dos prendedores seja inferior 30°C.

NOTA:

- Gás utilizado :GLP

- Zona de cronometragem: de 38,0 a 202,0 milímetros a partir da extremidade livre da amostra.

Relatório de Ensaio**FLA 0021/2017**

PUCRS – 43483 – Tinta "A" – Branca

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017
Data de emissão do relatório: 06/06/2017**10. Classificação****• Item 4.5 da NBR 14892/2002 – Expressão dos resultados**

A norma específica que a classificação deve ser feita da seguinte forma:

Não Combustibilidade

Tipo "A": O material não queima ou apaga-se assim que a chama não está mais em contato com o bico de Bunsen;

Auto-extinção

Tipo "B": O material queima e a combustão pára antes que a chama atinja o primeiro traço referência;

Tipo "C": O material queima e pára de queimar menos de 60 s após o início da cronometragem, e não queima mais de 50 mm do primeiro traço-referência.

Tipo "D": O material queima e a chama apaga-se entre os dois traços de referência, exceto o caso anterior.

Combustível

Tipo "E": A combustão continua até o segundo traço de referência (distante 254 mm do primeiro traço de referência).

11. Resultado:

Corpo de prova	Tempo da queima (s) 38 – 254 mm	Distância da queima L (mm)	Velocidade da queima V (mm/min)	Resultados (Classificação)
1	270,0	216,0	48,0	Tipo E – Combustível
2	238,0	216,0	54,5	Tipo E – Combustível
3	232,0	216,0	55,9	Tipo E – Combustível
4	221,0	216,0	58,6	Tipo E – Combustível
5	297,0	216,0	43,6	Tipo E – Combustível

Resultado: Combustível

Relatório de Ensaio**FLA 0021/2017**

PUCRS – 43453 – Tinta “A” – Branco

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017
Data de emissão do relatório: 05/06/2017**Incertezas de Medição (IM)**

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência “k”, com graus de liberdade efetivos (ν_{eff}) correspondentes a um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Item(ns) do documento normativo	Mensurando	Faixa de medição	Incerteza de Medição	Fator de abrangência (k)
4.5	Velocidade	22,5 – 180 mm/min	4,5 mm/min	2,00

LABELO/PUCRS

Página 7 de 8

Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0375

Relatório de Ensaio**FLA 0021/2017**

PUCRS - 43453 - Tinta "A" - Branca

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017
Data de emissão do relatório: 09/05/2017**Fotos da amostra:**

Foto 1 - Amostra



Foto 2 - Pós queima

Relatório de Ensaio**FLA 0021/2017**

PUCRS – 43453 – Tinta “A” – Branco

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017

Data de emissão do relatório: 05/06/2017

Observações finais:

- Este relatório de ensaio atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório.
- O fornecimento da amostra pelo cliente isenta o LABELO-PUCRS de responsabilidade quanto à sua representatividade em relação a lotes de fabricação e comercialização.
- O presente relatório de ensaio é válido exclusivamente para a amostra ensaiada, nas condições em que foram realizados os ensaios e não sendo extensivo a quaisquer lotes, mesmo que similares.
- A partir do momento em que a amostra é retirada do laboratório, esgota-se a possibilidade de contestação dos resultados ou mesmo de repetição dos ensaios, já que o LABELO-PUCRS deixa de ser responsável pela sua manutenção.
- É vedada a reprodução do presente relatório de ensaio, no todo ou em parte, sem prévia autorização do LABELO-PUCRS originada por solicitação formal do contratante.
- A Cgcre é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation).
- A Cgcre é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da IAAC (InterAmerican Accreditation Cooperation).
- Os ensaios foram realizados nas instalações do LABELO-PUCRS.
- Executor(es) do ensaio: Leonardo C. C. Soares

GILVANI
MONTENEGRO
SANTOS:69541639020

Acesso em forma digital por: GILVANI
MONTENEGRO SANTOS:69541639020
CRL 0075, emitido em 05/06/2017, no Departamento de Gestão
Federal de Ensaio - DGE, sob o nº 0171/17, assinado por:
GILVANI MONTENEGRO SANTOS:69541639020
Data de emissão: 05/06/2017 10:11:46 -0300

Gilvani Montenegro Santos
Signatário Autorizado



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
LABELO - Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica
Calibração e Ensaios
Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios



Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob o número CHL 0075

Relatório de Ensaio

Nº FLA 0022/2017

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017
Data de emissão do relatório: 09/06/2017

Parte 1 - Identificação e condições gerais

1. Requerente:

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS
Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 30 - Bloco F - Sala 111
CEP: 90619-900 - Porto Alegre - RS

2. Objeto ensaiado (amostra):

Descrição: Tinta "B"
Cor: Branca
Protocolo LABELO: 43455

* Dados fornecidos pelo requerente

3. Documento(s) normativo(s) utilizado(s):

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14892/2002. Não tecido - Flamabilidade horizontal.
Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2002.

4. Condições ambientais:

Temperatura: 23 °C ± 5 °C
Umidade Relativa: 55 % ± 15 %

Relatório de Ensaio**FLA 0022/2017**

FUCRS – 40405 – Torre “B” – Branca

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017
Data de emissão do relatório: 09/06/2017**5. Rastreabilidade das medições:**

Item(ns) do documento normativo	Padrões Utilizados			Certificado de calibração		
	Equipamento	Fabricante / Modelo	TAG	Nº	Validade	Laboratório Emissor
4.5	Cronômetro Digital	Casio/ HS3	1215FLA	F0555/2016	21/10/2017	LABELO CAL 0024
4.4.2 e 4.5	Régua Metálica de 1000mm	Arch/ 1000mm	330FIC	00677/2016	15/01/2021	CAL 0325
4.4.2	Paquímetro Digital	Mitutoyo/ CD-6/CSX-B	1659QUI	15846/2016	07/07/2017	CAL 0325
4.4.3	Câmara Climática	Weiss Technik/ WK1 1000/40	398AMX	T1075/2016	18/07/2017	LABELO CAL 0024
4.4.3	Mini Data Logger	Testo/ 174H	1641AMX	LV28484-/2016	14/07/2017	CAL 0127

Padrões de medição rastreados aos padrões primários nacionais e internacionais.

6. Observações:

A definição de conformidade, ou não, da amostra é estabelecida de acordo com os parâmetros e critérios estabelecidos nas documentações normativas deste relatório.

Itens dos documentos normativos de referência deste relatório não descritos como realizados não foram solicitados pelo requerente.

Relatório de Ensaio**FLA 0022/2017**

PUCRS – 43405 – Tinta “B” – Branca

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017
Data de emissão do relatório: 06/06/2017**Parte 2 – Resultados dos ensaios****7. Dispositivos de ensaio:****• Item 4.3 da NBR 14892/2002 - Aparelhagem**

a) Os ensaios deverão ser realizados em uma câmara de combustão de metal, com dimensões internas de 381 mm x 356 mm x 203 mm, com uma janela de observação em sua parte frontal, com 10 orifícios de ventilação com 19 mm de diâmetro na sua face inferior e uma abertura de ventilação com 12,7 mm de altura na parte superior, composta por:

- uma estrutura interna de suporte e fixação de corpo-de-prova composto por duas placas de metal em formato de “U”, entre os quais a amostra deverá ser introduzida;
- um bico de Bunsen, com aproximadamente 9,5 mm de diâmetro interno, colocado no interior da câmara de combustão.

b) capela de ensaio com volume interno mínimo de 20 vezes e não mais que 110 vezes o volume da câmara de combustão. Uma única dimensão, relativa à altura ou à largura, ou ao comprimento da capela, não pode ser 2,5 vezes maior do que qualquer uma das outras duas dimensões da câmara.

8. Amostras:**• Item 4.4.2 da NBR 14892/2002**

Retirar pelo menos cinco corpos-de-prova do material a ser ensaiado. Cada corpo-de-prova deverá ter um formato retangular de 356 mm x 102 mm. A espessura deve corresponder à do material a ser ensaiado, porém não deverá ultrapassar 12,7 mm.

Dados das amostras ensaiadas				
Amostra	Direção da queima	Dimensões da amostra (milímetros)	Superfície	Cor
1	-	355,0 x 103,0 x 0,4	Plana	Branca
2	-	355,0 x 102,0 x 0,4	Plana	Branca
3	-	354,0 x 103,0 x 0,4	Plana	Branca
4	-	353,0 x 104,0 x 0,4	Plana	Branca
5	-	354,0 x 101,0 x 0,4	Plana	Branca

Observação: os corpos de prova são constituídos de um único material

• Item 4.4.3 da NBR 14892/2002

Os corpos de prova foram condicionados em um câmara climática durante 24h, na temperatura de 23°C ± 2°C e umidade relativa de 50% ± 4%.

Relatório de Ensaio**FLA 0022/2017**

PUCRS – 43455 – Tinta “B” – Branco

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017

Data de emissão do relatório: 05/05/2017

9. Procedimento:**• Item 4.5 da NBR 14852/2002**

- a) após passar a escova duas vezes sobre toda a superfície do corpo-de-prova, este deverá ser colocado dentro do gabinete de ensaio, preso entre o suporte e o fixador em formato de “U”. A chama deverá ser aplicada no lado externo quando em uso, ou seja, aquela que é voltado para o habitáculo;
- b) o bico de Bunsen deve ser posicionado a uma distância de 19 mm abaixo do centro da extremidade livre da amostra, com uma chama ajustada em 38 mm de altura;
- c) a chama deve ser aplicada na extremidade livre mais próxima da marca de 38 mm (início da zona de cronometragem);
- d) a amostra deve ser exposta à chama por 15 segundos, apagando a chama após a aplicação;
- e) iniciar a cronometragem do tempo de queima quando a queima atingir a zona de cronometragem;
- f) a cronometragem do tempo de queima deverá ser interrompido se a chama se extinguir, ou atingir o segundo traço-referência, distante 254 mm do primeiro, anotando este tempo;
- g) medir com a régua o comprimento consumido do corpo-de-prova.

Obs: em caso de ensaios sucessivos, antes de iniciar novo ensaio, deverá ser assegurado de que a temperatura da câmara de combustão e dos prendedores seja inferior 30°C.

NOTA:

- Gás utilizado (GLP): Butano com 99,9% de pureza – Certificado 40124069 de 10/03/2011 – White Martins
- Zona de cronometragem: de 38,0 a 292,0 milímetros a partir da extremidade livre da amostra.

Relatório de Ensaio**FLA 0022/2017**

PUCRS – 43485 – Tinta "B" – Branca

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017
Data de emissão do relatório: 05/06/2017**10. Classificação**

• Item 4.5 da NBR 14892/2002 – Expressão dos resultados

A norma específica que a classificação deve ser feita da seguinte forma:

Não Combustibilidade

Tipo "A": O material não queima ou apaga-se assim que a chama não está mais em contato com o bico de Bunsen;

Auto-extinção

Tipo "B": O material queima e a combustão pára antes que a chama atinja o primeiro traço referência;

Tipo "C": O material queima e pára de queimar menos de 60 s após o início da cronometragem, e não queima mais de 50 mm do primeiro traço-referência.

Tipo "D": O material queima e a chama apaga-se entre os dois traços de referência, exceto o caso anterior.

Combustível

Tipo "E": A combustão continua até o segundo traço de referência (distante 254 mm do primeiro traço de referência).

11. Resultado:

Corpo de prova	Tempo da queima (s) 38 – 254 mm	Distância da queima L (mm)	Velocidade da queima V (mm/min)	Resultados (Classificação)
1	0,0	0,0	0,0	Tipo B – Auto-extinção
2	29,0	11,0	26,8	Tipo C – Auto-extinção
3	30,0	9,0	18,0	Tipo C – Auto-extinção
4	38,0	12,0	18,9	Tipo C – Auto-extinção
5	25,0	9,0	21,6	Tipo C – Auto-extinção

Resultado: Auto-extinção

Relatório de Ensaio**FLA 0022/2017**

PUCRS – 43408 – Tinta “B” – Branco

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017

Data de emissão do relatório: 05/09/2017

Incertezas de Medição (IM)

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência “k”, com graus de liberdade efetivos (ν_{eff}) correspondentes a um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Item(ns) do documento normativo	Mensurando	Faixa de medição	Incerteza de Medição	Fator de abrangência (k)
4.5	Velocidade	22,5 – 180 mm/min	4,5 mm/min	2,00

LABELO/PUCRS

Página 7 de 8

Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0078

Relatório de Ensaio**FLA 0022/2017**

PUCRS – 43455 – Tinta “B” – Branco

Período de realização dos ensaios: 25/03/2017 até 05/04/2017
Data de emissão do relatório: 05/06/2017**Fotos da amostra:**

Foto 1 – Amostra



Foto 2 – Pós queima

Relatório de Ensaio**FLA 0022/2017**

PUCRS – 43408 – Tinta “B” – Branca

Período de realização dos ensaios: 20/03/2017 até 06/04/2017
Data de emissão do relatório: 09/06/2017**Observações finais:**

- Este relatório de ensaio atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório.
- O fornecimento da amostra pelo cliente isenta o LABELO-PUCRS de responsabilidade quanto à sua representatividade em relação a lotes de fabricação e comercialização.
- O presente relatório de ensaio é válido exclusivamente para a amostra ensaiada, nas condições em que foram realizados os ensaios e não sendo extensivo a quaisquer lotes, mesmo que similares.
- A partir do momento em que a amostra é retirada do laboratório, esgota-se a possibilidade de contestação dos resultados ou mesmo de repetição dos ensaios, já que o LABELO-PUCRS deixa de ser responsável pela sua manutenção.
- É vedada a reprodução do presente relatório de ensaio, no todo ou em parte, sem prévia autorização do LABELO-PUCRS originada por solicitação formal do contratante.
- A Cgcre é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation).
- A Cgcre é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da IAAC (InterAmerican Accreditation Cooperation).
- Os ensaios foram realizados nas instalações do LABELO-PUCRS.
- Executor(es) do ensaio: Leonardo C. C. Soares

GILVANI MONTENEGRO
SANTOS:69541639020

Assinado eletronicamente pelo(a) GILVANI MONTENEGRO SANTOS
CPF nº 695.416.390-20
Insc. Est. nº 07.000.000.000-00
Insc. Prof. nº 07.000.000.000-00
Insc. Rec. nº 07.000.000.000-00
Data: 09/06/2017 10:16:00 -0300

Gilvani Montenegro Santos
Signatário Autorizado



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
LABELO - Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica
 Calibração e Ensaios
 Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios



Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob o número CRL 9075

Relatório de Ensaio

Nº FLA 0023/2017

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017
 Data de emissão do relatório: 09/06/2017

Parte 1 - Identificação e condições gerais

1. Requerente:

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS
 Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 30 - Bloco F - Sala 111
 CEP: 90619-900 - Porto Alegre - RS

2. Objeto ensaiado (amostra):

Descrição: Tinta *C*
 Cor: Branca
 Protocolo LABELO: 43457

* Dados fornecidos pelo requerente

2.1. Documentação que acompanha a amostra:

Sem documentação de acompanhamento

3. Documento(s) normativo(s) utilizado(s):

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14892/2002. Não tecido - Flamabilidade horizontal.
 Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2002.

4. Condições ambientais:

Temperatura: 23 °C ± 5 °C
 Umidade Relativa: 55 % ± 15 %

Relatório de Ensaio**FLA 0023/2017**

PUCRS – 43457 – Tinta “C” – Branda

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017

Data de emissão do relatório: 09/05/2017

5. Rastreabilidade das medições:

Item(s) do documento normativo	Padrões Utilizados			Certificado de calibração		
	Equipamento	Fabricante / Modelo	TAG	Nº	Validade	Laboratório Emissor
4.5	Cronômetro Digital	Casio/ H83	1215FLA	F0555/2016	21/10/2017	LABELO CAL 0024
4.4.2 e 4.5	Régua Metálica de 1000mm	Arch/ 1000mm	330FIC	00677/2016	15/01/2021	CAL 0325
4.4.2	Paquímetro Digital	Mitutoyo/ CD-6/CSX-B	1659QUI	15846/2016	07/07/2017	CAL 0325
4.4.3	Câmara Climática	Wels Technik/ WK1 1000/40	398AMX	T1075/2016	18/07/2017	LABELO CAL 0024
4.4.3	Mini Data Logger	Testo/ 174H	1641AMX	LV28484-/2016	14/07/2017	CAL 0127

Padrões de medição rastreados aos padrões primários nacionais e internacionais.

6. Observações:

A definição de conformidade, ou não, da amostra é estabelecida de acordo com os parâmetros e critérios estabelecidos nas documentações normativas deste relatório.

Itens dos documentos normativos de referência deste relatório não descritos como realizados não foram solicitados pelo requerente.

Relatório de Ensaio**FLA 0023/2017**

PUCRS – 43467 – Tinta "C" – Branca

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017

Data de emissão do relatório: 09/06/2017

Parte 2 – Resultados dos ensaios**7. Dispositivos de ensaio:****• Item 4.3 da NBR 14892/2002 - Aparelhagem**

a) Os ensaios deverão ser realizados em uma câmara de combustão de metal, com dimensões internas de 381 mm x 356 mm x 203 mm, com uma janela de observação em sua parte frontal, com 10 orifícios de ventilação com 19 mm de diâmetro na sua face inferior e uma abertura de ventilação com 12,7 mm de altura na parte superior, composta por:

- uma estrutura interna de suporte e fixação de corpo-de-prova composto por duas placas de metal em formato de "U", entre os quais a amostra deverá ser introduzida;
- um bico de Bunsen, com aproximadamente 9,5 mm de diâmetro interno, colocado no interior da câmara de combustão.

b) capela de ensaio com volume interno mínimo de 20 vezes e não mais que 110 vezes o volume da câmara de combustão. Uma única dimensão, relativa à altura ou à largura, ou ao comprimento da capela, não pode ser 2,5 vezes maior do que qualquer uma das outras duas dimensões da câmara.

8. Amostras:**• Item 4.4.2 da NBR 14892/2002**

Retirar pelo menos cinco corpos-de-prova do material a ser ensaiado. Cada corpo-de-prova deverá ter um formato retangular de 356 mm x 102 mm. A espessura deve corresponder à do material a ser ensaiado, porém não deverá ultrapassar 12,7 mm.

Dados das amostras ensaiadas				
Amostra	Direção da queima	Dimensões da amostra (milímetros)	Superfície	Cor
1	-	354,0 x 102,0 x 0,4	Plana	Branca
2	-	355,0 x 103,0 x 0,4	Plana	Branca
3	-	354,0 x 102,0 x 0,4	Plana	Branca
4	-	355,0 x 102,0 x 0,4	Plana	Branca
5	-	355,0 x 102,0 x 0,4	Plana	Branca

Observação: os corpos de prova são constituídos de um único material

• Item 4.4.3 da NBR 14892/2002

Os corpos de prova foram condicionados em um câmara climática durante 24h, na temperatura de 23°C ± 2°C e umidade relativa de 50% ± 4%.

Relatório de Ensaio**FLA 0023/2017**

PUCRS – 43467 – Tinta "C" – Branca

Período de realização dos ensaios: 20/03/2017 até 06/04/2017
Data de emissão do relatório: 09/06/2017**9. Procedimento:****• Item 4.5 da NBR 14892/2002**

a) após passar a escova duas vezes sobre toda a superfície do corpo-de-prova, este deverá ser colocado dentro do gabinete de ensaio, preso entre o suporte e o fixador em formato de "U". A chama deverá ser aplicada no lado externo quando em uso, ou seja, aquele que é voltado para o habitáculo;

b) o bloco de Bunsen deve ser posicionado a uma distância de 19 mm abaixo do centro da extremidade livre da amostra, com uma chama ajustada em 38 mm de altura;

c) a chama deve ser aplicada na extremidade livre mais próxima da marca de 38 mm (Início da zona de cronometragem);

d) a amostra deve ser exposta à chama por 15 segundos, apagando a chama após a aplicação;

e) Iniciar a cronometragem do tempo de queima quando a queima atingir a zona de cronometragem;

f) a cronometragem do tempo de queima deverá ser interrompido se a chama se extinguir, ou atingir o segundo traço-referência, distante 254 mm do primeiro, anotando este tempo;

g) medir com a régua o comprimento consumido do corpo-de-prova.

Obs: em caso de ensaios sucessivos, antes de iniciar novo ensaio, deverá ser assegurado de que a temperatura da câmara de combustão e dos prendedores seja inferior 30°C.

NOTA:

- Gás utilizado (GLP): Butano com 99,9% de pureza – Certificado 40124069 de 10/03/2011 – White Martins

- Zona de cronometragem: de 38,0 a 292,0 milímetros a partir da extremidade livre da amostra.

Relatório de Ensaio**FLA 0023/2017**

PUCRS – 42457 – Tinta “C” – Branco

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017
Data de emissão do relatório: 05/06/2017**10. Classificação**

• Item 4.5 da NBR 14892/2002 – Expressão dos resultados

A norma específica que a classificação deve ser feita da seguinte forma:

Não Combustibilidade

Tipo “A”: O material não queima ou apaga-se assim que a chama não está mais em contato com o bloco de Bunsen;

Auto-extinção

Tipo “B”: O material queima e a combustão para antes que a chama atinja o primeiro traço referência;

Tipo “C”: O material queima e para de queimar menos de 60 s após o início da cronometragem, e não queima mais de 50 mm do primeiro traço-referência.

Tipo “D”: O material queima e a chama apaga-se entre os dois traços de referência, exceto o caso anterior.

Combustível

Tipo “E”: A combustão continua até o segundo traço de referência (distante 254 mm do primeiro traço de referência).

11. Resultado:

Corpo de prova	Tempo da queima (s) 38 – 254 mm	Distância da queima L (mm)	Velocidade da queima V (mm/min)	Resultados (Classificação)
1	0,0	0,0	0,0	Tipo B – Auto-extinção
2	0,0	0,0	0,0	Tipo B – Auto-extinção
3	0,0	0,0	0,0	Tipo B – Auto-extinção
4	0,0	0,0	0,0	Tipo B – Auto-extinção
5	0,0	0,0	0,0	Tipo B – Auto-extinção

Resultado: Auto-extinção

Relatório de Ensaio**FLA 0023/2017**

PUCRS – 43457 – Tinta "C" – Branco

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017
Data de emissão do relatório: 06/06/2017**Incertezas de Medição (IM)**

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência "k", com graus de liberdade efetivos (ν_{eff}) correspondentes a um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Item(ns) do documento normativo	Mensurando	Faixa de medição	Incerteza de Medição	Fator de abrangência (k)
4.5	Velocidade	22,5 – 180 mm/min	4,5 mm/min	2,00

LABELO/PUCRS

Página 7 de 8

Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CR. 0075

Relatório de Ensaio**FLA 0023/2017**

PUCRS - 43457 - Tinta "C" - Branco

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017

Data de emissão do relatório: 03/05/2017

Fotos da amostra:

Foto 1 - Amostra



Foto 2 - Pós queima

Relatório de Ensaio**FLA 0023/2017**

PUCRS – 43457 – Tinta “C” – Branco

Período de realização dos ensaios: 28/03/2017 até 06/04/2017
Data de emissão do relatório: 03/05/2017**Observações finais:**

- Este relatório de ensaio atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório.
- O fornecimento da amostra pelo cliente isenta o LABELO-PUCRS de responsabilidade quanto a sua representatividade em relação a lotes de fabricação e comercialização.
- O presente relatório de ensaio é válido exclusivamente para a amostra ensaiada, nas condições em que foram realizados os ensaios e não sendo extensivo a quaisquer lotes, mesmo que similares.
- A partir do momento em que a amostra é retirada do laboratório, esgota-se a possibilidade de contestação dos resultados ou mesmo de repetição dos ensaios, já que o LABELO-PUCRS deixa de ser responsável pela sua manutenção.
- É vedada a reprodução do presente relatório de ensaio, no todo ou em parte, sem prévia autorização do LABELO-PUCRS originada por solicitação formal do contratante.
- A Cgcre é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation).
- A Cgcre é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da IAAC (InterAmerican Accreditation Cooperation).
- Os ensaios foram realizados nas instalações do LABELO-PUCRS.
- Executor(es) do ensaio: Leonardo C. C. Soares

GILVANI
MONTENEGRO
SANTOS:69541639020

Assinado eletronicamente pelo(s) GILVANI MONTENEGRO SANTOS
CPF nº 027.890.111-00
Físico do Brasil - RG nº 000.179.02 - em 05/05/2017
LABELO PUCRS - CR 0075
LABELO/PUCRS
E-mail: labelo@pucrs.br

Gilvani Montenegro Santos
Signatário Autorizado



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
 LABELO - Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica
 Calibração e Ensaio



Relatório de Ensaio

Nº FLA 0024s/2017

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017
 Data de emissão do relatório: 12/06/2017

Parte 1 - Identificação e condições gerais

1. Requerente:

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS
 Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 30 - Bloco F - Sala 111
 CEP: 90619-900 - Porto Alegre - RS

2. Objeto ensalado (amostra):

Descrição: Tinta *A*
 Cor: Branca
 Protocolo LABELO: 43451

* Dados fornecidos pelo requerente

3. Documento(s) normativo(s) utilizado(s):

Underwriters Laboratories Inc. Standard for Safety. UL 94 - Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances. Northbrook, IL, USA, 2001

4. Condições ambientais:

Itens 5.10 e 6.1 da UL 94/2001

As amostras deverão ser pré-condicionadas a uma temperatura de 23 ± 2 °C e umidade relativa de 50 ± 5 % por um período mínimo de 48 horas.

Relatório de Ensaio**Nº FLA 0024s/2017**

PUCRS – 43451 – Tipo 'A' – Branco

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017
Data de emissão do relatório: 12/06/2017**5. Rastreabilidade das medições:**

Item(ns) do documento normativo	Padrões Utilizados			Certificado de calibração		
	Equipamento	Fabricante / Modelo	TAG	Nº	Validade	Laboratório Emissor
7.5 e 8.5	Cronômetro Digital	Casio/ HS3	1215FLA	F0555/2016	21/10/2017	LABELO CAL 0024
7.3, 7.4.1, 7.5 e 8.5	Régua Metálica de 1000mm	Arch/ 1000mm	330F/O	00677/2016	15/01/2021	CAL 0325
7.3, 7.4.1, 7.5 e 8.5	Paquímetro Digital	Mitutoyo/ CD-6C-SX-B	1659QUI	15846/2016	07/07/2017	CAL 0325
5.10 e 6.1	Câmara Climática	Weiss Technik/ WK1 1000/40	398AMX	T1075/2016	18/07/2017	LABELO CAL 0024
5.10 e 6.1	Mini Data Logger	Testo/ 174H	1641AMX	LV28484-/2016	14/07/2017	CAL 0127

Tabela 2 – Padrões de medição rastreados aos padrões primários nacionais e internacionais.

6. Observações:

A definição de conformidade, ou não, da amostra é estabelecida de acordo com os parâmetros e critérios estabelecidos nas documentações normativas deste relatório.

Itens dos documentos normativos de referência deste relatório não descritos como realizados não foram solicitados pelo requerente.

Relatório de Ensaio

N° FLA 0024s/2017

PUCRS – 43461 – Tinta 1A – Branco

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017
Data de emissão do relatório: 12/05/2017

Parte 2 – Resultados dos ensaios

7. Ensaio

7.1. Aparelhagem:

• Item 7.2 da UL 94/2001

- Os ensaios deverão ser realizados no interior de uma câmara com um volume interno mínimo de 0,5 m³, equipada com sistema de exaustão para remoção dos produtos de combustão que podem se tóxico;
- Um bico de Bunsen (queimador) com um comprimento de 100 ± 10 mm e um diâmetro interior de 9,5 ± 0,3 mm, com aproximadamente 9,5 mm de diâmetro interno.

7.2. Amostras:

• Item 7.3 e 7.4.1 da UL 94/2001

Dois conjuntos (set) de três amostras no formato de barra padrão com um comprimento de 125,0 ± 5,0 mm por 13,0 ± 0,5 mm de largura. A espessura máxima não deverá ser superior a 13,0 mm, com arestas lisas.

Observação: Foi recebido um (set) de 5 amostras e todas amostras atenderam as especificações acima.

7.3. Procedimento

Item 7.5 da UL 94/2001

- Cada amostra a ser testada deverá ser marcada com duas linhas perpendiculares ao eixo longitudinal da barra, a 25 ± 1 mm e a 100 ± 1 mm a partir da extremidade livre;
- A amostra barra deverá ser fixada com seu eixo transversal inclinado 45° ± 2°;
- O queimador é suportado a 45° em relação a horizontal;
- O queimador deverá ser ajustado até produzir uma chama de cor azul com 20 ± 1 mm de altura, posteriormente posicionado a 45° em relação a horizontal;
- A chama deverá ser aplicada na borda inferior da extremidade livre mais perto da marca dos 25 ± 1 mm, de modo que a chama atinja uma profundidade de 6 ± 1 mm do eixo longitudinal da amostra;
- A chama deverá ser aplicada por 30 segundos, e então retirada;
- Iniciar a cronometragem quanto a frente da chama atingir a marca dos 25 ± 1 mm, interrompendo a mesma quando a chama atingir a marca dos 100 ± 1 mm ou se extinguir;
- Medir a extensão da queima entre as marcas de 25 ± 1 mm e 100 ± 1 mm;
- Se a frente de chama passou a marca de 100 mm, L = 75 mm;
- Se apenas uma amostra deste conjunto não cumprir os requisitos, outro conjunto de três amostras deverá ser ensaiado. Todas as amostras deste segundo conjunto devem satisfazer os requisitos de acordo com a espessura para que o mesmo seja classificado como HB.

Relatório de Ensaio**N° FLA 0024s/2017**

PUCRS – 43451 – Tinta “A” – Branca

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017

Data de emissão do relatório: 12/05/2017

7.4. Resultados**Itens 7.1.2 a 7.1.4, 7.5.9, 7.5.10 e 7.7 da UL 94/2001**

O material é classificado como HB quando:

- Para amostras com espessura de 3,0 - 13 mm – não ter uma velocidade de combustão superior a 40 mm/min ao longo de um período de 75 mm;
- Para as amostras com uma espessura inferior a 3,0 mm – não ter uma velocidade de combustão superior a 75 mm/min ao longo de 75 mm;
- Deixar de queimar antes da marca de referência de 100 mm.

Se apenas uma amostra deste conjunto não cumprir os requisitos, outro conjunto de três amostras deverá ser ensaiado. Todas as amostras deste segundo conjunto devem satisfazer os requisitos de acordo com a espessura para que o mesmo seja classificado como HB.

Corpo de prova	Tempo de queima entre 25 e 100 mm	Velocidade da queima V (mm/min)	Resultados (Classificação)
1 C	Sim	17,8	HB
2 C	Sim	2,8	HB
3 C	Sim	12,0	HB
4 C	Sim	27,8	HB
5 C	Sim	20,0	HB

Relatório de Ensaio

N° FLA 0024s/2017

PUCRS – 45451 – Tinta “A” – Branco

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017

Data de emissão do relatório: 12/05/2017

7.5. Procedimento

Item 8.5 da UL 94/2001

- A) A amostra deverá ser prensada a 6 mm do seu limite superior no eixo longitudinal de maneira que o limite inferior da amostra esteja a 300 ± 10 mm acima da camada horizontal inferior de algodão.
- B) O queimador deverá ser ajustado até produzir uma chama de cor azul com 20 ± 1 mm de altura, a chama deverá ser aplicada na borda inferior diretamente sob a amostra.
- C) A chama deverá ser aplicada por 10 segundos, após isso remova o queimador e inicie o registro de t1.
- D) Após a extinção da chama na amostra imediatamente posicione o queimador sobre a amostra e aplique a chama por mais 10 segundos e registre t2 e t3.

7.6. Resultados

Item 8.6.1 da UL 94/2001

Os critérios de avaliação para classificação do material são:

- A) Tempo de pós chama após primeira aplicação, t1.
- B) Tempo de pós chama após segunda aplicação, t2.
- C) Tempo de pós incandescência após segunda aplicação, t3.
- D) Condição caso a amostra queime até a garra de suporte.
- E) Condição caso a amostra goteje partículas inflamáveis no algodão.

Resultado: Em todos os corpos de prova, a amostra se extinguiu completamente antes do término de aplicação da chama, impossibilitando o registro de t1, t2 e t3, conseqüentemente atingiu a garra de suporte e também houve a ignição do algodão.

Em função dos resultados obtidos e considerando a classificação apresentada na tabela 8.1 da norma (requisitos para classificação V2, V1, V0), identificamos que a amostra não atende os requisitos de nenhuma destas classificações.

Relatório de Ensaio**Nº FLA 0024s/2017**

PUCRS - 43481 - Tinta 'A' - Branco

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017
Data de emissão do relatório: 12/05/2017**Fotos da amostra:**

Foto 1

Relatório de Ensaio**Nº FLA 0024s/2017**

PUCRS – 43451 – Tinta 'A' – Branca

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017
Data de emissão do relatório: 12/05/2017**Observações finais:**

- O fornecimento da amostra pelo cliente isenta o LABELO-PUCRS de responsabilidade quanto à sua representatividade em relação a lotes de fabricação e comercialização.
- O presente relatório de ensaio é válido exclusivamente para a amostra ensalada, nas condições em que foram realizados os ensaios e não sendo extensivo a quaisquer lotes, mesmo que similares.
- A partir do momento em que a amostra é retirada do laboratório, esgota-se a possibilidade de contestação dos resultados ou mesmo de repetição dos ensaios, já que o LABELO-PUCRS deixa de ser responsável pela sua manutenção.
- É vedada a reprodução do presente relatório de ensaio, no todo ou em parte, sem prévia autorização do LABELO-PUCRS originada por solicitação formal do contratante.
- Os ensaios foram realizados nas instalações do LABELO-PUCRS.
- Executor(es) do ensaio: Leonardo Correa Candido Soares

GILVANI
MONTENEGRO
SANTOS:69541639020

Assinado em forma digital por LEONARDO
CORREA CANDIDO SOARES
CNPJ nº 07.964.300/0001-00
Título nº 4040-016, em RE nº 171.41,
em 05/05/2017 às 09:57:11, no CEFAM
SERVIDOR:SERVIDOR01/PUCRS
Data: 2017/05/12 09:57:11 -0300

Gilvani Montenegro Santos
Coordenador da Área de Ensaos em
Equipamentos de Uso Profissional e Infra-estrutura



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
 LABELO - Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica
 Calibração e Ensaio



Relatório de Ensaio

Nº FLA 0025s/2017

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2015
 Data de emissão do relatório: 19/05/2015

Parte 1 - Identificação e condições gerais

1. Requerente:

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS
 Av. Ipiranga, 6681 – Prédio 30 – Bloco F – Sala 111
 CEP: 90619-900 - Porto Alegre - RS

2. Objeto ensalado (amostra):

Descrição: Tinta "B"
 Cor: Branca
 Protocolo LABELO: 43454

* Dados fornecidos pelo requerente

3. Documento(s) normativo(s) utilizado(s):

Underwriters Laboratories Inc. Standard for Safety. UL 94 - Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances. Northbrook, IL, USA, 2001

4. Condições ambientais:

Itens 5.10 e 6.1 da UL 94/2001

As amostras deverão ser pré-acondicionadas a uma temperatura de 23 ± 2 °C e umidade relativa de 50 ± 5 % por um período mínimo de 48 horas.

Relatório de Ensaio**Nº FLA 0025s/2017**

PUCRS – 43454 – Torre “B” – Branco

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017

Data de emissão do relatório: 13/05/2017

5. Rastreabilidade das medições:

Item(ns) do documento normativo	Padrões Utilizados			Certificado de calibração		
	Equipamento	Fabricante / Modelo	TAG	Nº	Validade	Laboratório Emissor
7.5 e 8.5	Cronômetro Digital	Casio/ HS3	1215FLA	F0555/2016	21/10/2017	LABELO CAL 0024
7.3, 7.4.1, 7.5 e 8.5	Régua Metálica de 1000mm	Arch/ 1000mm	330FIC	00677/2016	15/01/2021	CAL 0325
7.3, 7.4.1, 7.5 e 8.5	Paquímetro Digital	Mitutoyo/ CD-6C-SX-B	1659QUI	15846/2016	07/07/2017	CAL 0325
5.10 e 6.1	Câmara Climática	Weiss Technik/ WK1 1000/40	398AMX	T1075/2016	18/07/2017	LABELO CAL 0024
5.10 e 6.1	Mini Data Logger	Testo/ 174H	1641AMX	LV28484-/2016	14/07/2017	CAL 0127

Tabela 2 – Padrões de medição rastreados aos padrões primários nacionais e internacionais.

6. Observações:

A definição de conformidade, ou não, da amostra é estabelecida de acordo com os parâmetros e critérios estabelecidos nas documentações normativas deste relatório.

Itens dos documentos normativos de referência deste relatório não descritos como realizados não foram solicitados pelo requerente.

Relatório de Ensaio**N° FLA 0025s/2017**

PUCRS – 43454 – Tinta "B" – Branca

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017
Data de emissão do relatório: 12/06/2017**Parte 2 – Resultados dos ensaios****7. Ensaio****7.1. Aparelhagem:****• Item 7.2 da UL 94/2001**

- Os ensaios deverão ser realizados no interior de uma câmara com um volume interno mínimo de 0,5 m³, equipada com sistema de exaustão para remoção dos produtos de combustão que podem ser tóxicos;
- Um bico de Bunsen (queimador) com um comprimento de 100 ± 10 mm e um diâmetro interior de 9,5 ± 0,3 mm, com aproximadamente 9,5 mm de diâmetro interno.

7.2. Amostras:**• Item 7.3 e 7.4.1 da UL 94/2001**

Dois conjuntos (set) de três amostras no formato de barra padrão com um comprimento de 125,0 ± 5,0 mm por 13,0 ± 0,5 mm de largura. A espessura máxima não deverá ser superior a 13,0 mm, com arestas lisas.

Observação: Foi recebido um (set) de 5 amostras e todas amostras atenderam as especificações acima.

7.3. Procedimento**Item 7.5 da UL 94/2001**

- Cada amostra a ser testada deverá ser marcada com duas linhas perpendiculares ao eixo longitudinal da barra, a 25 ± 1 mm e a 100 ± 1 mm a partir da extremidade livre;
- A amostra barra deverá ser fixada com seu eixo transversal inclinado 45° ± 2°;
- O queimador é suportado a 45° em relação a horizontal;
- O queimador deverá ser ajustado até produzir uma chama de cor azul com 20 ± 1 mm de altura, posteriormente posicionado a 45° em relação a horizontal;
- A chama deverá ser aplicada na borda inferior da extremidade livre mais perto da marca dos 25 ± 1 mm, de modo que a chama atinja uma profundidade de 6 ± 1 mm do eixo longitudinal da amostra;
- A chama deverá ser aplicada por 30 segundos, e então retirada;
- Iniciar a cronometragem quando a frente da chama atingir a marca dos 25 ± 1 mm, interrompendo a mesma quando a chama atingir a marca dos 100 ± 1 mm ou se extinguir;
- Medir a extensão da queima entre as marcas de 25 ± 1 mm e 100 ± 1 mm;
- Se a frente de chama passou a marca de 100 mm, L = 75 mm;
- Se apenas uma amostra deste conjunto não cumprir os requisitos, outro conjunto de três amostras deverá ser ensaiado. Todas as amostras deste segundo conjunto devem satisfazer os requisitos de acordo com a espessura para que o mesmo seja classificado como HB.

Relatório de Ensaio**Nº FLA 0025s/2017**

PUCRS – 43454 – Tinta "B" – Branca

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017

Data de emissão do relatório: 12/05/2017

7.4. Resultados

Itens 7.1.2 a 7.1.4, 7.5.9, 7.5.10 e 7.7 da UL 94/2001

O material é classificado como HB quando:

- Para amostras com espessura de 3,0 - 13 mm – não ter uma velocidade de combustão superior a 40 mm/min ao longo de um período de 75 mm;
- Para as amostras com uma espessura inferior a 3,0 mm – não ter uma velocidade de combustão superior a 75 mm/min ao longo de 75 mm;
- Deixar de queimar antes da marca de referência de 100 mm.

Se apenas uma amostra deste conjunto não cumprir os requisitos, outro conjunto de três amostras deverá ser ensaiado. Todas as amostras deste segundo conjunto devem satisfazer os requisitos de acordo com a espessura para que o mesmo seja classificado como HB.

Corpo de prova	Tempo de queima entre 25 e 100 mm	Velocidade da queima V (mm/min)	Resultados (Classificação)
1 C	Sim	33,8	HB
2 C	Sim	27,3	HB
3 C	Sim	22,5	HB
4 C	Sim	10,7	HB
5 C	Sim	21,2	HB

Relatório de Ensaio

N° FLA 0025s/2017

PUCRS – 43454 – Tinta "B" – Branco

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017

Data de emissão do relatório: 12/06/2017

7.5. Procedimento

Item 8.5 da UL 94/2001

- A) A amostra deverá ser prensada a 6 mm do seu limite superior no eixo longitudinal de maneira que o limite inferior da amostra esteja a 300 ± 10 mm acima da camada horizontal inferior de algodão.
- B) O queimador deverá ser ajustado até produzir uma chama de cor azul com 20 ± 1 mm de altura, a chama deverá ser aplicada na borda inferior diretamente sob a amostra.
- C) A chama deverá ser aplicada por 10 segundos, após isso remova o queimador e inicie o registro de t_1 .
- D) Após a extinção da chama na amostra imediatamente posicione o queimador sobre a amostra e aplique a chama por mais 10 segundos e registre t_2 e t_3 .

7.6. Resultados

Item 8.6.1 da UL 94/2001

Os critérios de avaliação para classificação do material são:

- A) Tempo de pós chama após primeira aplicação, t_1 .
- B) Tempo de pós chama após segunda aplicação, t_2 .
- C) Tempo de pós incandescência após segunda aplicação, t_3 .
- D) Condição caso a amostra queime até a garra de suporte
- E) Condição caso a amostra goteje partículas inflamáveis no algodão.

Resultado: Em todos os corpos de prova, a amostra se extinguiu completamente antes do término de aplicação da chama, impossibilitando o registro de t_1 , t_2 e t_3 , consequentemente atingiu a garra de suporte e também houve a ignição do algodão.

Em função dos resultados obtidos e considerando a classificação apresentada na tabela 8.1 da norma (requisitos para classificação V2, V1, V0), identificamos que a amostra não atende os requisitos de nenhuma destas classificações.

Relatório de Ensaio**N° FLA 0025s/2017**

PUCRS – 43454 – Tinta "B" – Branca

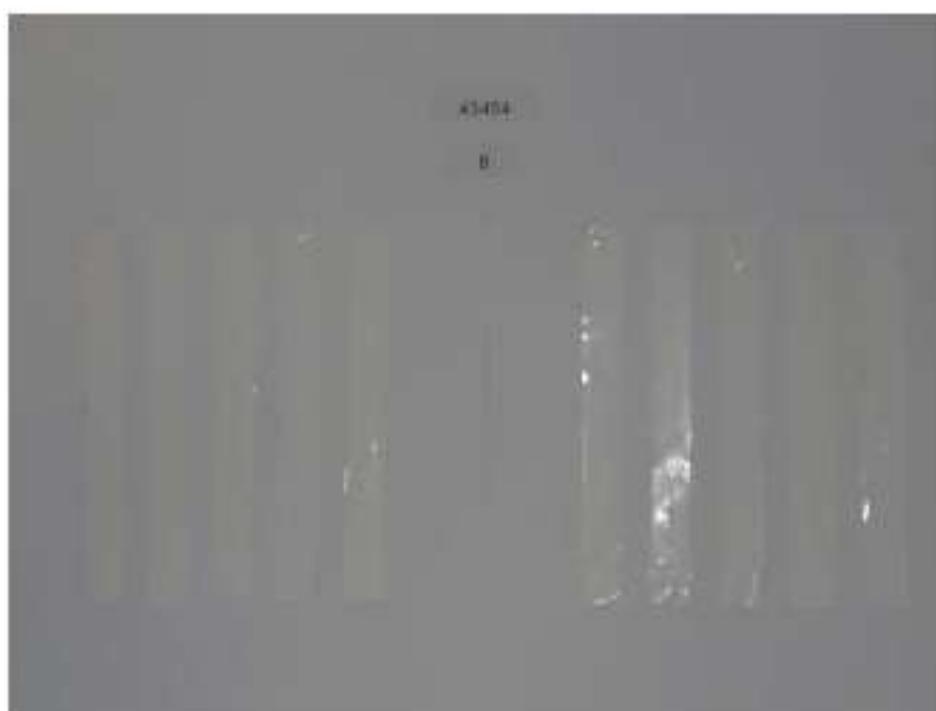
Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017
Data de emissão do relatório: 12/06/2017**Fotos da amostra:**

Foto 1



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
 LABELO - Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica
 Calibração e Ensaios



Relatório de Ensaio

Nº FLA 0026s/2017

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017
 Data de emissão do relatório: 12/06/2017

Parte 1 - Identificação e condições gerais

1. Requerente:

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS
 Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 30 - Bloco F - Sala 111
 CEP: 90619-900 - Porto Alegre - RS

2. Objeto ensalado (amostra):

Descrição: Tinta *C*
 Cor: Branca
 Protocolo LABELO: 43456

* Dados fornecidos pelo requerente

3. Documento(s) normativo(s) utilizado(s):

Underwriters Laboratories Inc. Standard for Safety. UL 94 - Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances. Northbrook, IL, USA, 2001

4. Condições ambientais:

Itens 5.10 e 6.1 da UL 94/2001

As amostras deverão ser pré-acondicionadas a uma temperatura de 23 ± 2 °C e umidade relativa de 50 ± 5 % por um período mínimo de 48 horas.

Relatório de Ensaio**Nº FLA 0026s/2017**

PUCRS – 43466 – Tinta “C” – Branco

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017
Data de emissão do relatório: 12/06/2017**5. Rastreabilidade das medições:**

Item(ns) do documento normativo	Padrões Utilizados			Certificado de calibração		
	Equipamento	Fabricante / Modelo	TAG	Nº	Validade	Laboratório Emissor
7.5 e 8.5	Cronômetro Digital	Casio/ HS3	1215FLA	F0555/2016	21/10/2017	LABELO CAL 0024
7.3, 7.4.1, 7.5 e 8.5	Régua Metálica de 1000mm	Arch/ 1000mm	330FIC	00577/2016	15/01/2021	CAL 0325
7.3, 7.4.1, 7.5 e 8.5	Paquímetro Digital	Mitutoyo/ CD-6/CSX-B	1655QUI	15846/2016	07/07/2017	CAL 0325
5.10 e 6.1	Câmara Climática	Weiss Technik/ WK1 1000/40	398AMX	T1075/2016	18/07/2017	LABELO CAL 0024
5.10 e 6.1	Mini Data Logger	Testo/ 174H	1641AMX	LV28484-/2016	14/07/2017	CAL 0127

Tabela 2 – Padrões de medição rastreados aos padrões primários nacionais e internacionais.

6. Observações:

A definição de conformidade, ou não, da amostra é estabelecida de acordo com os parâmetros e critérios estabelecidos nas documentações normativas deste relatório.

Itens dos documentos normativos de referência deste relatório não descritos como realizados não foram solicitados pelo requerente.

Relatório de Ensaio

Nº FLA 0026s/2017

PUCRS – 43486 – Tinta “C” – Branco

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017
Data de emissão do relatório: 12/05/2017

Parte 2 – Resultados dos ensaios

7. Ensaio

7.1. Aparelhagem:

• Item 7.2 da UL 94/2001

- Os ensaios deverão ser realizados no interior de uma câmara com um volume interno mínimo de 0,5 m³, equipada com sistema de exaustão para remoção dos produtos de combustão que podem se tóxico;
- Um bloco de Bunsen (queimador) com um comprimento de 100 ± 10 mm e um diâmetro interior de 9,5 ± 0,3 mm, com aproximadamente 9,5 mm de diâmetro interno.

7.2. Amostras:

• Item 7.3 e 7.4.1 da UL 94/2001

Dois conjuntos (set) de três amostras no formato de barra padrão com um comprimento de 125,0 ± 5,0 mm por 13,0 ± 0,5 mm de largura. A espessura máxima não deverá ser superior a 13,0 mm, com arestas lisas.

Observação: Foi recebido um (set) de 5 amostras e todas amostras atenderam as especificações acima.

7.3. Procedimento

Item 7.5 da UL 94/2001

- Cada amostra a ser testada deverá ser marcada com duas linhas perpendiculares ao eixo longitudinal da barra, a 25 ± 1 mm e a 100 ± 1 mm a partir da extremidade livre;
- A amostra barra deverá ser fixada com seu eixo transversal inclinado 45° ± 2°;
- O queimador é suportado a 45° em relação a horizontal;
- O queimador deverá ser ajustado até produzir uma chama de cor azul com 20 ± 1 mm de altura, posteriormente posicionado a 45° em relação a horizontal;
- A chama deverá ser aplicada na borda inferior da extremidade livre mais perto da marca dos 25 ± 1 mm, de modo que a chama atinja uma profundidade de 6 ± 1 mm do eixo longitudinal da amostra;
- A chama deverá ser aplicada por 30 segundos, e então retirada;
- Iniciar a cronometragem quanto a frente da chama atingir a marca dos 25 ± 1 mm, interrompendo a mesma quando a chama atingir a marca dos 100 ± 1 mm ou se extinguir;
- Medir a extensão da queima entre as marcas de 25 ± 1 mm e 100 ± 1 mm;
- Se a frente de chama passou a marca de 100 mm, L = 75 mm;
- Se apenas uma amostra deste conjunto não cumprir os requisitos, outro conjunto de três amostras deverá ser ensaiado. Todas as amostras deste segundo conjunto devem satisfazer os requisitos de acordo com a espessura para que o mesmo seja classificado como HB.

Relatório de Ensaio**N° FLA 0026s/2017**

PUCRS – 43466 – Tinta “C” – Branco

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017
Data de emissão do relatório: 12/06/2017**7.4. Resultados****Itens 7.1.2 a 7.1.4, 7.5.9, 7.5.10 e 7.7 da UL 94/2001**

O material é classificado como HB quando:

- Para amostras com espessura de 3,0 - 13 mm – não ter uma velocidade de combustão superior a 40 mm/min ao longo de um período de 75 mm;
- Para as amostras com uma espessura inferior a 3,0 mm – não ter uma velocidade de combustão superior a 75 mm/min ao longo de 75 mm;
- Deixar de queimar antes da marca de referência de 100 mm.

Se apenas uma amostra deste conjunto não cumprir os requisitos, outro conjunto de três amostras deverá ser ensaiado. Todas as amostras deste segundo conjunto devem satisfazer os requisitos de acordo com a espessura para que o mesmo seja classificado como HB.

Corpo de prova	Tempo de queima entre 25 e 100 mm	Velocidade da queima V (mm/min)	Resultados (Classificação)
1 C	Sim	10,9	HB
2 C	Sim	1,3	HB
3 C	Sim	10,4	HB
4 C	Sim	15,4	HB
5 C	Sim	9,2	HB

Relatório de Ensaio

N° FLA 0026s/2017

PUCRS – 43456 – Tinta 107 – Branco

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017
 Data de emissão do relatório: 12/06/2017

7.5. Procedimento

Item 8.5 da UL 94/2001

- A) A amostra deverá ser prensada a 6 mm do seu limite superior no eixo longitudinal de maneira que o limite inferior da amostra esteja a 300 ± 10 mm acima da camada horizontal inferior de algodão.
- B) O queimador deverá ser ajustado até produzir uma chama de cor azul com 20 ± 1 mm de altura, a chama deverá ser aplicada na borda inferior diretamente sob a amostra.
- C) A chama deverá ser aplicada por 10 segundos, após isso remova o queimador e inicie o registro de t1.
- D) Após a extinção da chama na amostra imediatamente posicione o queimador sobre a amostra e aplique a chama por mais 10 segundos e registre t2 e t3.

7.6. Resultados

Item 8.6.1 da UL 94/2001

Os critérios de avaliação para classificação do material são:

- A) Tempo de pós chama após primeira aplicação, t1.
- B) Tempo de pós chama após segunda aplicação, t2.
- C) Tempo de pós incandescência após segunda aplicação, t3.
- D) Condição caso a amostra queime até a garra de suporte
- E) Condição caso a amostra goteje partículas inflamáveis no algodão.

Resultado: Em todos os corpos de prova, a amostra se extinguiu completamente antes do término de aplicação da chama impossibilitando o registro de t1, t2 e t3, conseqüentemente atingiu a garra de suporte e também houve a ignição do algodão.

Em função dos resultados obtidos e considerando a classificação apresentada na tabela 8.1 da norma (requisitos para classificação V2, V1, V0), identificamos que a amostra não atende os requisitos de nenhuma destas classificações.

Relatório de Ensaio**Nº FLA 0026s/2017**

PUCRS – 43456 – Tinta "C" – Branco

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017

Data de emissão do relatório: 12/05/2017

Fotos da amostra:

Foto 1

Relatório de Ensaio**N° FLA 0026s/2017**

PUCRS – 43456 – Tinta “C” – Branca

Período de realização dos ensaios: 10/04/2017 até 14/04/2017
Data de emissão do relatório: 12/06/2017**Observações finais:**

- O fornecimento da amostra pelo cliente isenta o LABELO-PUCRS de responsabilidade quanto à sua representatividade em relação a lotes de fabricação e comercialização.
- O presente relatório de ensaio é válido exclusivamente para a amostra ensaiada, nas condições em que foram realizados os ensaios e não sendo extensivo a quaisquer lotes, mesmo que similares.
- A partir do momento em que a amostra é retirada do laboratório, esgota-se a possibilidade de contestação dos resultados ou mesmo de repetição dos ensaios, já que o LABELO-PUCRS deixa de ser responsável pela sua manutenção.
- É vedada a reprodução do presente relatório de ensaio, no todo ou em parte, sem prévia autorização do LABELO-PUCRS originada por solicitação formal do contratante.
- Os ensaios foram realizados nas instalações do LABELO-PUCRS.
- Executor(es) do ensaio: Leonardo Correa Candido Soares

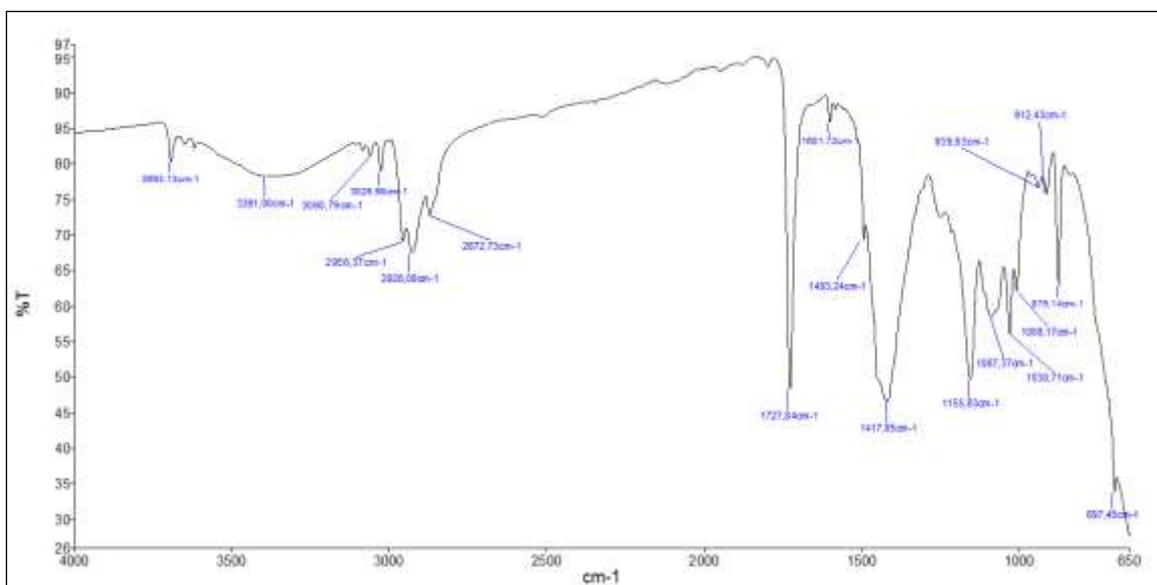
GILVANI MONTENEGRO
SANTOS:69541639020

Assinado eletronicamente por: GILVANI MONTENEGRO SANTOS
CPF: 030.817.120-00
End.: Rua: 08/117, 11, 40 - Vila Elvira - 91210-000 - Porto Alegre - RS
E-mail: gilvani@labelo.com.br
Data: 2017.06.12 10:28:30 AM

Gilvani Montenegro Santos
Coordenador da Área de Ensaio em
Equipamentos de Uso Profissional e Infra-estrutura

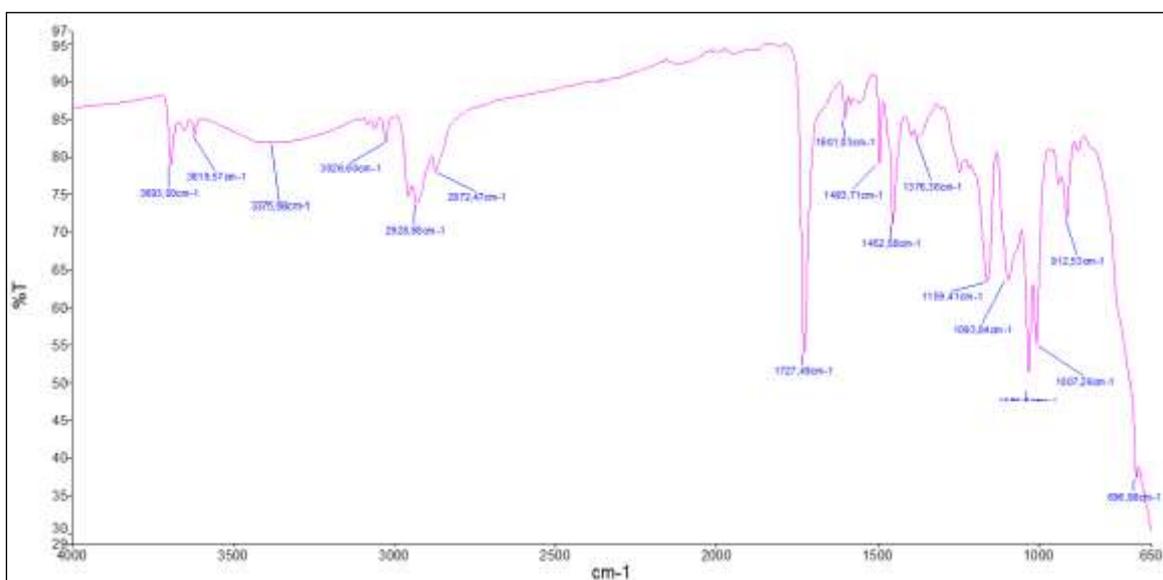
9.2. Curvas de FTIR

Figura 9.1. Curva de FTIR para amostra de tinta A.

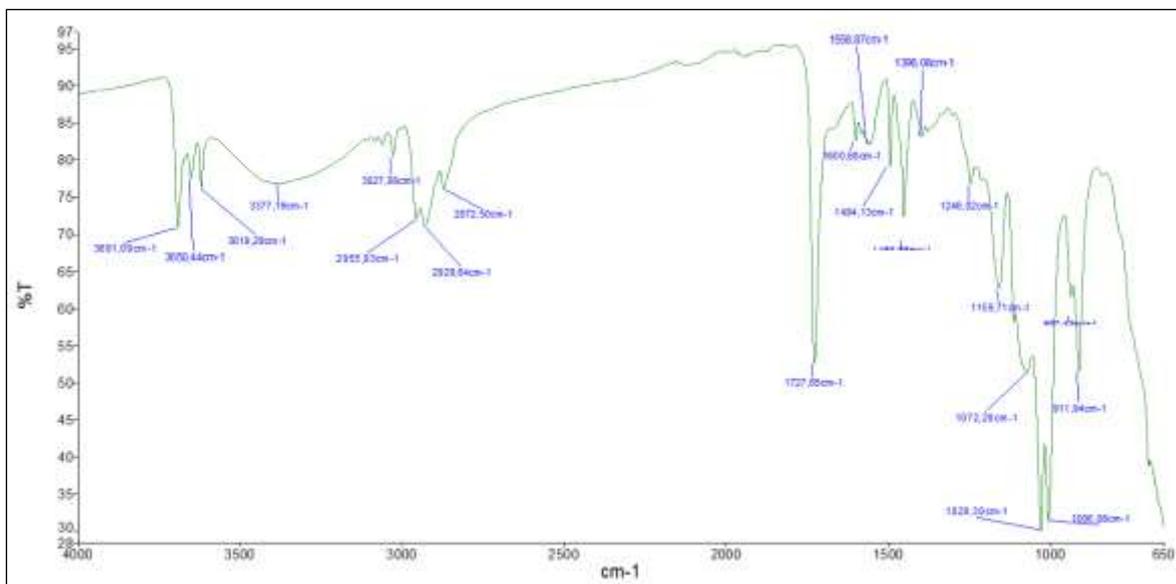


Fonte: o Autor.

Figura 9.2. Curva de FTIR para amostra de tinta B.



Fonte: o Autor.

Figura 9.3. Curva de FTIR para amostra de tinta C.

Fonte: o Autor.



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Pró-Reitoria de Graduação
Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 1 - 3º. andar
Porto Alegre - RS - Brasil
Fone: (51) 3320-3500 - Fax: (51) 3339-1564
E-mail: prograd@pucrs.br
Site: www.pucrs.br