

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA  
DIRETORIA DE ENSINO  
CENTRO DE ENSINO BOMBEIRO MILITAR  
ACADEMIA BOMBEIRO MILITAR**

**LEANDRO FLORES EMMANUELLI**

**ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DO USO DE TENSOATIVOS NO COMBATE A  
INCÊNDIO CLASSE “A”**

**FLORIANÓPOLIS  
SETEMBRO 2012**

**Leandro Flores Emmanuelli**

**Estudo sobre a viabilidade do uso de tensoativos no combate a incêndio classe “A”**

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

**Orientador(a): Cap Marcos Alves da Silva**

**Florianópolis  
Setembro 2012**

Leandro Flores Emmanuelli

Estudo sobre a viabilidade do uso de tensoativos no combate a incêndio classe “A”

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Florianópolis (SC), 03 de Setembro de 2012.

---

Prof. Esp. Marcos Alves da Silva  
Professor Orientador

---

Prof. Esp Sérgio Murilo de Melo  
Membro da Banca Examinadora

---

Prof. Esp. Fernando Ireno Vieira  
Membro da Banca Examinadora

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo incentivo e apoio incondicional dados a mim; aos meus colegas que me acompanharam nessa jornada e a todos os bombeiros de Santa Catarina.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de chegar em segurança até o presente momento.

Agradeço aos meus pais, pelo apoio incondicional nessa difícil caminhada que foi o curso de formação de oficiais – CFO. Em especial, à minha mãe que em muitos momentos de decepções e reflexões esteve sempre me apoiando, confiante que eu chegaria vitorioso no final dessa batalha.

Agradeço ainda a toda minha família, pelo apoio imensurável nesse período que estive longe de casa.

Aos meus colegas, pelos bons momentos vividos durante estes dois anos de convivência, onde aprendi muito com todos.

Ao meu orientador, pelo conhecimento e apoio transmitidos durante a elaboração deste trabalho, bem como a liberdade para criar e executar o presente trabalho.

Ao Ten Daminelli que em todos os momentos demonstrou pro atividade, proporcionando apoio e demonstrando preocupação com o trabalho.

A todas as guarnições do quartel de Joaçaba, em especial ao Cb Nilo, Sd Parizotto e Sd Adair pelo apoio prestado na execução da parte prática do presente.

“Almas sem grandeza tornam-se arrogantes com o sucesso e sentem-se humilhadas com o infortúnio.”

(Epicuro)

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo sobre a viabilidade do uso de tensoativos no combate a incêndio classe “A”, com o intuito de otimizar o atual modelo de combate a incêndio, reduzindo o tempo, o consumo de água e evitando reignições. A otimização parte da premissa que os tensoativos irão reduzir a tensão superficial da água. Para a obtenção dos dados realizou-se uma pesquisa bibliográfica, documental e experimental; sendo o método científico o hipotético-dedutivo. A pesquisa experimental ocorreu em duas etapas sendo a primeira uma pesquisa de laboratório junto a Universidade Federal de Santa Catarina para determinar a Concentração Micelar Crítica (CMC) do tensoativo em questão e a segunda um teste prático no quartel de Joaçaba – SC para avaliar a eficiência do produto no combate a incêndio. Na conclusão, os dados obtidos corroboram com os objetivos específicos e as hipóteses levantadas, apontando uma redução significativa no consumo de água para extinção de incêndios, apontando ainda uma redução no tempo e no número de reignições. Busca-se, com essa pesquisa, incentivar que outras aprofundem o tema proposto ou ainda ampliem o conhecimento em novas experiências e hipóteses.

**Palavras-chave:** Tensotivo. Tensão Superficial. Incêndio classe “A”.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Elementos básicos do fogo – o combustível, o comburente e a energia de ativação. .....	17
Figura 2 – Molécula Água.....	24
Figura 3 – Ilustração pontes hidrogênio.....	24
Figura 4 – Representação vetorial forças intermoleculares.....	27
Figura 5 – Gota d’água com e sem aditivo (tensoativo).....	28
Figura 6 – Relação da tensão superficial com o ângulo formado entre a gota e a superfície...29	
Figura 7 – Fios de tecidos hidrofóbicos e molhabilidade.....	31
Figura 8 – Distribuição do tensoativo e a relação com a C.M.C.....	32
Figura 9 – Radicais aniônicos dos sabões e detergentes.....	33
Figura 10 – Estrutura molecular LAS.....	35
Figura 11 – Engradado de Madeira de acordo com a NBR 09443.....	41
Gráfico 1 – Tensão superficial e a concentração do LAS na solução.....	45
Figura 12 – Gradil após a queima.....	50
Figura 13 – Combate com e sem água molhada.....	52



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Concentração das amostras utilizadas.....	38
Tabela 2 – Valores da tensão superficial com diferentes concentrações de LAS.....	44
Tabela 3 – Resultado dos tratamentos.....	51

## **LISTA DE SIGLAS**

CBB – Corpos de Bombeiros do Brasil

CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina

CBs – Corpos de Bombeiros

C.M.C. – Concentração Micelar Crítica

g – grama

m/s – Metros por segundo

NFPA – National Fire Protection Association

NIST – National Institute Of Standards and Technology

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEORICO</b> .....	15
2.1	BASE LEGAL DA EXISTÊNCIA DO CBMSC E SUA COMPETÊNCIA PARA O COMBATE A INCÊNDIO .....	15
2.2	TERMINOLOGIA .....	16
2.3	O FOGO E SEUS COMPONENTES.....	16
2.4	O INCÊNDIO, SEUS MÉTODOS DE EXTINÇÃO E SUAS CLASSIFICAÇÕES .....	20
2.4.1	Métodos de extinção dos incêndios .....	20
2.4.2	Classificação dos Incêndios e principais métodos de extinção .....	21
2.5	ÁGUA E SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS .....	24
2.5.1	Calor específico.....	25
2.5.2	Calor de vaporização.....	25
2.5.3	Tensão superficial.....	26
2.6	TENSOATIVOS .....	31
2.6.1	Tipos de tensoativos.....	32
2.6.2	Seleção do tensoativo utilizado no teste .....	34
2.6.3	LAS e sua relação com a biodegradabilidade e toxicidade .....	35
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DO PRESENTE TRABALHO</b> .....	37
3.1	ANÁLISE DA TENSÃO SUPERFICIAL – LAS .....	37
3.2	AVALIAÇÃO PRÁTICA DO TENSOATIVO E SEUS EFEITOS SOBRE COMBUSTÍVEIS CLASSE “A”.....	39
3.2.1	Equipamentos, materiais e produtos necessários a execução do ensaio .....	39
3.2.2	Construção e disposição do gradil para queima .....	40
3.2.3	Tratamentos e repetições.....	41
3.2.4	Detalhes da execução do ensaio.....	41
3.2.5	Ignição e combate .....	42
<b>4</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	44
4.1	RESULTADOS ANÁLISE LABORATORIAL DA TENSÃO SUPERFICIAL.....	44
4.2	AVALIAÇÃO PRÁTICA DO TENSOATIVO E SEUS EFEITOS SOBRE COMBUSTÍVEIS CLASSE “A”.....	45
4.2.1	Detalhes técnicos da execução do teste.....	45

<b>4.2.2</b>	<b>Detalhes referentes a queima dos gradis</b>	<b>46</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Análise individual de cada repetição</b>	<b>47</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Comparação entre combate com água molhada e água pura</b>	<b>50</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Vantagens do combate com água molhada</b>	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>55</b>
<b>5.1</b>	<b>SUGESTÕES</b>	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>58</b>
	<b>Anexo A – Nota Fiscal LGE Sintex AFFF/ARC 3-6%, Kidde Brasil</b>	<b>62</b>
	<b>Anexo B – Construção do engrado de madeira</b>	<b>63</b>
	<b>Anexo C – Características do Líquido Inflamável</b>	<b>64</b>
	<b>Anexo D – Conta de água</b>	<b>65</b>
	<b>Anexo E – Laudo Biodegradabilidade do LAS</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Mundialmente, existe a preocupação com o combate a incêndio nas mais diversas áreas, tanto na área preventiva como em pronta resposta. A exemplo, ficam os laboratórios e associações internacionais como o *National Institute of Standards and Technology* (NIST) e o *National Fire Protection Association* (NFPA) que desenvolvem, avaliam e normatizam as mais diversas tecnologias relacionadas a área.

O tema da presente pesquisa foi escolhido em virtude da abordagem, por parte dos instrutores, durante o módulo do curso de Combate a Incêndio Estrutural II, das dificuldades de atuar com alta eficiência nos incêndios em materiais classe “A”. Essa dificuldade não está relacionada à técnica de combate em si, mas sim pelas características de queima desses materiais, que queimam em superfície e profundidade, e o modelo de combate adotado atualmente, onde, em situações ordinárias, utiliza-se como agente extintor somente água em seu estado natural.

Quando abordar-se, neste trabalho, incêndios classe “A”, entende-se: incêndios florestais, incêndios em indústrias (tecidos, papeis, borracha) e madeiras. Cabe ressaltar que em residências uni e multifamiliares, após o corte da eletricidade, possuímos basicamente materiais com características combustíveis Classe “A”. Vale lembrar ainda que a água, neste tipo de material, consegue combater com grande eficiência o fogo superficial retirando o calor, mas deixa a desejar na profundidade, pois devido à alta tensão superficial, esta não consegue penetrar no interior do material que está queimando, ou seja, sua molhabilidade não é satisfatória. Dessa forma a extinção total do incêndio deve passar por um minucioso rescaldo a fim de evitar a reignição do material combustível devido ao calor que se encontra nas áreas inacessíveis a água.

Emprega-se atualmente no Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina (CBMSC) para combate a incêndios, principalmente classe “B”, produtos comerciais geradores de espuma, conhecidos como líquido gerador de espuma (LGE). Segundo a NBR 13860, LGE é um “concentrado em forma de líquido de origem orgânica ou sintética que, misturado com água, forma uma solução que, sofrendo um processo de batimento e aeração, produz espuma” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

Um mecanismo de ação diferente pode ser empregado na utilização desses produtos, de forma a empregar algumas de suas propriedades nos combates a incêndios classe “A”. Utilizando-se concentrações a partir de 0,1%, não geradoras de espuma, determinados

produtos geram uma solução chamada de água molhada otimizando a penetração no interior do material que está queimando e diminuindo problemas com reignição (KIDDE, 2012).

Considerando que na área bombeiro militar do Estado de Santa Catarina não existe estudo publicado sobre tensoativos e água molhada e que o conhecimento repassado em diversos manuais é muito superficial, apenas citando que existe a “água molhada”, verifica-se a necessidade e a importância desse estudo para a corporação Bombeiro Militar. Embasado nessa necessidade, desenvolveu-se uma pesquisa verificando a viabilidade da utilização de substâncias tensoativas (surfactantes) pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina no combate a incêndio classe “A” visando desmistificar a “água molhada”. O trabalho busca otimizar o combate a incêndio através da avaliação de itens como a redução do tempo de combate a incêndio, diminuição do desgaste do combatente e redução do impacto ambiental.

Nessa temática, o trabalho teve por objetivo geral avaliar no CBMSC a viabilidade técnica, econômica e ambiental do uso de tensoativos na redução da tensão superficial da água e sua relação de eficiência no combate a incêndios classe “A”.

Para o alcance do objetivo geral serão desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- a) identificar e diferenciar as classes de tensoativos;
- b) estabelecer comparativos de tensão superficial entre a água aditivada com surfactantes e a usada atualmente para o combate a incêndio;
- c) avaliar na prática a diferença entre o combate a incêndios classe “A” com água aditivada de surfactantes em relação a água em seu estado natural;
- d) avaliar o tensoativo utilizado nos objetivos “b” e “c” em relação ao custo benefício, viabilidade técnica, econômica e quanto ao impacto ambiental;

Como hipóteses do presente trabalho, foram identificados os seguintes itens:

- a) a tensão superficial da água será reduzida com a adição de tensoativos;
- b) o combate a incêndio será mais efetivo com a água aditivada de tensoativos, pois atingirá áreas inacessíveis a água natural no material combustível;
- c) o tempo de combate ao incêndio será menor;
- d) a quantidade de água utilizada no combate ao incêndio será menor.

Este trabalho, quanto a seus objetivos, classifica-se como uma **Pesquisa Exploratória**, os procedimentos técnicos utilizados basearam-se na **pesquisa bibliográfica, documental e experimental**; e o método científico adotado foi o **hipotético-dedutivo**. Ainda

quanto às técnicas, utilizou-se em um primeiro momento a **pesquisa bibliográfica** e em um segundo momento a **pesquisa de laboratório**.

Para facilitar o entendimento e a compreensão da sequência lógica de todos os processos envolvidos nessa pesquisa, seja da parte técnica, econômica ou ambiental, o presente trabalho foi dividido em cinco capítulos.

O primeiro capítulo é composto pela introdução, onde se expõe o problema, a justificativa e a importância do tema proposto, além dos objetivos, a metodologia utilizada.

No segundo capítulo apresenta-se o referencial teórico de forma que se compreendam todos os aspectos básicos acerca da legalidade da existência do Bombeiro Militar, aspectos relacionados aos tensoativos e seus efeitos na obtenção de “água molhada”, vantagens da utilização da mesma e ainda aspectos relacionados sobre a interação dos tensoativos com o meio ambiente.

No terceiro capítulo será apresentada toda a metodologia utilizada (materiais e métodos), contendo dois subitens que de forma detalhada apresentam o seguinte: a) atividades realizadas em laboratório para a determinação “*in loco*” da Concentração Micelar Crítica (CMC) e o valor da tensão superficial do tensoativo selecionado. b) apresenta detalhamento referente à execução do ensaio comparando o combate a incêndio tradicional *versus* o combate a incêndio utilizando água molhada com metodologia análoga a NBR 09443 - Extintor de Incêndio Classe “A” - Ensaio de fogo em engradado de madeira.

O quarto capítulo destina-se ao tratamento, análise, interpretação e discussão dos dados levantados através da metodologia do capítulo três. Polindo os dados de forma que possam disponibilizar respostas técnicas para a parte prática dos experimentos propostos.

Por fim, o quinto e último capítulo, averigua se o objetivo principal, os específicos e as hipóteses estabelecidas foram alcançadas ou confirmadas, levantando também sugestões sobre o tema estudado.

## 2 REFERENCIAL TEORICO

### 2.1 BASE LEGAL DA EXISTÊNCIA DO CBMSC E SUA COMPETÊNCIA PARA O COMBATE A INCÊNDIO

Legalmente, os Corpos de Bombeiros Militar, a nível nacional, estão assegurados através do artigo 144 da Constituição Federal de 1988.

Art. 144. A segurança pública, dever do Estado, direito e responsabilidade de todos, é exercida para a preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio, através dos seguintes órgãos: [...]

V - polícias militares e corpos de bombeiros militares. [...]

§ 6º - As polícias militares e corpos de bombeiros militares, forças auxiliares e reserva do Exército, subordinam-se, juntamente com as polícias civis, aos Governadores dos Estados, do Distrito Federal e dos Territórios (BRASIL, 1988).

Entretanto, para Acordi (2003 apud POZZAN, 2009), essa previsão constitucional é muito frágil e superficial quanto às atribuições dos Corpos de Bombeiros. Todavia, a Constituição Estadual veio para suprir essa necessidade, relatando as atividades do CBMSC, dentre elas, a prevenção contra incêndios.

Considerando que os Corpos de Bombeiros (CBs) estão subordinados aos Estados, asseguramos a existência do CBMSC na legislação estadual através dos artigos 105 e 108 da Constituição do Estado de Santa Catarina.

Art. 105 — A segurança pública, dever do Estado, direito e responsabilidade de todos, é exercida para a preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio, através dos seguintes órgãos:

[...]

III - Corpo de Bombeiros Militar;

[...]

Art. 108 — O Corpo de Bombeiros Militar, órgão permanente, força auxiliar, reserva do Exército, organizado com base na hierarquia e disciplina, subordinado ao Governador do Estado, cabe, nos limites de sua competência, além de outras atribuições estabelecidas em lei:

I - **realizar os serviços** de prevenção de sinistros ou catástrofes, **de combate a incêndio** e de busca e salvamento de pessoas e bens e o atendimento pré-hospitalar. (SANTA CATARINA, 1989, grifo nosso).

Após verificada a existência, a legalidade e a competência para combater incêndios do CBMSC, é necessário esclarecer alguns termos técnicos de forma que facilite a correta compreensão do que se deseja com o presente trabalho.



## 2.2 TERMINOLOGIA

Neste item, serão definidos alguns termos definidos em NBR's que aparecerão no decorrer do trabalho, dessa forma evitará interpretações equivocadas acerca do mesmos.

Segundo a NBR 13860:

**2.11 agente extintor:** Substância utilizada para a extinção do fogo.

**2.12 água molhada; líquido umectante:** Aditivo usado na água, de combate a incêndio, para facilitar a sua penetração em combustíveis sólidos.[...]

**2.153 fogo classe A:** Fogo em materiais combustíveis sólidos, que queimam em superfície e profundidade, deixando resíduos.[...]

**2.171 gerador de espuma:** Equipamento que se destina a proporcionar a mistura da solução com o ar para formação de espuma.[...]

**2.33 auto-ignição; ou ponto de auto-ignição:** Menor temperatura na qual um combustível emite vapores em quantidade suficiente para formar uma mistura com o ar na região imediatamente acima da sua superfície, capaz de entrar em ignição quando em contato com o ar. [...]

**2.59 carga incêndio:** Soma das energias caloríficas que poderiam ser liberadas pela combustão completa de todos os materiais combustíveis em um espaço, inclusive os revestimentos das paredes, divisórias, pisos e tetos.[...]

**2.276 unidade extintora:** Extintor que atende a capacidade extintora mínima prevista em norma, em função do risco e natureza do fogo.(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, grifo do autor).

Segundo a NBR 09443, madeira não queimada é aquela que após o ensaio de fogo apresenta área externa clara, ou seja, não carbonizada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002)

## 2.3 O FOGO E SEUS COMPONENTES

Os termos fogo e combustão são utilizados como sinônimos, toda via, tecnicamente, o fogo é uma das formas de combustão.

O fogo (do latim *focu*) pode ser conceituado como um processo (reação química) de oxidação rápida, auto-sustentável, acompanhada pela produção de luz e calor em intensidades variáveis”. Seguindo o autor ainda, pode-se dizer que o “fogo é um processo de oxidação rápida acompanhado de elevação da temperatura pelo aquecimento dos produtos gasosos da combustão e pela emissão de radiação visível e invisível (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2010).

Segundo Seito (2008, p. 35, grifo do autor), não existe uma unificação de conceitos acerca do termo fogo, têm-se diversas denominações para o termo:

**a) Brasil - NBR 13860:** fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz.

**b) Estados Unidos da América - (NFPA):** fogo é a oxidação rápida auto-sustentada acompanhada de evolução variada da intensidade de calor e de luz.

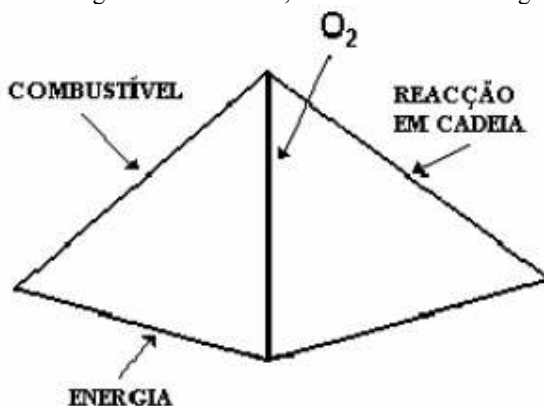
**c) Internacional - ISO 8421-1:** fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado de fumaça, chama ou ambos.

**d) Inglaterra - BS 4422:Part 1:** fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado por fumaça, chama ou ambos.

*Nota:* ISO 8421-1 Combustão – reação exotérmica de uma substância combustível com um oxidante usualmente acompanhada por chamas e ou abrasamento e ou emissão de fumaça.

O fogo, em um primeiro momento é conhecido pelos homens desde o período pré histórico, sendo um grande passo para o domínio da natureza. É constituído basicamente por três elementos sendo o combustível, o comburente e a energia de ativação, ver figura 1 (GUERRA, 2005). Quando unem-se dando origem a uma combustão auto sustentada surge o quarto elemento, chamado de reação em cadeia. Esses quatro elementos juntos configuram o tetraedro do fogo, conceito mais moderno acerca do assunto, ver figura XX (LOURENÇO et al, 2004).

Figura 1 – Elementos básicos do fogo – o combustível, o comburente e a energia de ativação.



Fonte: Verlag Dashofer (2012).

Observando-se a figura acima, partiremos para o entendimento de cada um dos componentes do fogo, de forma que seja possível entender as diferentes formas de combate ao mesmo.

#### **a) O combustível**

É todo material capaz de combinar-se com um comburente, alimentando e atuando como meio de propagação do fogo através de sua queima. São basicamente sólidos, líquidos ou gasosos, onde boa parte passa ao estado gasoso antes de combinar-se com o comburente. A velocidade da combustão, quando não há limitação de outros componentes do tetraedro do fogo, está diretamente ligada a facilidade do combustível combinar-se com o

oxigênio sob a ação do calor e de sua área de contato (fragmentação) com o mesmo (SÃO PAULO, 2006b).

Segundo o Manual de Combate a Incêndio da Marinha do Brasil, os combustíveis podem se classificar de diversas formas, dentre elas: quanto ao seu estado físico, volatilidade e presença de comburente.

- Quanto ao estado físico: Sólidos (carvão, madeira, pólvora, etc.); Líquidos (gasolina, álcool, éter, óleo de linhaça, etc.) e Gasosos (metano, etano, etileno, butano, etc.).
- Quanto à volatilidade: Voláteis - são os combustíveis que, nas condições normais de temperatura e pressão, desprendem vapores capazes de se inflamarem (álcool, éter, benzina, etc.) e Não-voláteis - são os combustíveis que desprendem vapores inflamáveis após aquecimento acima da temperatura ambiente (óleo combustível, óleos lubrificantes, óleo de linhaça, etc.), considerando as condições normais de pressão.
- Quanto à presença do comburente: Com comburente (pólvoras, cloratos, nitratos, celulóide e metais combustíveis, tais como: lítio, zircônio, titânio, etc.) e Sem comburente (madeira, papel, tecidos, etc.) (BRASIL, 2000).

## **b) O comburente**

Segundo Comissão Tripartite Permanente de Negociação do Setor Elétrico no Estado de São Paulo (2012) Brasil (2000), este elemento químico ao combinar-se com os vapores inflamáveis desprendidos dos combustíveis, é um dos que possibilita a ocorrência do fogo. O comburente mais comum é o oxigênio, estando presente em uma concentração de aproximadamente 21% na atmosfera. Nesses casos as chamas são intensas, brilhantes e de elevada temperatura, em contrapartida onde a concentração estiver abaixo de 16%, normalmente não há formação de chamas, sendo a combustão mais lenta (SÃO PAULO, 2006b).

## **c) A energia de ativação, calor ou temperatura**

Segundo Lourenço et al (2004), a energia de ativação é aquela advinda do meio externo que unindo-se ao combustível e ao comburente nas proporções ideais dá início ao processo da combustão. A origem dessa energia está ligada a quatro formas principais: origem térmica (fósforos, radiação solar, superfícies quentes, etc.); elétrica (arco voltaico, descargas elétricas atmosféricas, eletricidade estática, etc.); mecânica (faíscas geradas por atrito entre partes, chispas provocadas por ferramentas, etc.) e química (reação química entre elementos como limalha de ferro e óleo).

Neste tópico convém ressaltar três pontos importantes relacionados à temperatura e aos combustíveis:

O primeiro deles é o **ponto de fulgor**, ou seja, a menor temperatura capaz de fazer com que o combustível desprenda gases inflamáveis que combinado ao comburente na presença de chama, queima. Contudo, essa chama não consegue se auto sustentar pela pequena quantidade de gases. Observa-se que cada material possui um ponto de fulgor específico e que pode-se vaporizar praticamente todo tipo de combustível. O segundo é **ponto de combustão**, ou seja, considerando-se o mesmo material, é uma temperatura superior a do exemplo anterior fazendo com que ao retirar-se a chama que deu início a combustão, ocorra retroalimentação da reação em cadeia mantendo a chama acesa enquanto houver combustível e comburente. O terceiro e último ponto é o **ponto de ignição**, esse ponto notável ocorre quando a temperatura eleva-se tanto que os gases emanados pelo combustível, ao entrar em contato com o comburente, inflamam-se espontaneamente sem a presença de chama (COMISSÃO TRIPARTITE PERMANENTE DE NEGOCIAÇÃO DO SETOR ELETRICO NO ESTADO DE SÃO PAULO, 2012).

#### **d) A reação em cadeia**

Segundo Seito (2008), a teoria do triângulo do fogo teve que ser alterada com a descoberta do Halon, agente extintor que atua na quebra da reação em cadeia. Sendo então criado o tetraedro do fogo, onde através da reação em cadeia, ou seja, combustão auto sustentada e com chama, o calor irradiado decompõe outra parte do combustível que retroalimenta o sistema (BRASIL, 2000).

Segundo o Manual de combate a incêndio da Marinha do Brasil:

A cadeia de reações formada durante a combustão propicia formação de produtos intermediários instáveis, principalmente radicais livres prontos para combinarem-se com outros elementos, dando origem a novos radicais ou finalmente a corpos estáveis, [...].

A estes radicais livres cabe a responsabilidade da transferência necessária à transformação da energia química em calorífica, decompondo as moléculas ainda intactas e desta maneira provocando a propagação do fogo numa verdadeira cadeia de reações. [...]. (BRASIL, 2000, p. 21-22).

Essas cadeias de reações formam um ciclo de combustão produzindo sua própria energia de ativação (calor), que novamente decompõe o combustível, até que o mesmo termine ou ocorram outras interações com o meio. (BRASIL, 2000)

## 2.4 O INCÊNDIO, SEUS MÉTODOS DE EXTINÇÃO E SUAS CLASSIFICAÇÕES

Assim como diferencia e define o termo fogo de forma clara, Seito (2008, p.43) afirma que:

As definições abaixo traduzem exatamente o que é o incêndio.

- Brasil NBR 13860: O incêndio é o fogo fora de controle.
- “Internacional ISO 8421-1: Incêndio é a combustão rápida disseminando-se de forma descontrolada no tempo e no espaço”.

Observa-se dessa forma que não se vê, na literatura, um consenso teórico no que confere às dimensões do fogo, ou ainda sobre a sua diferenciação do termo “incêndio”, o que mais implica em termos práticos é o fato de o fogo ou incêndio estar sob controle ou não. No Brasil em particular quando o prejuízo causado é pequeno, utiliza-se a expressão princípio de incêndio (SEITO, 2008).

### 2.4.1 Métodos de extinção dos incêndios

Conhecendo-se os quatro pilares que compõe o processo da combustão, devemos entender que se faltar algum desses, simplesmente o mesmo deixa de existir. Sendo assim os mecanismos de extinção de incêndios são: resfriamento (retirada do calor), abafamento (retirada do comburente), retirada do combustível e quebra da reação em cadeia (SÃO PAULO, 2006a).

Segundo Comissão Tripartite Permanente de Negociação do Setor Elétrico no Estado De São Paulo (2012), o resfriamento consiste na utilização basicamente de água na retirada do calor até o ponto em que o combustível não mais emane gases ou vapores inflamáveis. O abafamento consiste em impedir ou diminuir o contato do oxigênio com o combustível, lembrando ainda que abaixo de 16% de oxigênio, normalmente não há chamas (SEITO, 2008). A retirada do combustível nada mais é do que a retirada do material que está próximo ao fogo, ou mesmo daquele material que está queimando. Por último, a quebra da reação em cadeia consiste no lançamento de determinadas substâncias, como o agente extintor Halon, que se ligam aos radicais livres tornando-os não inflamáveis, extinguindo o incêndio. Esses métodos podem ser utilizados singularmente ou combinados entre si para combater os diversos tipos de incêndios (COMISSÃO TRIPARTITE PERMANENTE DE NEGOCIAÇÃO DO SETOR ELETRICO NO ESTADO DE SÃO PAULO, 2012).

## 2.4.2 Classificação dos Incêndios e principais métodos de extinção

“Os incêndios são classificados de acordo com as características dos seus combustíveis. Somente com o conhecimento da natureza do material que está se queimando, pode-se descobrir o melhor método para uma extinção rápida e segura.” (COMISSÃO TRIPARTITE PERMANENTE DE NEGOCIAÇÃO DO SETOR ELETRICO NO ESTADO DE SÃO PAULO, 2012, p. 234).

A classificação que mais se assemelha a adotada pelo Curso de Combate a Incêndio estrutural do CBMSC é aquela adotada pela NFPA 10 que será vista na seguinte ordem K, D, C, B, A, esta ordem inversa facilitará a abordagem do tema principal do presente, que é incêndios classe “A”.

### a) Classe “K”

Segundo a NFPA 10 (2007) e Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2010), os incêndios classe “K” são aqueles em que os combustíveis são óleos, gorduras de cozinhas insaturadas e piche derretido, que não devem ser combatidos com água em jato direto. Os métodos mais utilizados para extinguir essa classe são o abafamento através do uso de espumas e a quebra da reação em cadeia (uso de pós químicos), podendo ainda ser utilizado o resfriamento com certa cautela.

### b) Classe “D”

Corpo de Bombeiros Militar do Piauí (2012) caracteriza os incêndios classe “D” pelo fogo em metais combustíveis ou pirofóricos. O boletim técnico da empresa Protege (PROTÉGE, 2006), baseado na NFPA 10 e UL711<sup>1</sup>, enquadra os seguintes metais como pertencentes à classe: zinco, sódio, potássio, alumínio, bário, magnésio, cálcio, titânio, zircônio e lítio. Todos caracterizam-se por serem de difícil extinção pois atingem altíssimas temperaturas na queima. Por esse motivo, nunca se deve utilizar água nesse tipo de incêndio, pois a mesma pode reagir violentamente com o metal, liberando hidrogênio combustível gerando explosões. Para combater esse tipo de incêndio é recomendado o uso de pós químicos

---

<sup>1</sup> Underwriters Laboratories (UL & ULC)

especiais, que atuam por abafamento, como o cloreto de sódio para todos os metais citados acima, exceto para o lítio que até o momento, somente agentes extintores a base de cobre são considerados eficientes. (PROTÉGE, 2006).

#### **c) Classe “C”**

Incêndios classe “C”, nada mais são que aqueles que ocorrem em materiais energizados como equipamentos eletrônicos, tomadas, fios e transformadores. Enquanto eletrizados não se deve utilizar agentes extintores condutores de energia como água e/ou espuma, sendo os mais indicados o pó químico seco – PQS e extintores de CO<sub>2</sub>. Após o corte da energia elétrica, a maioria desses incêndios comporta-se como classe “A” (GESMS, 2012; CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2010).

#### **d) Classe “B”**

Segundo Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro (2008) constituem essa classe, incêndios envolvendo líquidos inflamáveis como gasolina, tintas, álcool, etc.; graxas (diferentes das previstas na classe “K”) e gases combustíveis. Diferencia-se das outras por queimar somente em superfície (observar que a classe “K” é uma subdivisão da classe “B” pelas características do material). De acordo com Comissão Tripartite Permanente de Negociação do Setor Elétrico no Estado de São Paulo (2012) essa classe não deixa resíduos após a queima e o melhor método de extinção é o abafamento, podendo ser realizado com PQS ou espuma dependendo das proporções do incêndio.

#### **e) Classe “A”**

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2010) e a NFPA 10 (ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS, 2007), caracterizam esse tipo de incêndio como sendo aquele que ocorre em materiais sólidos ou em materiais fibrosos (madeira, tecidos, papel, borracha, alguns plásticos), queimando em razão de seu volume (superfície e profundidade), deixando resíduos (como brasas e cinzas) após a queima.

Este tipo de incêndio pode ser combatido atacando-se qualquer um dos pilares do tetraedro do fogo, entretanto o principal método de extinção desse tipo de incêndio é o resfriamento com água, podendo por vezes ser combinado com abafamento através do jato neblinado. A retirada do material, quando possível é uma ótima solução, assim como a utilização de extintores PQS nos princípios de incêndio (COMISSÃO TRIPARTITE PERMANENTE DE NEGOCIAÇÃO DO SETOR ELETRICO NO ESTADO DE SÃO PAULO, 2012).

Entretanto a atuação nesse tipo de incêndio não é tão simples, pois as chamas adentram ao interior do combustível e tornam-se inacessíveis para a água. Convém ressaltar ainda que após queimarem em superfície, podem estar presentes, resíduos superaquecidos internamente, sendo necessário a realização do rescaldo para evitar-se a reignição (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DE SÃO PAULO, 2006a).

Alguns materiais sólidos tendem a dificultar o acesso às chamas, pois estas adentram no corpo dos materiais, queimando em profundidade, portanto o uso de agente umectante (LGE) na água, deve ser utilizado como **única forma de conter ou extinguir o incêndio**, haja vista o **alto custo do agente umectante**.

A proporção desse agente umectante deve ser de 0,1 a 1% na pré-mistura e deve ser aplicado com esguicho regulável ou universal. Nesta proporção há baixa tensão superficial (menor distância entre as moléculas de água), permitindo maior penetração em incêndios classe A (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DE SÃO PAULO, 2006a, p. 38, 39, grifo nosso).

O principal mecanismo de ação que a água oferece é o resfriamento, sendo com isso um excelente agente extintor, pois consegue absorver grande quantidade de calor. No entanto a água nem sempre alcança os locais desejados, assim como não permanece onde foi aplicada. Isso, devido à lei da gravidade e as propriedades superficiais da água que fazem com que a mesma escorra da superfície dos materiais combustíveis e não retire todo o calor do combustível, ou seja, o calor que está no interior do combustível (KIDDE, 2012).

O combate a esse tipo de incêndio é o foco de estudo dessa pesquisa. Através do entendimento do mecanismo principal de extinção, das particularidades dos combustíveis classe “A” e das características da água e seus possíveis aditivos, busca-se maneiras mais eficientes ou econômicas de combate e extinção para que se atue com maior efetividade. Até o presente momento o referencial teórico delineou aspectos básicos referentes ao CBMSC, aos princípios do fogo, tipos de incêndio e mecanismos principais de controle. A partir de então fica evidenciado a necessidade de esclarecer com maior nível de detalhamento como a água retira calor dos combustíveis (resfriamento), suas propriedades e modos de interferir nas mesmas.

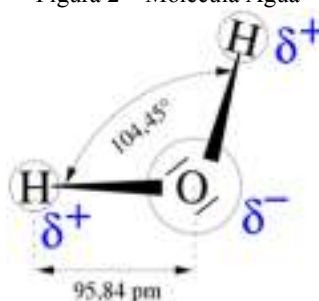


## 2.5 ÁGUA E SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS

A água é o elemento insubstituível que proporciona a vida humana no planeta Terra. As interações entre as moléculas, do tipo pontes de hidrogênio, conferem propriedades extremamente interessantes do ponto de vista do combate a incêndio (FONSECA, 2007).

A água é uma molécula "polar", o que quer dizer que ela tem uma distribuição desigual da densidade de elétrons. A água tem uma carga negativa parcial (-) junto ao átomo de oxigênio por causa dos pares de elétrons não compartilhados, e tem cargas positivas parciais (+) junto aos átomos de hidrogênio. Ver figura 2 (GOMES; CLAVICO, 2005, p. 3).

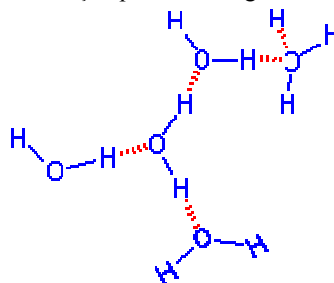
Figura 2 – Molécula Água



Fonte: Brasil escola (2010).

Essa diferença de potencial faz com que as cargas parciais negativas do átomo de oxigênio e as cargas parciais positivas do átomo de hidrogênio sofram atração umas pelas outras, fato que gera as ligações denominadas pontes de hidrogênio (observar linha vermelha tracejada da figura 03). Se as mesmas não existissem, a temperatura de ebulição da água seria  $-80^{\circ}\text{C}$ , ou seja, considerando a atual temperatura ambiente do planeta Terra, teríamos somente água na forma de vapor (GOMES; CLAVICO, 2005).

Figura 3 – Ilustração pontes hidrogênio



Fonte: Água (2012).

A interação intermolecular presente na água, pontes de hidrogênio, confere valores interessantes a diversas propriedades da água. As mais conhecidas são o ponto de fusão, o ponto de ebulição, tensão superficial, constante dielétrica, calor de vaporização, calor específico, calor latente de fusão, transparência em ampla faixa de radiação e solvente universal (FONSECA, 2007).

As propriedades relacionadas com o tema dessa pesquisa e que serão aprofundadas compõem-se pelo calor específico, calor de vaporização e tensão superficial.

### **2.5.1 Calor específico**

O calor específico é a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de uma unidade de massa (g) de determinada substância em um 1°C (cal/g °C). O calor específico da água é o mais alto conhecido, sendo necessário uma caloria para elevar a temperatura de um grama de água em um grau (1 cal/g °C) (FONSECA, 2007). A título de comparação existem substâncias com o calor específico muito menor como o mercúrio (Hg) (0,033cal/g°C) (GRUPO DE ENSINO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, 2012a).

### **2.5.2 Calor de vaporização**

Assim como o calor específico da água, o calor de vaporização também é o mais alto conhecido. Essa medida de calor mensura a quantidade de energia necessária para alterar o estado da matéria (líquido para gasoso) sem mudar a sua temperatura. A água inicia sua mudança de estado físico a aproximadamente 100 °C ao nível do mar, quando a mesma atingir essa temperatura, mesmo que se forneça mais calor, não ultrapassará esse valor, e sim iniciará o processo de vaporização. Entretanto, para que essa mudança aconteça, é necessária muita energia sendo da ordem de 540 cal/g. Comparando com o item 2.5.2, podemos afirmar que a energia gasta na vaporização de 1 g de água, poderia elevar a temperatura do mesmo volume, hipoteticamente, em 540 graus (FONSECA, 2007).

Através das propriedades visualizadas acima, conclui-se que a água por ter o maior calor específico e principalmente o maior calor de vaporização, é uma ótima substância para a troca de calor, propriedade muito interessante para o combate a incêndio considerando-se que o principal método de extinção dos incêndios classe “A” é o resfriamento.

Através de uma conta simples, pode-se calcular a eficiência máxima de resfriamento da água, inicialmente iremos considerar a mesma com uma temperatura ambiente de 25°C e ao nível do mar. Considerando o calor específico, a mesma consegue absorver até o ponto de ebulição ou vaporização (100°C) 75 calorias por grama. Adicionando a capacidade de absorção referente ao calor de vaporização, tem-se um adicional de 540cal/g, chegando-se em um total de 615 cal/g de água. Ou seja, a capacidade máxima de resfriamento da água será um valor próximo ao obtido no exemplo, 615 cal/g. O Corpo de Bombeiros da Polícia Militar de São Paulo, enfatiza que para atingir a ação máxima de resfriamento da água é necessário que o volume total se transforme em vapor, sendo mais efetiva essa troca quanto maior a área de contato com a região a ser resfriada. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DE SÃO PAULO, 2006b).

### 2.5.3 Tensão superficial

Zago Neto e Dal Pino (2012, p. 34) explicam do ponto de vista físico o conceito de tensão superficial:

Fisicamente a tensão superficial seria a energia, na forma de trabalho, necessária para expandir a superfície de um líquido. Podemos dizer, que, quanto mais coesas estiverem as moléculas do líquido, maior será o trabalho necessário para aumentar a distância entre elas. Logo, maior será a tensão superficial deste líquido.

Segundo Lower<sup>2</sup> (2012), os efeitos relacionados à tensão superficial podem ocorrer entre os estados físicos: líquido – líquido, líquido – ar, líquido – sólido, sólido – sólido e sólido – gás.

Serão abordadas duas fases, a interface líquido (água) – sólido (combustíveis classe “A” e líquido (água) – ar. A tensão é a propriedade relacionada à superfície de contato da água com outros meios, ou seja, o contato que a mesma faz com líquidos, sólidos e gases. As duas se inter relacionam pelo fato da água, após ser lançada sobre o combustível, apresentar interface com o ar e com o combustível e desta forma cada interação tem sua contribuição na forma como a água se comportará (LOWER, 2012).

#### a) Tensão superficial da fase líquido - ar

---

<sup>2</sup> Tradução livre de: The effects related to the surface tension occur at the liquid-air interface; these are only a special case of interfacial tensions that are present at any phase boundary: liquid-liquid, solid-solid, solid-gas, and liquid-solid.

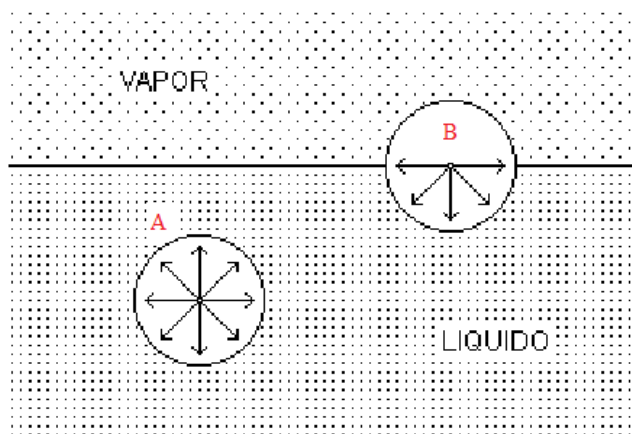
A tensão superficial, da fase líquida – gás (ar) faz a água comportar-se como se houvesse uma fina película sobre a mesma. Esse efeito ocorre devido às ligações que as moléculas fazem entre si, do tipo pontes de hidrogênio. As moléculas que estão no interior do líquido realizam esse tipo de ligação com todas em sua volta, o que não acontece com aquelas que estão na interface água – ar, essas somente conseguem realizar ligações de hidrogênio com as moléculas laterais e sob as mesmas. Sendo assim essa força gera uma tensão na superfície, a tensão superficial, agindo como uma membrana elástica (FONSECA, 2007).

Conforme o autor ainda, essa tensão na água é muito elevada, estando na faixa de 72 milinewton por metro ( $\text{mN/m}^2$ ).

Fisicamente, a resultante das forças atrativas sobre uma molécula qualquer no interior do líquido é, em média, nula porque as demais moléculas estão igualmente distribuídas em todas as direções (Fig. 04(a)). [...]

A resultante das forças atrativas tem módulo máximo quando a molécula está na superfície livre do líquido (Fig.04 (b)) (GRUPO DE ENSINO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, 2012b, p. 1).

Figura 4 – Representação vetorial forças intermoleculares



Fonte: Adaptado de Grupo de Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Maria (2012b, p. 1).

Observando a figura 04, conclui-se que as moléculas que compõe a superfície do líquido, sofrem atração para as laterais e o interior do líquido, fazendo com que as mesmas tendam a contrair-se para o interior do líquido gerando uma tensão na superfície, conferindo tal característica a água.

A figura 05 representa na gota da esquerda uma gota normal de água, onde moléculas estão sob ação das pontes de hidrogênio, ou seja, fortemente atraídas umas pelas outras, conferindo ao líquido uma maior viscosidade e uma menor tendência a esparramar-se, assim observa-se que a mesma não consegue penetrar no espaço sob si. A gota da direita

representa a mesma já adicionada de substâncias químicas que reduzem ou diminuem o efeito da tensão superficial, aumentando a tendência da gota esparramar-se, sendo assim, a água passa a ocupar os locais anteriormente inacessíveis devido aos efeitos da tensão superficial (ZAGO NETO; DEL PINO, 2012).

Figura 5 – Gota d'água com e sem aditivo (tensoativo)



Fonte: Zago Neto; Del Pino (2012, p. 2).

A forma geométrica de uma gota, semelhante a uma esfera achatada, ocorre devido às moléculas de água buscarem o equilíbrio entre as forças no interior do líquido, deixando o menor número de moléculas na superfície. A razão geométrica que propicia tal efeito é a esfera, ou seja, ela possui a menor razão área por volume, ficando a gota achatada devido à ação da gravidade (LOWER, 2012)<sup>3</sup>.

#### **b) Tensão superficial líquida (água) – sólido (classe “A”)**

A interação sólido – líquido determina mais especificamente se os materiais irão molhar-se na presença de água e se comportar-se-ão como hidrofílicos ou hidrofóbicos.

---

<sup>3</sup> Tradução livre para ideia do texto de "Wetting Take a plastic mixing bowl from your kitchen, and splash some water around in it. You will probably observe that the water does not cover the inside surface uniformly, but remains dispersed into drops. The same effect is seen on a dirty windshield; running the wipers simply breaks hundreds of drops into thousands. By contrast, water poured over a clean glass surface will wet it, leaving a uniform film. When a molecule of a liquid is in contact with another phase, its behavior depends on the relative attractive strengths of its neighbors on the two sides of the phase boundary. If the molecule is more strongly attracted to its own kind, then interfacial tension will act to minimize the area of contact by increasing the curvature of the surface. This is what happens at the interface between water and a hydrophobic surface such as a plastic mixing bowl or a windshield coated with oily material. A clean glass surface, by contrast, has -OH groups sticking out of it which readily attach to water molecules through hydrogen bonding; the lowest potential energy now occurs when the contact area between the glass and water is maximized. This causes the water to spread out evenly over the surface, or to wet it. A liquid will wet a surface if the angle at which it makes contact with the surface is less than 90. The value of this contact angle can be predicted from the properties of the liquid and solid separately.

Lower<sup>4</sup> (2012) demonstra através da figura 06 os ângulos formados pelas gotas com a superfície, que são determinados pela relação entre a tensão superficial e a força de atração da água pela superfície. Observa-se na gota da esquerda que o ângulo formado entre a gota e a superfície é menor que noventa graus, ou seja, a força da tensão superficial é maior que o da atração superficial, fazendo com que água tenda ao formato esférico minimizando as forças interativas da tensão superficial e conseqüentemente não molhando o material, ou seja, o mesmo comporta-se como sendo hidrofóbico.

Na gota da direita observa-se a mesma gota de água da esquerda em outro tipo de superfície, onde a força exercida pela mesma sobre a gota é maior que o valor da tensão superficial, dessa forma o ângulo formado entre a gota e superfície é maior que noventa graus, molhando a superfície homogeneamente e fazendo o material comportar-se como hidrofílico.

Figura 6 – Relação da tensão superficial com o ângulo formado entre a gota e a superfície.

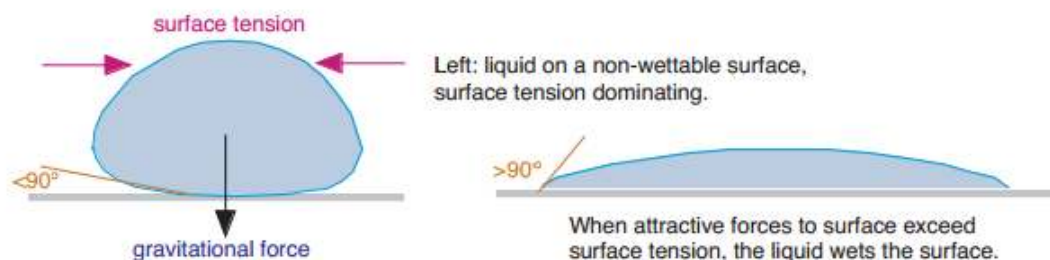


Figure 2: Liquids on wettable and non-wettable surfaces.

Fonte Lower (2012, p. 5).

A tensão superficial elevada dificulta que a água penetre nos pequenos espaços presentes na maioria dos combustíveis classe “A”, exatamente pelo fator da forte atração das

<sup>4</sup> Tradução livre para ideia do texto de “Wetting Take a plastic mixing bowl from your kitchen, and splash some water around in it. You will probably observe that the water does not cover the inside surface uniformly, but remains dispersed into drops. The same effect is seen on a dirty windshield; running the wipers simply breaks hundreds of drops into thousands. By contrast, water poured over a clean glass surface will wet it, leaving a uniform film. When a molecule of a liquid is in contact with another phase, its behavior depends on the relative attractive strengths of its neighbors on the two sides of the phase boundary. If the molecule is more strongly attracted to its own kind, then interfacial tension will act to minimize the area of contact by increasing the curvature of the surface. This is what happens at the interface between water and a hydrophobic surface such as a plastic mixing bowl or a windshield coated with oily material. A clean glass surface, by contrast, has -OH groups sticking out of it which readily attach to water molecules through hydrogen bonding; the lowest potential energy now occurs when the contact area between the glass and water is maximized. This causes the water to spread out evenly over the surface, or to wet it. A liquid will wet a surface if the angle at which it makes contact with the surface is less than 90. The value of this contact angle can be predicted from the properties of the liquid and solid separately.

moléculas entre si, ao passo que ao utilizar-se algumas substâncias químicas podemos alterar essa propriedade da água. Dessa forma ocorre uma diminuição da intensidade das ligações do tipo pontes de hidrogênio aumentando conseqüentemente a molhabilidade da água. Com a redução da força de atração entre as moléculas, a água consegue penetrar em espaços antes inacessíveis devido a elevada tensão superficial. Outra propriedade que podemos alterar é a questão da molhabilidade da mesma em materiais hidrofóbicos e hidrofílicos (KIDDE, 2012).

Algumas fibras naturais, como o algodão, possuem características hidrofóbicas devido às cargas elétricas presentes em sua superfície. A característica hidrofóbica dificulta muito o molhar desse tipo de fibra, refletindo a grande dificuldade de controlar incêndios em indústrias têxteis<sup>5</sup>. A figura 7 amplia os fios de um tecido a nível microscópico possibilitando o entendimento da hidrofobicidade e a relação com os tensoativos. Os dois fios da esquerda foram colocados em presença de água pura, observa-se que a hidro-repelência faz com que a água mantenha o menor contato possível com as fibras, formando uma espécie de arco ao entorno das mesmas onde as gotas são suportadas pela grelha do tecido como se fosse um sólido. Sendo assim conforme figura 7 conclui-se que o ângulo formado entre as fibras e a gota é menor que noventa graus, o que faz com que não atinjam a parte inferior do tecido. Nos dois fios da direita coloca-se água aditivada com uma solução contendo tensoativos, esse líquido ultrapassa as camadas do tecido pelo fato das ligações do tipo ponte de hidrogênio estarem enfraquecidas devido a competição do tensoativo com as mesmas além das micelas interagirem com as cargas superficiais das fibras, permitindo que a água ultrapasse a grelha sem maiores dificuldades<sup>6</sup> (LOWER; 2012).

---

<sup>5</sup> Informação verbal obtida na disciplina de combate a incêndio estrutural nível I, ministrada pelos instrutores Cap Cardoso, Ten Ferreira e Ten Anderson no curso de Formação de Oficiais, em Dezembro de 2010.

<sup>6</sup> Tradução livre de Water repellency Water is quite strongly attracted to many natural fibers such as cotton and linen; a droplet that falls on such a material will flatten out and be drawn through the fabric (Fig. ??.) One way to prevent this is to coat the fibers with a polymeric material that is not readily wetted. The water tends to curve away from the fibers so as to minimize the area of contact, so the droplets are supported on the gridwork of the fabric but tend not to fall through.

Figura 7 – Fios de tecidos hidrofóbicos e molhabilidade

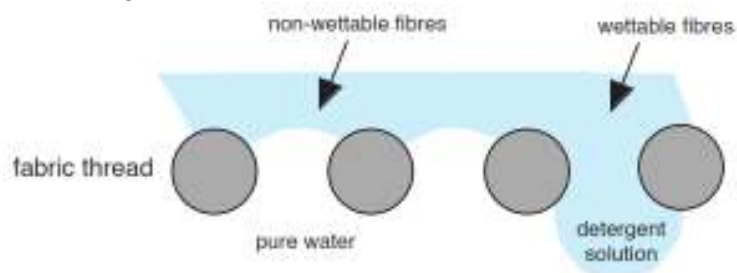


Figure 3: Water repellency and penetration of fabrics.

Fonte Lower (2012, p. 5).

## 2.6 TENSOATIVOS

Faz-se necessário para uma correta compreensão acerca dos tensoativos, indiferentemente da área de interesse ou aplicação, o conhecimento das características específicas de cada molécula assim como as propriedades proporcionadas ao meio em que agem quando confrontadas com outras moléculas não tensoativas. (SILVA; PONZETTO; ROSA, 2003).

Tensoativos são compostos orgânicos que possuem comportamento anfifílico, isto é, possuem duas regiões, hidrofóbica e hidrofílica. A parte hidrofóbica do tensoativo geralmente é composta de cadeias alquílicas ou alquilfenílicas, contendo de 10 a 18 átomos de carbono. A região hidrofílica é constituída por grupos iônicos ou não-iônicos ligados à cadeia carbônica. Entre as conseqüências importantes da referida estrutura anfifílica podem-se destacar a adsorção nas interfaces, por ex., solução/ar, e formação de diferentes estruturas coloidais, micelas, cristais líquidos liotrópicos e vesículas, entre outras. Tais propriedades são a base de uma gama de aplicações importantes, por ex., na formulação de agroquímicos, fármacos e produtos de consumo,[...] (PENTEADO; EL SEOUD; CARVALHO, 2006, p. 1039).

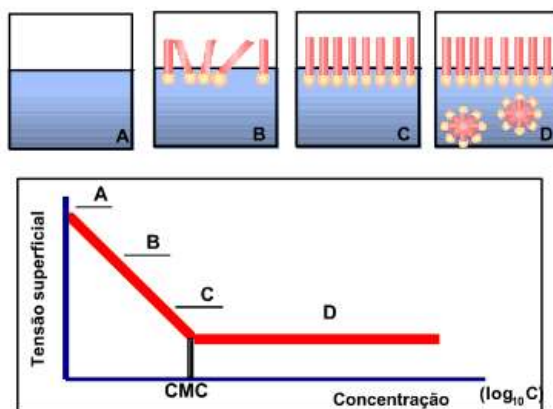
De modo geral os tensoativos possuem dois grupos ativos, sendo um grupo apolar (interage com substâncias hidrófobas) e um grupo polar (interage com substâncias hidrófilas, ou seja, dentre outros a água). Os grupos polares dividem-se em iônicos e não iônicos, os iônicos interagem com a água através da presença de cargas na molécula ao passo que os grupos não iônicos interagem através das pontes de hidrogênio (porção hidrofílica) (UTIMURA; LINGUANOTO, 1998).

A capacidade de interação dos tensoativos faz os mesmos atuarem como conciliadores entre compostos sem afinidade através da alteração da tensão superficial. Essa interação confere a capacidade de formar emulsões entre líquidos imiscíveis como a água e o óleo (SILVA; PONZETTO; ROSA, 2003).



A figura 8 representa na parte superior a configuração do tensoativo e sua distribuição com o aumento da concentração. Na letra “A”, observa-se somente a água pura, na letra “B” inicia-se a adição do tensoativo, onde percebe-se que a parte polar da molécula fica em contato com a água e a parte apolar direcionada para a interface do líquido, no caso a parte em contato com o ar. Na letra “C” observa-se o ponto onde ocorre a saturação da superfície do líquido, havendo uma distribuição homogênea na superfície. Na letra “D” a concentração do tensoativo atingiu a concentração micelar crítica – CMC, ou seja, o ponto onde a superfície já está saturada e o tensoativo saturado forma micelas no interior do líquido buscando a estabilidade entre si. As micelas ficam com a parte apolar voltadas para o interior e a parte polar para a água.

Figura 8 – Distribuição do tensoativo e a relação com a C.M.C.



Fonte: (SILVA; PONZETTO; ROSA, 2003, p. 2)

O gráfico na parte inferior da figura apresenta a relação da tensão superficial com o aumento da concentração do tensoativo. Observa-se que a mesma decai até o ponto em que ocorre a estabilização do valor da tensão superficial mesmo com a adição de tensoativo na solução. Esse ponto onde não mais ocorre redução da tensão superficial chama-se CMC (UTIMURA; LINGUANOTO, 1998).

### 2.6.1 Tipos de tensoativos

Atualmente existem inúmeros tensoativos disponíveis no mercado, todos possuem a característica de possuir em suas moléculas uma parte polar e outra apolar, tendo as propriedades principais variando conforme a localização e o número de grupos hidrofílicos.

As principais classes de tensoativos existentes hoje são: os catiônicos, aniônicos, não iônicos e anfóteros (ZAGO NETO; DEL PINO, 2012).

#### a) Aniônicos

Os tensoativos aniônicos possuem como parte ativa a extremidade que contém o ânion. Quando se dissocia em solução aquosa, forma radicais, no grupo hidrofílico, com carga negativa, ou seja, ânions. Dentre os tensoativos desse grupo, normalmente formula-se xampus, sabonetes, sabões e detergentes comuns. Observar radicais aniônicos na figura 9 (FONSECA, 2007).

Possuem baixa eficiência em meios ácidos devido a protonação do grupo aniônico, reduzindo sua eficiência, em águas com elevada dureza o tensoativo pode ter seu poder reduzido. É o grupo mais utilizado no mundo para fabricação de detergentes (SILVA; PONZETTO; ROSA, 2003).

Figura 9 – Radicais aniônicos dos sabões e detergentes

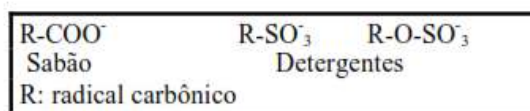


Figura 2.5.1 - Tensoativos aniônicos

Fonte: (ZAGO NETO; DEL PINO, 2012, p. 64).

#### b) Cationicos

De forma contrária aos tensoativos aniônicos, a parte que reage com a água possui um caráter positivo, ou seja, sua parte hidrofílica da molécula possui um caráter positivo. Esse grupo possui propriedades germicidas, sendo então muito utilizados como desinfetantes. São elaborados a partir de derivados alquil ou aril do cloreto, brometo ou sulfato de amônio. A obtenção pode ser ainda através da transformação das piridinas, imidazóis e das isoquinolinas. Os produtos obtidos são chamados de quaternários de amônio. (ZAGO NETO; DEL PINO, 2012).

#### c) Não iônicos

Os tensoativos não iônicos ao contrário dos grupos mencionados anteriormente não possuem radicais eletricamente ativos, interagem com a água através das pontes de

hidrogênio. Realizam a limpeza de tecidos, por exemplo, ao interagir com as sujeiras que são hidrofóbicas (ZAGO NETO; DEL PINO, 2012).

A classe apresenta elevada resistência a eletrólitos e dureza (presença de íons de Cálcio ou magnésio), assim como desempenho adequado em ampla faixa de pH. Classe mais numerosa em variedade das moléculas(SILVA; PONZETTO; ROSA, 2003).

#### **d) Anfóteros**

São aqueles tensoativos que possuem características aniônicas e catiônicas na mesma molécula, são utilizados em xampus do tipo dois em um, onde reúne propriedades de limpeza e desembaraçamento dos cabelos (FONSECA, 2007).

Sob pH menor que sete, comportam-se como catiônicos, igual a sete não iônicos e superior a sete como anionicos.

Quando um tensoativo do grupo catiônico é misturado com um do grupo aniônico, reagem formando os tensoativos do tipo anfóteros, entretanto na maioria das vezes perdem suas características básicas como o poder de limpeza (ZAGO NETO; DEL PINO, 2012).

Interligando-se os conhecimentos abordados sobre tensão superficial e tensoativos, percebe-se que uma das principais aplicações é na promoção de umectação ou molhabilidade nos diferentes materiais. A umectação pode ser explicada como a tendência de um líquido esparramar-se por toda superfície e suas cavidades, fica aumentada quando ocorre a redução da tensão superficial de um líquido, o que conseqüentemente aumenta a molhabilidade (SILVA; PONZETTO; ROSA, 2003).

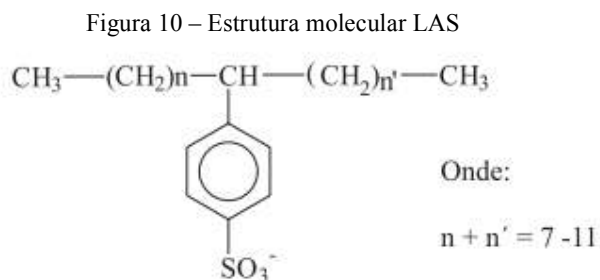
#### **2.6.2 Seleção do tensoativo utilizado no teste**

Para a seleção do tensoativo considerou-se diversos fatores, entretanto optou-se por utilizar um tensoativo largamente empregado no mundo e no Brasil. O tensoativo em questão é o ácido sulfônico também é conhecido como **Ácido Alquil Sulfônico, Ácido Sulfônico do Linear Alquilbenzeno ou Linear Alquilbenzeno Sulfonado – LAS** (TEBRÁS TENSOATIVOS DO BRASIL LTDA, 2012).

Segundo Pentead, El Seoud, e Carvalho (2006) o volume de LAS produzido no mundo foi da ordem de 3,4 milhões de toneladas, sendo o Brasil responsável pela produção de 80 mil toneladas do mesmo. Considerando a compatibilidade com o meio ambiente, ou seja,

sua biodegradabilidade, é o tensoativo mais utilizado mundialmente na produção de detergentes, produtos de limpeza, na indústria de alimentos, no tratamento de metais e ainda como emulsionante agrícola.

O LAS, figura 10, pertence ao grupo aniônico sendo produzido através do processo de sulfonação do Linear Alquilbenzeno – LAB. Possui cadeia lateral de 10 – 13 carbonos e agente sulfonante é o  $\text{SO}_3^-$ . Dentre as características que interessam ao presente trabalho estão um excelente poder umectante, boa solubilidade e resistência a hidrólise, podendo ser empregado em soluções alcalinas ou ácidas. A posição do fenil, anel aromático ligado ao  $\text{SO}_3^-$ , pode ser substituída em qualquer posição, exceto no carbono um, dessa forma pode formar vinte e seis moléculas diferentes, sendo então o LAS uma mistura de inúmeros homólogos e isômeros (TEBRÁS TENSOATIVOS DO BRASIL LTDA, 2012).



**Figura 1.** Estrutura molecular do Alquilbenzeno Sulfonato linear (LAS)

Fonte: Penteadó, El Seoud, e Carvalho (2006, p. 1.038).

### 2.6.3 LAS e sua relação com a biodegradabilidade e toxicidade

Uma substância orgânica é considerada biodegradável quando microrganismos, através de seus processos biológicos, conseguem decompor o composto em íons inorgânicos (exemplo o  $\text{SO}_4^{2-}$ ) ou moléculas simples (exemplo o  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ ). Normalmente a degradação biológica ocorre de forma aeróbia sendo que todos os produtos gerados na decomposição são utilizados como fonte de nutrientes pela fauna e flora (FONSECA, 2007).

O ácido sulfônico por possuir uma cadeia normal ou linear é biodegradável (FONSECA, 2007), ao final do processo de decomposição o mesmo transforma-se em biomassa, água e gás carbônico. O Ácido Alquil Sulfônico 90%, segundo laudo da empresa Grupo Ecolyzer (anexo E), em ambiente aeróbico, degrada-se em torno de 91,3% em um

período de 14 dias. Segundo a ficha técnica da BRASINET (2010)., 50% do produto degrada-se por fotodegradação nos 2,2 primeiros dias se exposto ao meio ambiente.

Considerando que utiliza-se 184 gramas de tensoativo para cada mil litros de água, o impacto ambiental adicional que a utilização do mesmo trará ao ecossistema é mínima, pois a maior parte desse produto não irá parar diretamente nos mananciais hídricos, boa parte será decomposta com a própria ação do calor ao vaporizar a água, outra parte ficará adsorvida aos combustíveis e uma ínfima parcela retornará diretamente ao sistema de tratamento de esgoto ou então aos mananciais.

Segundo a NFPA 18, a toxicidade oral DL50 não deve ser inferior a 500mg/kg, segundo a equipe técnica da BRASINET (2010) a toxicidade oral do LAS fica na faixa de 1350-1470mg/kg, ou seja, quase três vezes superior ao limite mínimo. E a toxicidade dérmica DL50 deve ser superior a 2000mg/kg, o LAS possui exatamente essa exigência, ou seja, a DL50 dérmica é atingida quando se ultrapassa 2000mg/kg. Dessa forma o LAS esta em conformidade com as normas internacionais que definem as especificações de toxicidade dos agentes umectantes, sendo então considerado seguro para uso desde que observada as peculiaridades de manipulação conforme cada fabricante (BRASINET, 2010).

### 3 METODOLOGIA DO PRESENTE TRABALHO

Este trabalho quanto a seus objetivos, classifica-se como uma pesquisa exploratória que, segundo Gil (2009), pretende aprimorar ideias e conhecimentos possuindo ainda um planejamento flexível onde se consideram diversos aspectos do tema em estudo.

Ainda de acordo com o autor, os procedimentos técnicos a serem utilizados serão: a pesquisa bibliográfica que tem por base materiais já elaborados como revistas e artigos científicos; **documental**, composta basicamente da análise de documentos que não receberam um tratamento definitivo podendo ser alterados conforme o objetivo dos respectivos trabalhos e; **experimental**, que “[...] consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.” (GIL, 2009, p. 47).

De acordo com Lakatos e Marconi (2010a), o método científico a ser adotado será o hipotético-dedutivo, pois a partir de um problema e de uma conjectura testar-se-ão as hipóteses através da observação e/ou experimentação, tendo por objetivo descrever e explicar a realidade.

Segundo Marconi e Lakatos, (2010b, p. 48), “[...] técnica é um conjunto de preceitos ou processos de que se serve uma ciência ou arte; é a habilidade para usar esses preceitos ou normas, a parte prática. Toda ciência utiliza inúmeras técnicas na obtenção de seus propósitos.”

Ainda referindo-se ao autor, quanto às técnicas utilizadas, o presente trabalho utilizará na primeira parte uma pesquisa bibliográfica acerca dos tensoativos e surfactantes bem como o que existe no Brasil sobre a relação dos mesmos com o combate a incêndio Classe “A”. Em um segundo momento utilizará uma pesquisa de laboratório para que haja a verificação *in loco* dos efeitos desses produtos no combate a incêndio.

#### 3.1 ANALISE DA TENSÃO SUPERFICIAL – LAS

A análise da tensão superficial do ácido sulfônico foi realizada em parceria com o programa de doutorado da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC junto ao Laboratório da Engenharia Química. A parte metodológica utilizada é a padrão do laboratório e será sucintamente descrita abaixo.

Inicialmente formulou-se a solução estoque, solução essa que é diluída até atingir todas as concentrações utilizadas no teste. No caso utilizou-se uma solução estoque de 0,250 g/L de LAS 100 (puro), para alcançar esse valor pesou-se 0,277 g de LAS 90 (90% de ingrediente ativo) diluindo-se em mil mililitros de água. A partir dessa formularam-se nove amostras com volume de (50) cinquenta mililitros conforme tabela 01.

Tabela 1 – Concentração das amostras utilizadas

[ ] g/L da solução LAS	Vol. Sol. Estoque (ml)	Vol. de água Destilada (ml)
0,040	8,0	42,0
0,060	12,0	38,0
0,080	16,0	34,0
0,100	20,0	30,0
0,120	24,0	26,0
0,140	28,0	22,0
0,160	32,0	18,0
0,180	36,0	14,0
0,200	40,0	10,0

Fonte: Dados da pesquisa (2012).

Após a preparação das amostras, partiu-se para a calibração do equipamento utilizado, marca KSV, modelo SIGMA 702. O passo inicial ocorreu com a medição da densidade da amostra que é calculada pelo equipamento. Após informou-se a densidade do ar, a mesma varia com a temperatura ambiente, e está descrita conforme tabela padrão do laboratório.

O método do anel de Du Noüy foi utilizado para determinação da tensão superficial. “Nesse método, um anel de platina é submerso em uma solução e a força necessária para se puxar o anel através de sua superfície é medida, permitindo a determinação da tensão superficial em condições de equilíbrio.” (BRASINET, 2010, p. 226). Fazendo uso do equipamento realizaram-se três medições de cada amostra, fornecendo ao final a média das mesmas corrigidas pelo modelo matemático de Huh-Mason.

Antes de avaliar-se cada amostra, o anel de platina foi limpo passando pelas seguintes etapas: primeiramente mergulhou-se o anel no hexano, posteriormente na acetona, e na água. Por fim levou-se o anel a chama do bico de Bunsen até o mesmo ficar incandescente, após retirou-se da chama e assim que retomada sua coloração natural recolocou-se no equipamento.

### 3.2 AVALIAÇÃO PRÁTICA DO TENSOATIVO E SEUS EFEITOS SOBRE COMBUSTÍVEIS CLASSE “A”

A condução dos testes para avaliação da eficiência do uso de tensoativos no combate a incêndio classe “A” deu-se no dia 18 de Julho de 2012 junto ao platô de ensaio de incêndios no Centro de Treinamento do Quartel de Bombeiro Militar de Joaçaba –SC.

Considerando que não existe metodologia específica para avaliar este tipo de experimento, adaptou-se a metodologia utilizada na NBR 09443 – Extintor de Incêndio Classe “A” - Ensaio de fogo em engradado de madeira, de forma que as exigências sejam as mais próximas da norma, permitindo assim que os testes sejam reproduzidos sempre dentro dos mesmos padrões. Uma diferença de uso de avaliação da NBR refere-se a Extintores de incêndio classe “A”, utilizou-se a estrutura idêntica ao teste com capacidade extintora 1-A (ver Anexo B), para avaliar a eficiência da água aditivada com LAS.

#### 3.2.1 Equipamentos, materiais e produtos necessários a execução do ensaio

- Anemômetro com resolução em m/s (marca Kimo modelo VT 100S);
- Cronômetro (celular da marca Samsung GT-B3410);
- Termohigrometro marca/modelo Digital Thermo Hygrometer KT-908 com precisão na medição da temperatura de  $\pm 1^{\circ}$  C e umidade de  $\pm 5\%$ ;
- Medidor de umidade para madeira, com resolução máxima de  $\pm 1\%$  (marca Instrutherm modelo MUMC-620);
- Máquina fotográfica filmadora marca Sony modelo Dsc-W630;
- Vestimenta de aproximação ao fogo (Equipamento de Proteção Individual);
- Trezentos (300) elementos de madeira tipo Pinus com dimensões de 45mm X 45mm X 500mm;
- Seis (06) litros de líquido inflamável com características conforme anexo C;
- Duas (02) cantoneiras de aço, para montagem dos gradis de madeira, nas dimensões mínimas de 50mm x 25mm x 700mm;
- Quatro suportes, incombustíveis, idênticos para as cantoneiras;
- Recipiente para líquido inflamável com dimensões de 540mm de comprimento por 540mm de largura por 100mm de altura;
- Anteparo de proteção ao Gradil;



- Balança de precisão Digital Scale modelo 2000g/0.1, com certificação CE;
- 100g de Ácido Sulfônico 90;
- 01 Máquina tipo lavadora de alta pressão, marca Jacto modelo 6500 Stop Total com pressão nominal de 1450 PSI e vazão nominal máxima de 6,0L/min;
- 01 recipiente de 20L, possuindo junto ao fundo, uma saída lateral no diâmetro de  $\frac{3}{4}$  de polegada com registro, preferencialmente do tipo fecho rápido  $\frac{1}{4}$  volta, e em sua extremidade externa, fixado no mesmo engate rápido para mangueira de jardim;
- 01 mangueira de jardim com engate rápido;
- 01 transferidor da marca Desetek;

### 3.2.2 Construção e disposição do gradil para queima

O gradil (engradado) de madeira constitui-se em 10 (dez) camadas de 05 (cinco) elementos de madeira com secção transversal nominal de 45mm x 45mm x 500mm, de madeira tipo Pinus, tendo:

[...] um conteúdo de umidade entre 7% e 15%, conforme determinação da ASTM-D-2016 (Método A), ou conforme determinação direta através de equipamento de medição de umidade em madeira, em que os elementos, se necessário, são secados até obter-se o teor de umidade especificado.

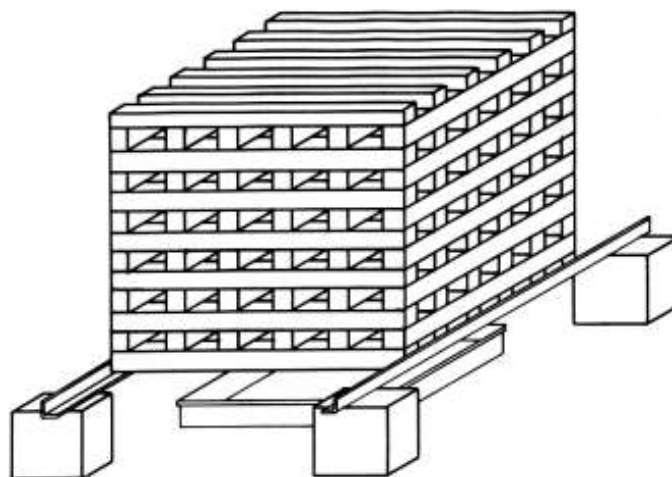
[...]As camadas alternadas devem consistir em elementos com dimensões especificadas e devem ser colocadas em ângulo reto. Os elementos individuais em cada camada devem ser espaçados uniformemente, formando um quadrado determinado pelo comprimento especificado dos elementos. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS, 2002, p. 2)

Ainda segundo a NBR 09443, os elementos pertencentes às bordas externas do gradil, devem ser fixadas entre si de forma que ofereçam resistência mecânica a forças externas exercidas durante a extinção do fogo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS, 2002, p. 2)

O engradado apoia-se sobre as duas cantoneiras. Essas ficam apoiadas sobre os quatro suportes incombustíveis e sob esses, fica o recipiente contenedor do liquido inflamável devendo estar localizado sob o centro geométrico do gradil.

A disposição final de todos os elementos do sistema está representada esquematicamente na figura abaixo (observar que o número de elementos no esquema é diferente do supracitado, entretanto a disposição dos elementos deve manter-se no padrão apresentado).

Figura 11 – Engradado de Madeira de acordo com a NBR 09443



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2002, p. 3)

### 3.2.3 Tratamentos e repetições

O experimento foi composto basicamente por 2 (dois) tratamentos e 3 (três) repetições. O tratamento “A”, ou padrão, baseou-se na forma predominante de combate a incêndios atualmente, ou seja, utilizando-se simplesmente água potável da rede pública (Informação verbal)<sup>7</sup>. O tratamento “B” foi objeto principal de estudo desse trabalho, ou seja, combate a incêndios classe “A” com água molhada (água potável da rede pública adicionada com o tensoativo até a mesma atingir sua CMC).

Cada repetição foi composta por dois gradis, sendo um atacado com o tratamento “A” e o outro com o tratamento “B”, perfazendo um total de 6 (seis) gradis de madeira.

Um gradil refere-se a 50 elementos de madeira medindo 45mm x 45mm x 500mm dispostos conforme item 3.2.2.

### 3.2.4 Detalhes da execução do ensaio

O ensaio de fogo foi realizado por um Bombeiro Militar devidamente aprovado e habilitado no curso de Combate a Incêndio Estrutural, estando esse devidamente protegido

---

<sup>7</sup> Informação verbal obtida na disciplina de combate a incêndio estrutural nível I, ministrada pelos instrutores Cap Cardoso, Ten Ferreira e Ten Anderson no curso de Formação de Oficiais, em Dezembro de 2010.

por vestimenta adequada ao combate (Equipamento de Proteção Individual composto por capacete, balaclava, jaqueta, calça, botas e luvas de combate a incêndio) a incêndio.

Considerando que o ensaio foi realizado em ambiente aberto, utilizou-se um anteparo permanente ao entorno do gradil para protegê-lo do vento durante a execução, seguindo requisitos idênticos a NBR 9443 “[...], a velocidade máxima do vento, medida entre o anteparo e o engradado, não deve ser superior a 3m/s, com rajadas máximas de 4,5m/s e sem precipitação pluvial.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002, p. 3).

Segundo a NBR 09443, se o vento alcançar velocidades superiores a 3 m/s ou apresentar rajadas superiores a 4,5 m/s, um anteparo deve ser utilizado durante o período de ignição do engradado, de modo a otimizar o andamento inicial da queima, sendo que imediatamente antes do início da extinção o anteparo deve ser retirado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002).

### **3.2.5 Ignição e combate**

Segundo a NBR 09443 a ignição do engradado deve ser feita queimando-se totalmente 01 (um) litro do líquido inflamável, no recipiente destinado a isso, colocado simetricamente sob o eixo vertical do engradado. Decorridos 10 minutos do início da ignição, verificando-se a queima completa do líquido, inicia-se o ataque ao fogo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002).

Conforme requisito da NBR 09443 deve-se registrar durante o ensaio:

6.1.1.1 [...] a altura aproximada da chama acima do topo do engradado;  
a) o tempo total de queima da carga do líquido inflamável.

Para ensaios efetuados em ambiente aberto, devem ser registrados a velocidade do vento, bem como a ocorrência e o valor de rajadas durante o período (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002, p. 3).

O combate foi realizado com equipamento do tipo lava jato de alta pressão, descrito no item 3.2.1, onde o recipiente de 20L contenedor dos tratamentos utilizados esteve posicionado três metros acima do solo, conectado ao mesmo, fornecendo a pressão mínima exigida pelo equipamento.

O ângulo de saída da água da ponta do esguicho do lava jato ficou em aproximadamente trinta graus aferido pelo transferidor descrito no item 3.2.1. Antes de

iniciar-se o combate, pesou-se o recipiente contenedor do tratamento e anotou-se seu peso em uma planilha.

Decorrido o tempo inicial de ignição, iniciou-se o combate do fogo, atacando-se o mesmo em todas as direções e também pela parte superior do gradil, por um tempo de 35 segundos.

A NBR 09446 considera extinto o fogo e encerrado o teste, 10 minutos após o início da extinção, caso após o combate existam brasas ainda, essas devem ser monitoradas de forma que não ocorra reignição. Ocorrendo reignição realiza-se novo combate anotando o tempo em que a mesma ocorreu (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002). No presente trabalho, considerou-se extinto o fogo e encerrou-se o teste quando decorreram dez minutos do último combate. Havia-se a prerrogativa que caso ocorresse reignição após o primeiro ataque de trinta e cinco segundos, anotar-se-ia o tempo do ocorrido, realizando um novo ataque de dez segundos, caso após este ataque ainda existisse chama visível realizar-se-ia imediatamente outro de igual período.

Após o final do ataque, iniciou-se novamente a contagem do tempo, ocorrendo nova reignição no tempo de 10 minutos, reiniciou-se o ataque igualmente ao descrito no parágrafo anterior. Como não ocorreu reignição, considerou-se extinto o fogo.

Após a extinção do fogo, computou-se em uma planilha, o tempo total desde o início do teste, a velocidade do vento, número de vezes que ocorreu reignição, momento em minutos da reignição e peso final do recipiente que contem o tratamento utilizado. Esses dados foram tratados e analisados no capítulo quatro deste trabalho.

Segundo a NBR 09443 o gradil após o teste, quando o fogo foi considerado extinto, não deve apresentar área não-queimada superior a cinco por cento da sua área externa, observada as seis faces laterais do gradil. Caso ocorra será então descartada a repetição em questão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002).

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme descrito no capítulo um do presente trabalho, este capítulo destina-se a apresentação detalhada de como os testes foram conduzidos e análise dos resultados obtidos com os testes descritos nos itens 3.2.1 e 3.2.2.

### 4.1 RESULTADOS ANÁLISE LABORATORIAL DA TENSÃO SUPERFICIAL

Os valores, juntamente com seus desvios padrão, obtidos junto ao laboratório da UFSC estão apresentados na tabela 02

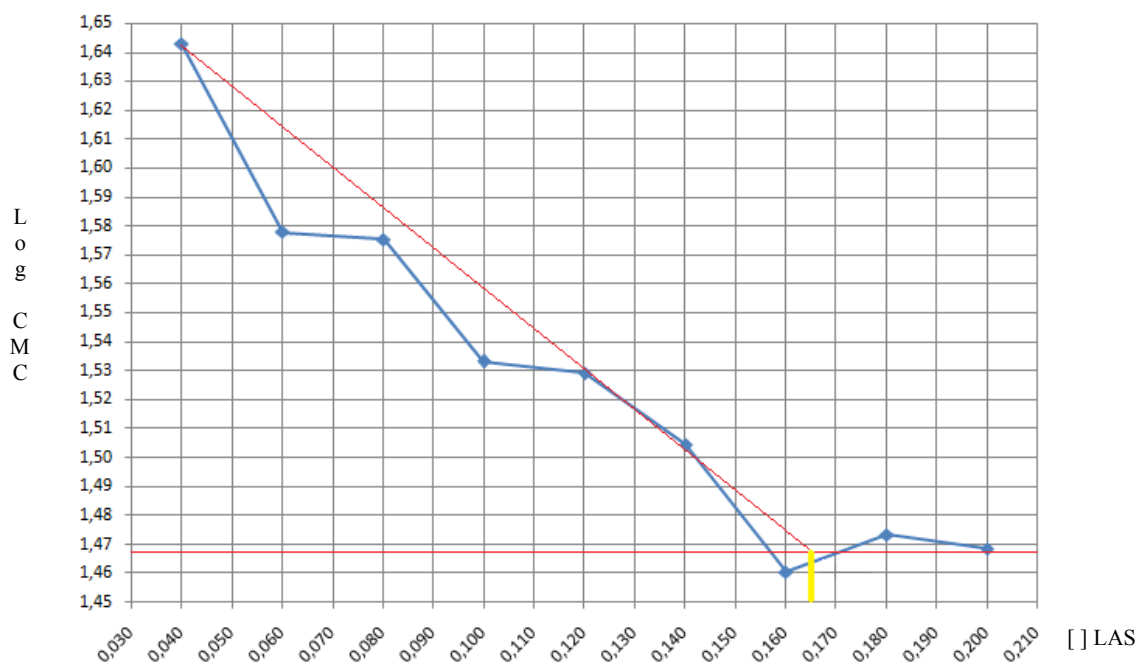
Tabela 2 – Valores da tensão superficial com diferentes concentrações de LAS

[ ] g/L da solução LAS	Média Tensão Superficial (mN/m)	Desvio padrão Huh-Mason
0,040	43,93	± 0,50
0,060	37,83	± 0,46
0,080	37,61	± 0,71
0,100	34,13	± 0,47
0,120	33,82	± 0,57
0,140	31,95	± 0,77
0,160	28,88	± 0,51
0,180	29,74	± 0,47
0,200	29,42	± 0,62

Fonte: Dados da pesquisa (2012).

Para a determinação da CMC, foi elaborado o gráfico 01 onde no eixo Y estão os valores do logaritmo na base dez dos valores médios obtidos da tensão superficial e no eixo X estão os valores em g/L do LAS. Os pontos estão interligados, com as linhas vermelhas, onde a linha em diagonal demonstra a linearidade da redução da tensão superficial conforme o aumento da concentração de tensoativo até o ponto de concentração 0,165 g/L. A linha horizontal, paralela ao eixo X, apresenta o valor médio da tensão superficial dos pontos 0,160; 0,180 e 0,200. Do ponto de intersecção das linhas vermelhas, traçou-se uma linha amarela paralela ao eixo Y, essa linha demonstra o valor da Concentração Micelar Crítica do LAS, ou seja, aquele valor que independente da quantidade de ativo que se adicione, não reduz a tensão superficial. No caso do ácido sulfônico esse valor médio é de 0,165 g/L de ingrediente ativo – I.A.

Gráfico 1 – Tensão superficial e a concentração do LAS na solução



Fonte: Dados da pesquisa (2012).

Baseado no que os autores do referencial teórico afirmam sobre a CMC, e o resultado que se obteve no teste em laboratório na UFSC, utilizou-se no teste prático a concentração de 0,165 g/L de ingrediente ativo do LAS.

## 4.2 AVALIAÇÃO PRÁTICA DO TENSOATIVO E SEUS EFEITOS SOBRE COMBUSTÍVEIS CLASSE “A”

Neste tópico serão discutidos os detalhes referentes a execução dos testes, ou seja, como executou-se a metodologia descrita no item 3.2 do presente trabalho.

### 4.2.1 Detalhes técnicos da execução do teste

Conforme indicação da NBR 09443, todos os elementos das bordas externas do gradil foram grampeados de forma que os mesmos ficassem firmemente fixados entre si.

A fim de cumprir-se o requisito da velocidade do vento, barreiras artificiais foram instaladas ao entorno do local onde se realizou as queimas, evitando-se assim que a velocidade do vento interferisse de maneira significativa nos testes ou então que houvesse necessidade da utilização de um anteparo de proteção ao gradil. Dessa forma a velocidade do

vento ficou dentro do previsto na metodologia, sendo que toda vez que se detectava vento ou alteração em sua velocidade era mensurada novamente a velocidade e anotado o tempo do ocorrido.

A vazão nominal máxima do equipamento lava-jato é de seis litros por minuto, sendo que a aferida no momento do teste foi de cinco litros e meio por minuto. Considerando que a alimentação do equipamento foi realizada de forma gravitacional com um desnível de 3 metros entre o fundo do recipiente e a entrada d'água e também o fato da saída d'água estar sofrendo mudanças na trajetória pelas palhetas do equipamento para formar o ângulo desejado, considera-se a vazão dentro dos valores normais de trabalho do lava-jato.

O tempo de queima, diferente do previsto na NBR 09443 (dez minutos) ficou em oito minutos, pois a madeira utilizada foi Pinus ao invés do Pinheiro Paraná. O tempo foi reduzido em dois minutos devido a maior velocidade de queima do Pinus, de forma que o gradil mantivesse sua configuração durante o teste. Essa adaptação ocorreu devido à indisponibilidade das madeiras da região da madeira do tipo Pinheiro Paraná, sendo que na única disponível, a madeira estava com os padrões de umidade fora da faixa admissível no trabalho.

A umidade média dos elementos de madeira ficou em 14,5%, sendo que nenhum ultrapassou os quinze por cento.

#### **4.2.2 Detalhes referentes a queima dos gradis**

Inicialmente realizou-se a queima dos três gradis utilizando-se LAS na concentração indicada pelo item 4.1, sendo que para se atingir as 0,165g/L de I.A. foram pesados 0,184 g/L do LAS 90 (90% de pureza).

Por sorteio determinou-se a queima inicial dos gradis referentes ao tratamento “B”, ou seja, aquele com o LAS (água molhada). Os gradis que compõe o tratamento são os de número um, dois e três. Posteriormente realizou-se a queima dos gradis referentes ao tratamento “A”, ou seja, aqueles de número quatro, cinco e seis.

Os testes iniciaram-se às quatorze horas e quarenta minutos e encerram-se às dezoito horas e quarenta e oito minutos do dia dezoito de julho de dois mil e doze. A temperatura e a umidade relativa do ar, respectivamente iniciaram em 18,5 graus Celsius e 67% e finalizaram em 12 graus Celsius e 98%.

A altura média das chamas aos oito minutos de queima foi de aproximadamente dois metros em todos os tratamentos e repetições.

A temperatura média da água foi de treze vírgula cinco graus Celsius.

#### **4.2.3 Análise individual de cada repetição**

Neste tópico estão detalhados os resultados dos seis gradis utilizados nos tratamentos juntamente com todos os detalhes técnicos relativos a queima, apontando-se ainda toda e qualquer anormalidade ocorrida durante os ensaios.

##### **a) Gradil 01**

O gradil 01 foi o primeiro a ser queimado, teve início as quatorze horas e quarenta minutos. Utilizou-se como agente extintor água molhada, a temperatura ambiente era de dezoito vírgula cinco graus Celsius, a umidade relativa era de 67%, o tempo de queima do combustível foi de quatro minutos e dezoito segundos e a velocidade do vento não foi significativa sendo da ordem de 0,3 metros por segundo.

O equipamento de combate a incêndio apresentou falhas no funcionamento. Devido ao fato da presença de ar no interior da mangueira, a expedição de água ocorreu de forma anômala por aproximadamente 19 segundos durante o combate inicial, ou seja, aquele com duração de 35 segundos. Sendo assim funcionou com uma pressão e volume muito inferiores ao nominal do equipamento.

A falha resultou em uma retirada de calor inferior ao esperado, dessa forma o gradil reigniu três vezes. Fato interessante de se observar é que o volume de água utilizado manteve-se muito próximo ao utilizado nas outras duas repetições, ficando em torno de três vírgula quarenta e sete litros de água molhada. O fogo foi considerado extinto aos trinta e quatro minutos e vinte e cinco segundos do início do teste.

##### **b) Gradil 02:**

O gradil 02 foi o segundo a ser queimado, tendo início às dezesseis horas. Utilizou-se como agente extintor água molhada, a temperatura ambiente era de dezesseis graus Celsius, a umidade relativa do ar de 71%, o tempo de queima do combustível foi de



quatro minutos e cinco segundos e a velocidade do vento não foi significativa sendo da ordem de 0,4 metros por segundo.

Após o primeiro combate não houve reignição, sendo utilizado um volume de água molhada de três vírgula sessenta e cinco litros e considerou-se extinto o fogo aos dezoito minutos e trinta e cinco segundos.

### **c) Gradil 03**

O gradil 03 foi o terceiro a ser queimado, tendo início às dezesseis horas e quinze minutos. Utilizou-se como agente extintor água molhada, a temperatura ambiente era de quinze graus Celsius, a umidade relativa do ar 75%, o tempo de queima do combustível foi de quatro minutos e cinco segundos, sendo a velocidade do vento 2,4 m/s no início da queima e atingindo 2,7 m/s aos dez minutos e vinte e três segundos.

O fogo foi considerado extinto aos vinte e três minutos e trinta e nove segundos sendo utilizado três vírgula cinqüenta e cinco litros de água.

Novamente cabe ressaltar que o volume de água molhado utilizado para extinguir o fogo foi muito próximo.

### **d) Gradil 04**

O gradil 04 foi o quarto a ser queimado, tendo início às dezessete horas. Foi o primeiro gradil da série de testes utilizando-se como agente extintor somente água. A temperatura ambiente era de treze vírgula cinco graus Celsius, a umidade relativa do ar de 81%, o tempo de queima do combustível foi de quatro minutos e vinte e cinco segundos e a velocidade do vento inicial foi da ordem de 2,4 metros por segundo.

Após o primeiro combate houve duas reignições sendo uma aos treze minutos e trinta segundos e outra aos quinze minutos e trinta segundos, o fogo foi considerado extinto aos vinte e cinco minutos e quarenta segundos. O volume de água utilizado foi de quatro vírgula oitenta e nove litros.

### **e) Gradil 05**

O gradil 05 foi o quinto a ser queimado, tendo início às dezessete horas e trinta minutos. Utilizou-se como agente extintor somente água. A temperatura ambiente era de treze vírgula dois graus Celsius, a umidade relativa do ar de 88%, o tempo de queima do combustível foi de quatro minutos e dezenove segundos, sendo a velocidade do vento inferior a 0,8 metros por segundo durante a execução do teste.

Após o primeiro combate ocorreram quatro reignições, sendo aos 16min e 33 segundos, aos 18min e 45 segundos, aos 22min e 25 segundos e a última aos 32 minutos. O teste foi considerado extinto aos quarenta e dois minutos e dez segundos. Sendo o volume de água utilizado da ordem de sete vírgula quatro litros.

#### **f) O gradil 06**

O gradil 06 foi o último a ser queimado, tendo início às dezoito horas e vinte e nove minutos. Utilizou-se como agente extintor somente água. A temperatura ambiente era de doze graus Celsius, a umidade relativa do ar de 98%, o tempo de queima do combustível foi de três minutos e cinquenta e oito segundos, sendo a velocidade do vento inferior a 1,0 metro por segundo durante a execução do teste.

O presente gradil foi desclassificado do teste em virtude de após a extinção do incêndio apresentar mais que 5% da área superficial externa não queimada. Ver figura 12.

Figura 12 – Gradil após a queima



Fonte: Autor

#### 4.2.4 Comparação entre combate com água molhada e água pura

A tabela 3 resume o volume de água gasto e o número de vezes que cada gradil reigniu. Considerando a grande falha na execução do teste referente ao gradil 01, e a desqualificação do gradil 06, estes ficarão de fora das estatísticas apresentadas.

Tabela 3 – Resultado dos tratamentos

Gradil	Volume H2O (L)	Reigniçao n° vezes	Tempo extinção
1	-	-	-
2	3,65	0	10min 35seg
3	3,55	1	15min 39seg
4	4,89	2	17min 40seg
5	7,40	4	34min 10seg
6	-	-	-

Fonte: Dados da pesquisa (2012).

A partir dos dados obtidos com os testes e discutidos nos itens 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.3, pode-se obter a média do volume de água gasto com a utilização de água molhada e água pura, a relação com o número de reignições e o tempo de combate entre os mesmos.

O volume médio de água molhada para atacar o fogo foi de 3,6 litros de água ao passo de que o volume de água pura foi de 6,14 litros. Esse fato representa o aumento da eficiência na retirada de calor pela água em 41,3%. Fazendo a comparação do pior resultado da água molhada (gradil 02), contra o melhor da água pura (gradil 05) ainda obter-se-ia uma vantagem de 25,35% no poder de resfriamento. Invertendo-se o cenário, utilizando o melhor resultado com água molhada (gradil 03) contra o pior da água pura (gradil 05) ter-se-ia a impressionante vantagem de 52% de economia de água. Dessa forma é evidente e incontestável a grande economia de água quando utilizada água molhada, onde independente da comparação que se faça, sempre ocorrerá economia significativa no volume de água utilizado.

Além do excelente resultado na economia de água, observa-se que o número médio de reignições dos gradis tratados com água molhada é de 0,5 vezes ao passo que a água pura é de 3 vezes, fato que além de ratificar as informações do parágrafo anterior, corroboram no sentido de que operações de rescaldo serão muito menos necessárias e quando executadas necessitarão de um menor tempo na cena.

O tempo de extinção médio, ou seja, aquele decorrido do início do combate até considerar-se o fogo extinto, com água molhada foi de 13 minutos 07 segundos ao passo que aquele com água pura foram de 25 minutos 55 segundos. A economia de tempo foi da ordem de 50,6%, esse fato demonstra que se obtém além da redução do volume de água utilizado e do número de reignições, a redução do tempo em que o bombeiro permanecerá na cena.

Um ponto curioso e observado durante o ataque ao fogo é que quando se utiliza água molhada ocorre uma emissão menor de fumaça, sendo inicialmente, somente o vapor de

água. A percepção do combatente é que a fumaça emitida no ataque somente com água pura irrita muito mais os olhos do que aquela emitida quando o ataque é realizado com água molhada. Observe a figura 13, a imagem superior representa a fumaça aos 35 segundos de combate do gradil 02 e a inferior representa o gradil 04 no mesmo tempo. Na parte inferior da imagem, mesmo estando mais próxima do gradil, o combatente praticamente desaparece no meio da fumaça devido ao volume maior fechando praticamente todos os lados do gradil.

Figura 13 – Combate com e sem água molhada



#### 4.2.5 Vantagens do combate com água molhada

Os dados obtidos com o presente estudo possibilitam afirmar que o combate a incêndios com água molhada reduz significativamente o volume de água utilizado, dessa forma obtêm-se vantagens ambientais com a utilização do LAS, pois milhares de litros de água potável podem ser economizados. Considerando que são produzidos e utilizados 80 mil toneladas de LAS anualmente no Brasil, que esse é o principal componente dos detergentes domésticos (despejados milhares de litros diariamente nos rios e sistemas de esgoto), que esse é somente um dos diversos tensoativos aniônicos existentes, que existem pelo menos outros três grupos de tensoativos com diversos representantes em cada um (PENTEADO; EL

SEOUD; CARVALHO, 2006), o impacto ambiental da utilização do mesmo é insignificante face às vantagens obtidas.

O primeiro ponto e maior vantagem advém da redução do consumo de água em 41,3%, esse fato vem ao encontro dos apelos por produtos e atitudes consideradas ecologicamente corretas pela mídia atual, assim como reduzirá o custo da água a população catarinense, pois a água tratada utilizada pelo CBMSC é rateada entre os consumidores.

A redução de custos a sociedade pode ser exemplificada ao considerar-se um incêndio onde se utilizaram 5mil litros de água para combatê-lo e extingui-lo. O menor custo para um consumidor local é de R\$ 2,8010 para cada mil litros de água, logo o valor gasto com os 5 mil litros de água seria de quatorze reais. O custo LAS é de aproximadamente R\$ 1,61 para cada mil litros de água<sup>8</sup>. Quando se utiliza LAS, o volume de água gasto passa a ser da ordem de 2.935 litros o que custariam R\$ 8,22 reais, gastar-se-ia ainda R\$4,75 de LAS totalizando R\$12,97 reais e perfazendo uma economia de 7,36%, na presente análise financeira outros fatores deixaram de ser considerados tais como o valor de economia com combustível utilizado para bombear o volume adicional e o desgaste dos equipamentos devido aos diversos modelos de caminhões e bombas d'água no estado de Santa Catarina. Refazendo a mesma conta e considerando-se a maior faixa de consumo onde o metro cúbico custa R\$ 8,6306 ao consumidor, a economia passaria para a faixa de 30,29%.

A título de comparação de custos existe a linha “Sintex AFFF/ARC 3-6%” da empresa Kidde utilizado na concentração de 3% para combate a incêndios em hidrocarbonetos e 6% para combate a incêndio em solventes polares (KIDDE, 2012). Conforme nota<sup>9</sup> (ANEXO A) percebe-se o alto custo para utilização desses mecanismos em incêndios classe “B”, algo em torno de R\$ 726,00 (setecentos e vinte e seis reais) para cada mil litros de água na concentração de seis por cento (6%). Contra R\$ 1,61 para cada mil litros de água quando utiliza-se tensoativos para combater incêndios classe “A”.

A redução do volume de água utilizado traz outras vantagens como a redução de tempo necessário para combater o incêndio, sendo da ordem de 50,6%, dessa forma reduz-se significativamente a fadiga do combatente, permitindo melhores condições físicas para atender a próxima ocorrência e menor estresse. Essa redução, ainda permite que a viatura volte ao trem de socorro em um tempo menor que consegue fazer hoje, garantindo assim

---

<sup>8</sup> O custo do quilo de LAS é de aproximadamente R\$ 8,80. Informação obtida junto ao vendedor Germano da empresa GG química localizada em São Jose – SC.

<sup>9</sup> Nota fiscal oriunda da 4ª seção do 2º Batalhão (Curitibanos).

maior segurança a sociedade e maior disponibilidade de viaturas em caso de sinistros múltiplos ou de grandes proporções, isto porque o tempo em cena, ou seja, o tempo da chegada ao local do sinistro – J10 e o tempo do início do retorno ao quartel – J11 fica reduzido significativamente.

Outro efeito da utilização de água molhada é o aumento da capacidade extintora das viaturas destinadas a isso, com a redução de 41,3% do consumo de água, aumentar-se-ia a capacidade extintora na proporção de 70,36%, ou seja, um caminhão que transporte 5mil litros de água pura, passa a ter capacidade extintora equivalente a 8.517,88 litros de água pura. Com esse aumento de autonomia, reduz-se a possibilidade da perda do controle do incêndio por falta d'água e reduz o consumo de combustível para o combate do incêndio.

## 5 CONCLUSÃO

O trabalho em questão foi desenvolvido a partir de uma curiosidade despertada no curso de Combate a Incêndio Estrutural I, vindo a partir do objetivo: estudar a viabilidade do uso de tensoativos no combate a incêndio classe “A” e trazer respostas a uma lacuna que até então foi pouco desenvolvida e aprofundada pelos Corpos de Bombeiros do Brasil – CBB.

Na elaboração do referencial teórico ficou clara a escassez de literatura bombeiril brasileira acerca do assunto. Muitas literaturas abordam inclusive o uso de água molhada, mas não descrevem com precisão o modo de funcionamento, seus efeitos, benefícios entre outros, o que remete a provável escassez de conhecimento e pesquisas na área de combate a incêndios com foco na otimização da retirada de calor pela água e conseqüente redução do volume gasto para essa finalidade. Evidencia-se que os CBB não estão desenvolvendo tecnologias próprias, ficando então presos aos produtos e equipamentos lançados por empresas nacionais e estrangeiras, tendo que aceitar o valor que as mesmas cobram por seus equipamentos.

Poucos são os produtos existentes no mercado nacional para essa finalidade, sendo que as empresas que detêm a posse dos mesmos, ou não os conhecem tão bem, ou não exploram comercialmente esse nicho de mercado ou ainda não possuem um preço competitivo a ponto de ser mais barato que utilizar somente água pura como foi o caso do LAS.

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina está sendo pioneiro nesses tipos de pesquisa onde, através de trabalhos acadêmicos de conclusão de curso vem desenvolvendo tecnologias a um preço muito aquém daquele praticado no mercado.

O objetivo geral foi atingido com o alcance dos seguintes objetivos específicos:

- a) identificação e diferenciação das classes de tensoativos;
- b) estabelecimento de comparativos da tensão superficial entre a água aditivada com tensoativos e a usada atualmente para o combate a incêndio;
- c) avaliação na prática da diferença entre o combate a incêndios classe “A” com água aditivada de tensoativos em relação à água em seu estado natural;
- d) avaliação do tensoativo utilizado nos objetivos “b” e “c” em relação ao custo benefício, viabilidade técnica, econômica e quanto ao impacto ambiental;

As hipóteses levantadas foram todas ratificadas através do desenvolvimento dos diversos capítulos do trabalho sendo elas:

- a) a tensão superficial da água será reduzida com a adição de tensoativos;



b) o combate a incêndio será mais efetivo com a água aditivada de tensoativos, pois atingirá áreas inacessíveis a água natural no material combustível;

c) o tempo de combate ao incêndio será menor,

d) a quantidade de água utilizada no combate ao incêndio será menor.

Através do uso do tensoativo LAS obteve-se como vantagens diretas a economia de água na ordem de 41,3%, aumentando-se conseqüentemente a capacidade extintora em 70,36%, reduzindo-se ainda o tempo de combate a incêndio e rescaldo em 50% e a redução do índice de reignições em seis vezes, dessa forma sugere-se um estudo para a implantação e adaptação dos caminhões do CBMSC de forma que os bombeiros militares possam passar a utilizar esse recurso e ratificar o lema: “Vidas Alheias, Riquezas a Salvar”

Por fim, e antes das sugestões, que o trabalho sirva de ponto inicial para o desenvolvimento dessa tecnologia até que se amplie efetivamente o saber acerca do assunto, reduzindo-se assim os impactos ambientais com o alto consumo de água, reduzindo o estresse e fadiga das guarnições, reduzindo consumo de combustível com a otimização da capacidade extintora das viaturas dentre tantas outras possibilidades que o presente trabalho permite criar.

## 5.1 SUGESTÕES

Elaborar uma pesquisa estatística definindo uma faixa modal do consumo de água utilizado nas ocorrências do CBMSC, a partir de então desenvolver um caminhão de menor porte para que possa iniciar o combate a incêndio até que uma viatura maior consiga chegar ao local. Um caminhão com 1000L de água molhada tem a capacidade extintora de 1700L.

Desenvolver um estudo sobre cavitação nas diferentes bombas das viaturas de combate a incêndio devido ao efeito da redução da tensão superficial facilitar o afastamento das moléculas e proporcionar vácuos temporários no interior do líquido.

Elaborar um estudo sobre diminuição da vida útil das borrachas e metais presentes no circuito tanque, bomba, expedição, mangueira e esguicho.

Abordar um estudo com a finalidade de determinar a melhor forma de misturar o tensoativo estudado ao sistema, sua estabilidade e tempo médio de vida após ser misturada a água e equipamentos com precisão na injeção do tensoativo evitando desperdícios ou queda na efetividade da água molhada.

Desenvolver um estudo sobre a economia de água e o retorno financeiro a instituição caso seja utilizado água molhada em 100% dos incêndios classe “A”.

Elaborar um estudo sobre utilização de outros tensoativos ou mistura entre os mesmos otimizando os efeitos e as propriedades.

Elaborar um estudo verificando se há diferenças quando utilizados esguichos de alta, média e baixa pressão em função da penetrabilidade da água nos combustíveis classe “A”.

## REFERÊNCIAS

ÁGUA. Disponível em: <<http://www.dbio.uevora.pt/jaraujo/biocel/agua.htm>>. Acesso em 20 jun. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 09443**: Extintor de Incêndio Classe “A” - Ensaio de fogo em engradado de madeira. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. **NBR 13860**: Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio. Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL ESCOLA. **Momento dipolar resultante**. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/quimica/momento-dipolar-resultante.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Presidência. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm)> Acesso em: 01 set. 2011.

BRASIL. Marinha do Brasil. Centro de Adestramento Almirante Marques de Leão. **Manual de combate a incêndio**. 8. ed. Rio de Janeiro: O Centro, 2000.

BRASINTER. **FISPQ n.º: 09** - Nome do Produto: Ácido Sulfônico. 2010. Disponível em: <[http://www.grupobrasinter.com.br/fispqs/09-ACIDO\\_SULFONICO.pdf](http://www.grupobrasinter.com.br/fispqs/09-ACIDO_SULFONICO.pdf)>. Acesso em 20 jun, 2012.

COMISSÃO TRIPARTITE PERMANENTE DE NEGOCIAÇÃO DO SETOR ELETRICO NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Introdução**: fogo. Disponível em: <[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/cdNr10/Manuais/M%C3%B3dulo02/8\\_Manual%20de%20Prote%C3%A7%C3%A3o%20e%20Combate%20a%20Inc%C3%AAndios.pdf](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/cdNr10/Manuais/M%C3%B3dulo02/8_Manual%20de%20Prote%C3%A7%C3%A3o%20e%20Combate%20a%20Inc%C3%AAndios.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2012.

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química**: química orgânica: textos e atividades complementares. São Paulo: FTD, 2007. (Coleção química).

GESMS. **Segurança. Treinamento integração**: módulo 5. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/d99ea88048fd9f2ca6ecff7bf93389a9/integ-padro-05-prevencao-combate-incendio.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: maio 2012.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GOMES, Abílio Soares; CLAVICO, Etiene. **Propriedades físico-químicas da água**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2005. Disponível em: <<http://www.uff.br/ecosed/PropriedadesH2O.>>. Acesso em: maio 2012.

GRUPO DE ENSINO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA.  
**Calor específico.** Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em:  
<<http://www.ufsm.br/gef/Calor/calor14.pdf>>. Acesso em: maio 2012a.

\_\_\_\_\_. **Tensão superficial.** Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em:  
<<http://www.ufsm.br/gef/Fluidos/fluidos20.pdf>>. Acesso em: maio 2012b.

GUERRA, António Matos. **Manual de brigadas de incêndios.** 2. ed. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros, 2005. (Cadernos especializados ENB, n.3).

KIDDE – A UTC Fire & Security Company. **Líquido Gerador de Espuma**, Sintex A/F para Incêndios de Classe A. Disponível em:  
<<http://www.kidde.com.br/utcfs/Templates/Pages/Template-55/0,8064,pageId%3D4702%26siteId%3D638,00.html>>. Acesso em: maio 2012.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010a.

\_\_\_\_\_. **Técnicas de Pesquisa.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010b.

LEMOS, Hércules Pedrosa. Extintores portáteis: uma solução ao alcance da mão. **Passadiço**, 2005. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/caaml/arquivos/extintoresportateis.pdf>>. Acesso em: maio 2012.

LOURENÇO, Luciano et al. **Manual de Combate a Incêndios Florestais para Equipas de Primeira Intervenção.** 2. ed. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros, 2004. (Cadernos especializados ENB, n.1).

LOWER, Stephen K. **Liquids and their vapors: A Chem 1 Reference Text.** Simon Fraser University. Disponível em: <<http://www.chem1.com/acad/pdf/LiqVap.pdf>>. Acesso em: maio 2012.

ORGANIZACIÓN IBEROAMERICANA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.  
**Norma para extintores portátiles contra incendios.** 6. ed. Colombia: NFPA, mayo 2007. Disponível em:  
<<http://www.extinfuegowrsa.com/phocadownload/NFPA/norma%20nfpa%2010%202007-%20espaol.pdf>>. Acesso em: maio 2012.

CORPO DE BOMBEIROS DE PIAUÍ. Incêndios. Disponível em:  
<<http://www.cbm.pi.gov.br/incendios.php>>. Acesso em: maio 2012.

PENTEADO, José Carlos P.; EL SEOUD, Omar A.; CARVALHO, Lilian R. F. Alquilbenzeno sulfonato linear: uma abordagem ambiental e analítica. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 5, p. 1038-1046, set./out. 2006. Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422006000500025](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000500025)>. Acesso em: maio 2012.

POZZAN, Gauana Elis. **Prevenção:** uma abordagem sobre os sistemas de segurança contra incêndio e sua utilização pelos ocupantes das edificações. 109f, 2009. Trabalho de Conclusão

de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências) – Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2009.

PROTÉGE. **Extintor de incêndio para metais pirofóricos**: classe D. 10 nov. 2006.

Disponível em:

<<http://www.protege.ind.br/download/Ficha%20tecnica%20Classe%20D.pdf>>. Acesso em: maio 2012.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Apostila do Estágio Probatório para Oficiais do Quadro de Saúde EPOQS**: prevenção e combate a incêndio. 2008. Disponível em:

<[http://www.dgei.cbmerj.rj.gov.br/documentos/Apostilas/Apostila\\_Prev\\_Comb\\_Inc.pdf](http://www.dgei.cbmerj.rj.gov.br/documentos/Apostilas/Apostila_Prev_Comb_Inc.pdf)>  
Acesso em: 20 jun. 2012.

SANTA CATARINA. Constituição. **Constituição do Estado de Santa Catarina**. 1989.

Disponível em: <<http://www.alesc.sc.gov.br/portal/legislacao/constituicaoestadual.php>>

Acesso em: 01 set. 2011.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Apostila do Curso de Combate a Incêndio Estrutural Nível I**. Florianópolis, 2010.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO.

**Manual de Combate a incêndio em Indústria**. São Paulo: CBPMSP, 2006a. (Coletânea de Manuais técnicos de Bombeiros, vol. 5).

\_\_\_\_\_. **Manual de Combate a incêndio em local confinado**. São Paulo: CBPMSP, 2006b. (Coletânea de Manuais técnicos de Bombeiros, vol. 42).

SEITO, Alexandre Itiu. Fundamentos de fogo e incêndio. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto, 2008. p. 35-54.

SILVA, André L.C.; PONZETTO, Elisabete; ROSA, Fábio. **Tensoativos**. 2003. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAATXQAL/artigo-tecnico-tensoativos>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

TEBRÁS TENSOATIVOS DO BRASIL LTDA. **Literatura técnica**: LAS 90%. Disponível em: <[http://www.tebras.com.br/imagens/download/ficha\\_tecnica\\_las\\_90.pdf](http://www.tebras.com.br/imagens/download/ficha_tecnica_las_90.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2012.

UTIMURA, Teruko Y.; LINGUANOTO, Maria. **Química fundamental**. São Paulo: FTD. 1998. (Vol. Único).

VERLAG DASHOFER. **Segurança, higiene e saúde do trabalho**. Disponível em:

<<http://higiene-seguranca-trabalho.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=14995>>. Acesso em 20 jun. 2012.

ZAGO NETO, Odone Gino; DEL PINO, José Claudio. **Trabalhando a química dos sabões e detergentes**. Rio Grande do Sul: Fundação de Amparo a Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS); Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

(PROEXT); Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico:  
Subprograma Educação para a Ciência (SPEC-PADCT). Disponível em:  
<<http://www.iq.ufrgs.br/aeq/html/publicacoes/matdid/livros/pdf/sabao.pdf>>. Acesso em: maio  
2012.

## Anexo A – Nota Fiscal LGE Sintex AFFF/ARC 3-6%, Kidde Brasil

Alc 27744  
1000

**Kidde**  
A UTC Fire & Security Company

**KIDDE BRASIL LTDA**  
Rua Imaculado, 135  
Distrito Industrial  
Volta Redonda - RJ

**DANFE**  
Documento Fiscal de  
Nota Fiscal Eletrônica  
1 - ENFERMIA  
1 - SAIDA  
07 27744  
04000 0  
00000 1 7 1

0911 1200 1208 4788 0130 0508 8889 0377 4439 0827 3443  
Consulte de autenticidade no portal nacional de NF-e www.nfe.fazenda.gov.br/portal ou no site  
de Defesa do Consumidor

Quantidade	Descrição	Valor Unitário	Valor Total
01	3.000		
01	3.000		

**MTR TRANSPORTES LTDA**  
1 DEL 10M  
Não Cubado  
11-2015-6686

Confira com o Original

**FUNREBOM**

## Anexo B – Construção do engrado de madeira

### Tabela 1 – Construção do engradado de madeira

Grau/Classe	Quantidade de elementos e madeira	Dimensões dos elementos de madeira (mm)		Arranjo dos elementos de madeira no engradado
		Secção ± 1mm	Comprimento ± 1%	
1-A	50	45 x 45	500	10 camadas de 5
2-A	78	45 x 45	600	13 camadas de 6
3-A	98	45 x 45	750	14 camadas de 7
4-A	120	45 x 45	850	15 camadas de 8
6-A	153	45 x 45	1000	17 camadas de 9
10-A	209	45 x 45	1220	19 camadas de 11
20-A	160	45 x 90	1500	10 camadas de 15 e 1 camada superior de 10
30-A	192	45 x 90	1850	10 camadas de 18 e 1 camada superior de 12
40-A	224	45 x 90	2200	10 camadas de 21 e 1 camada superior de 14

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2002, p. 5)



**Anexo C – Características do Líquido Inflamável****Tabela 3 - Características do líquido inflamável<sup>(A)</sup>**

PIE, °C	94
PFE, °C	100
Densidade relativa (20°C/4°C) <sup>(B)</sup>	0,722

(A) Um tipo comercial de n-heptano.

(B) A água a 4°C está contida em um recipiente de 1L e tem massa de 1000g; o líquido inflamável a 20°C está contido em um recipiente de 1L e tem massa de 722g.

**Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2002, p. 6)**

**Anexo D – Conta de água**

**Companhia Catarinense de Águas e Saneamento**  
**casan** CNPJ/MF - 82508433/0001-17

# FATURA DE ÁGUA / ESGOTO

AGÊNCIA: FLORIANÓPOLIS FONE: 0800-643-0195  
 END: RUA EMÍLIO BLUM, 83

UNIB 1E-07-2012 1039 1.4

MATRÍCULA	MÊS / FATURAMENTO	VENCIMENTO
532556-0	07/2012	28/08/2012

LOCALIZAÇÃO:

CFR-CRÉD

TITULAR:  
 USUÁRIO:

LOGADOURO / DISTR. OPERACIONAL:

CEP: MUN: FLORIANÓPOLIS

BITLHADO DO FATURAMENTO  
 ENTREGA NO IMÓVEL  
 NÚMERO DO HIDRÔMETRO

FAIXA	VOLUME	R\$/m³	SERVIÇOS	PARC	VALOR FATURADO
ATE 10	2,0010		FATURAMENTO AGUA		28,01
11	25	5,1335			
26	50	7,2022			
51	999999	8,6306			

RESIDENCIAL	PREÇO	VALOR	TOTAL
001	000	000	001

NUMERO SEQUENCIAL:  
 G59-000403 105.325.561.207

TOTAL DA FATURA	BASE DE CÁLCULO	TOTAL A PAGAR
28,01		28,01

IRREGULARIDADES/ANORMALIDADES  
 PROCEDIMENTO PADRÃO

INFORMAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUÍDA-DECRETO 5440-2005

1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

PARÂMETROS	ANÁLISE PORTÁRIA	REALIZADA	ATENDIMENTO PORTÁRIA
TURBIDEZ	165	189	142
COR APARENTE	52	111	96
CLORO RESIDUAL	165	190	189

2. CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS

PARÂMETROS	ANÁLISE PORTÁRIA	REALIZADA	ATENDIMENTO AO PADRÃO	
			SIM	NÃO
COLIFORMES TOTAIS	165	191	X	
ESCHERICHIA COLI/COLIF. TERMOT.	165	191	X	

CONCLUSÃO SIGNIFICADOS NO VERSO

EVENTUAIS ANÁLISES FORA DO PADRÃO FORAM REFEITAS E ACOMPANHADAS DE AÇÕES CORRETIVAS EM TEMPO HÁBIL, PARA GARANTIR A QUALIDADE DA ÁGUA, CONFORME PORTAR. Outras informações sobre a qualidade da água: 0800-643-0195

<http://www.casan.com.br>

MENSAGEM

A CASAN informa que irá reajustar as tarifas dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, em 8,60% (oito vírgula sessenta por cento) a partir de 18 de maio de 2012, para todas as categorias de usuários. Autorizado pela Resolução CASAN nº 016/2012 e Deliberação ARIS nº 001/2012.

## Anexo E – Laudo Biodegradabilidade do LAS



### RELATÓRIO DE ENSAIO - SUPLEMENTAR DETERMINAÇÃO DA BIODEGRADABILIDADE DE TENSOATIVOS ANIÔNICOS B1 – 006516.P.1

Cliente:	TEBRAS TENSOATIVOS DO BRASIL LTDA	
Endereço:	R. BERNARDINHO DE CAMPOS, 324 - VL NOVA- 13322-050 SALTO - SP	
Protocolo Ecolyzer:	006516.P	
Recebimento da Amostra:	17/03/2011	
Início do Ensaio:	25/03/2011	
Término do Ensaio:	13/04/2011	
Emissão do Relatório:	17/05/2011	
Amostra:	ACIDO ALQUIL SULFONICO 90%	
Composição Química Declarada:	ácido alquil sulfônico 90% com 90+/- 1% e ácido sulfúrico com no máximo de 7,50%	
Quantidade (mL ou g):	200,00	
Lote / Val / Fab Declarada:	0311118	09/03/2012 09/03/2011

#### RESULTADO

Através dos resultados obtidos, nas condições do ensaio a amostra apresentou uma biodegradação de 91,7%. O ensaio foi considerado válido pois as referências padrão apresentaram as seguintes condições: a referência n-DBSS apresentou um grau de biodegradabilidade superior a 90% no período de 14 dias e a referência TPBSS não biodegradou mais que 35 %.

#### Metodologia:

Portaria nº 393, de 15 de Maio de 1998 – Método para determinação de biodegradabilidade de Tenssoativo Aniônico.

Relatório de Validação nº 16.00 – Determinação da Biodegradabilidade de Tenssoativo aniônico

- O resultado refere-se à amostra recebida.
- Amostragem realizada pelo cliente.
- Este relatório atende os requisitos da NBR ISO/IEC 17025, o qual garante a rastreabilidade dos dados gerados no ensaio.
- É proibida a reprodução parcial deste Relatório.
- Este relatório de ensaio suplementar cancela e substitui integralmente o relatório de ensaio de nº B1 – 006516.P de 13/05/2011.

  
Renato Rodrigues  
Analista Responsável  
CRQ 04475721 – IV Região

  
Hagnes Aparecida de Almeida  
Gerente Técnico  
CRQ: 04161893 – IV Região