

# OS DESAFIOS DA PERÍCIA NOS INCÊNDIOS EM VEÍCULOS

Marcos Luciano Colla<sup>1</sup>  
Charles Fabiano Acordi<sup>2</sup>

## RESUMO

O presente trabalho trata dos desafios da investigação para a determinação das causas de incêndio em veículos, tal problema está relacionado com a diversidade de materiais combustíveis e dispositivos embarcados presentes nos veículos atualmente, que durante um incêndio podem contribuir para o progresso rápido das chamas e conseqüentemente aumento da destruição dos materiais construtivos, dificultando de certa maneira o trabalho investigativo. Diante desse problema, o objetivo deste trabalho é realizar um estudo sobre os materiais combustíveis e dispositivos embarcados presentes nos veículos, e as marcas de combustão remanescentes nos veículos após um incêndio, para a determinação das causas do incêndio. Os objetivos metodológicos da pesquisa tem características explicativas, para que o investigador possa compreender o comportamento dos diversos materiais combustíveis e dispositivos embarcados e as marcas de combustão remanescentes em um incêndio em um veículo, levando em conta fatores diversos que podem atuar no fenômeno, para se conseguir determinar causa de origem do incêndio. A principal tarefa da investigação é determinar “onde” o incêndio se iniciou e “como” isto aconteceu, mais a palavra “causa” possui frequentemente muitos significados, dependendo do contexto que a envolve, daí a competência e envolvimento do responsável pela investigação em analisar os diversos equipamentos e dispositivos presentes nos veículos, fontes potenciais de ignição com energia suficiente para ignir os materiais combustíveis próximos a estes, correlacionando com os padrões de queima e danos deixados nos compartimentos dos veículos que muitas vezes são utilizados para determinação da zona de origem, e identificação das causas do incêndio. Dentre os veículos analisados destacam-se os caminhões, equipamentos pesados, implementos agrícolas e veículos de recreativos (motor-homes).

**Palavras-chave:** Perícia em Incêndio. Veículos. Dispositivos Embarcados. Marcas de Combustão.

## 1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho são trabalhados os desafios da investigação para determinação das causas de incêndio em veículos, tal problema está relacionado com a diversidade de materiais

---

<sup>1</sup> 1º Ten BM Marcos Luciano Colla, Perito em Incêndio e Explosão, graduado no Curso de Formação de Oficiais pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2012), graduado em licenciatura plena pela Faculdade Estadual de Filosofia Ciências e Letras de União da Vitória (2003). Email: colla@cbm.sc.gov.br

<sup>2</sup> Major Bombeiro Militar, Perito em Incêndio e Explosão, graduado no Curso de Formação de Oficiais pela Polícia Militar de Santa Catarina (1994), graduado em direito pela Universidade do Planalto Catarinense (2004), mestre em direito pela Universidade Estácio de Sá (2010), e mestre em administração pela Universidade do Sul de Santa Catarina (2010). Email: charles@cbm.sc.gov.br

combustíveis e dispositivos embarcados presentes nos veículos produzidos atualmente, que durante um incêndio podem contribuir para o progresso rápido das chamas e conseqüentemente aumento da destruição dos materiais construtivos, dificultando de certa maneira o trabalho investigativo.

Diante desse problema, o objetivo deste trabalho é realizar um estudo dos materiais combustíveis e dispositivos embarcados presentes nos veículos a combustão e as marcas de combustão remanescentes nestes após um incêndio, para determinação das causas do incêndio.

A elaboração deste ensaio utilizou etapas de pesquisa, classificadas por Saunders, Lewis e Thornhill (2003), como dedutivo, quanto à lógica de pesquisa, uma vez que valeu-se da experimentação para a elaboração de conclusões gerais; a abordagem do problema será qualitativa, uma vez que não se busca obter estatísticas, mas subsídios para o investigador.

A estratégia de pesquisa realizada foi bibliográfica, utilizando-se de obras doutrinárias nacionais e internacionais, bem como em normas de instituições relacionadas ao assunto.

Os objetivos da pesquisa tem características explicativas, para que o investigador possa compreender o comportamento dos diversos materiais combustíveis e dispositivos embarcados encontrados nos veículos e as marcas de combustão remanescentes em um incêndio em veículo, levando em conta fatores diversos que podem atuar no fenômeno, para se conseguir determinar a causa do incêndio.

Embora os veículos que trafegam em vias aéreas, água, ou estradas não sejam iguais, existem vários fatores comuns aplicáveis, principalmente aos relacionados ao cenário de incêndio, como combustíveis, fontes de ignição e zona de origem.

O investigador de incêndio necessita desenvolver suas atividades com supedâneo em uma metodologia que lhe permita apontar, de forma criteriosa, a causa do incêndio. Isso exige organização, conhecimento e empenho, o que inclui definir as suas ações antes mesmo de iniciá-las. Cada vez mais, laudos periciais têm sido subsídios para decisões judiciais. A metodologia utilizada nas investigações permitirá a quem interessar compreender os fatos que levaram ao sinistro. Por isso mesmo, não basta ao investigador de incêndio somente conhecer o assunto. É igualmente necessário que ele saiba se expressar de forma clara e concisa a respeito da investigação (SEITO, 2008).

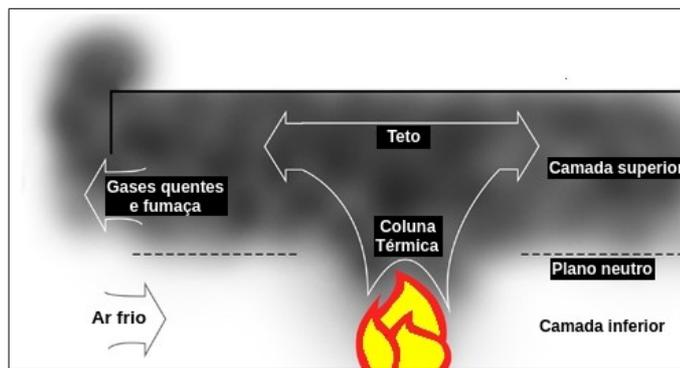
Faz-se portanto necessário a análise geral dos materiais combustíveis, dos dispositivos embarcados e das marcas de combustão encontrados nos veículos, sendo que a correlação dos materiais queimados e dos padrões de queima deixados nos compartimentos dos veículos, são muitas vezes utilizados para determinação das causas de origem do incêndio.

## 2 DINÂMICA DOS INCÊNDIOS EM VEÍCULOS

A tendência natural do fogo é se propagar de maneira vertical e radial. Com efeito, como regra basilar, o fogo tende a subir, propagando-se verticalmente ascendente (de baixo para cima), em razão da elevação das massas de vapores e dos gases produzidos pela combustão, que se deslocam para cima (nuvens de convecção) por serem mais leves que o ar circundante. (ARAGÃO, 2010).

Dessa maneira, se não forem submetidos a fortes correntes laterais de ar, os gases quentes, as chamas e a fumaça produzidos pelo processo da combustão se elevam na forma de uma coluna característica, conhecida por coluna de convecção (coluna térmica, remoinho térmico ou pluma), conforme indicado na figura a seguir (ARAGÃO, 2010):

Figura (a) Coluna Térmica



A corrente térmica absorve ar frio do perímetro da base das chamas, as quais se elevam com a corrente, configurando um fenômeno denominado “arraste”, responsável pela redução da temperatura da coluna térmica à medida que esta aumenta de altura (ARAGÃO, 2010).

Em ambientes confinados, como é o caso dos veículos, a coluna térmica atinge o teto com facilidade em virtude da estrutura ser menor do que em edificações, e há uma deflexão dos gases da combustão, que passam a fluir sob o teto do veículo irradiando calor de forma horizontal e descendente com maior rapidez.

Esse movimento horizontal e descendente frequentemente deixa marcas de combustão claramente definidas nas superfícies das paredes e dos tetos. Caso encontrem aberturas, os gases quentes penetram em áreas não afetadas pelo fogo, podendo alastrá-lo e, caso continuem se acumulando, o calor radiante da camada de gases poderá aumentar a

temperatura superficial de outros combustíveis, produzindo gases de pirólise, que se aquecem até sua temperatura de ignição (ARAGÃO, 2010).

Portanto, ao investigar um incêndio em veículo muitas vezes não é possível determinar com precisão de que forma teve o seu início apenas observando o veículo, sem que haja uma análise mais aprofundada do local sinistrado, dos materiais combustíveis queimados, dos dispositivos embarcados e das marcas de combustão remanescentes no local.

## 2.1 ANÁLISE DO LOCAL SINISTRADO

Ao realizar a investigação de incêndio veicular deve-se levar em conta a localização e áreas circunvizinhas, registrando todas as informações para desenvolver o enredo que conduza à origem do incêndio como também a sua progressão. É interessante observar cuidadosamente o local sinistrado como um todo. Comprovar se os terrenos circundantes foram afetados ou influenciaram para o surgimento do incêndio, descobrir a existência de árvores, equipamentos, ou objetos que possam ter influenciado o surgimento do incêndio ou utilizados por um possível incendiário.

### 2.1.1 Cenário e histórico do veículo

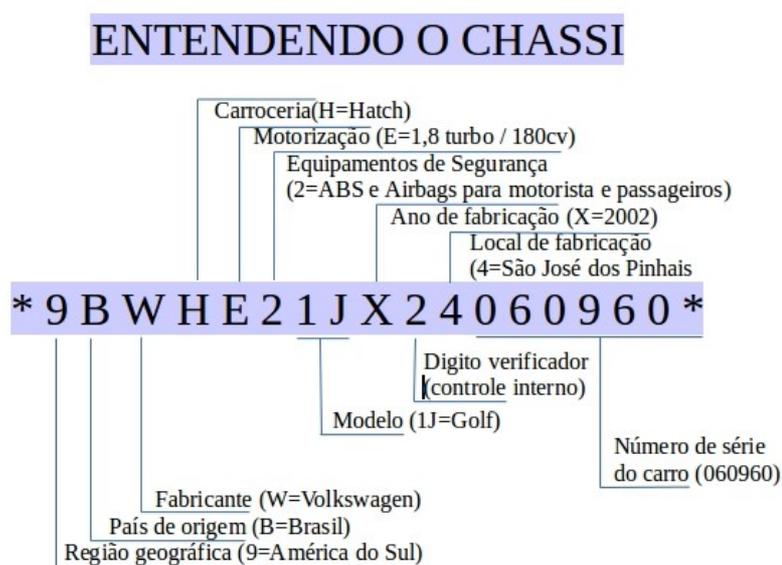
Ao investigar um incêndio em veículo deve se analisar o contexto em que ocorreu o incêndio, buscando o máximo de informações possíveis com os envolvidos na cena, verificar a existência de gravações de videomonitoramento, atendimento realizado por agentes de segurança pública, materiais queimados encontrados no local e as marcas de combustão.

De acordo com a NFPA 921(2011), um incêndio em veículo pode envolver o habitáculo do veículo, as áreas de armazenamento, ou o compartimento de carga de um caminhão, etc, tal informação é importante para determinar se o fogo teve origem na área de carga ou se espalhou para essas áreas. O investigador deve fazer um inventário dos materiais que estavam presentes nessas áreas. A inspeção dos detritos pode ser suficiente ou pode ser preciso entrevistar envolvidos ou testemunhas para obter as informações necessárias para elucidação dos fatos.

### 2.1.2 Identificação do veículo

Ao iniciar a investigação no veículo, deve-se buscar a identificação do veículo a ser investigado de acordo com classificação do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), conforme Tipo/Marca/Espécie e transformações sujeitas a homologação compulsória buscando pelo número de identificação do veículo (VIN), o qual deve ter sua marcação no chassi, conforme mostra a figura a seguir:

Figura (b): Entendendo o chassi



Fonte: Revista Quatro Rodas. (2002)

O guia de investigação de incêndio do (CBMDF, 2010, p.69), diz que:

a) Se o número do chassi for ilegível ou parece ter sido falsificado o investigador deve solicitar a ajuda de um dos seguintes órgãos:

- (1) uma unidade policial de roubo de veículos;
- (2) uma unidade do departamento de trânsito da jurisdição;
- (3) uma unidade da polícia de trânsito da jurisdição; ou
- (4) uma unidade da Polícia Rodoviária Federal.

Estes órgãos tem instrumentos necessários para identificar o veículo por meio de números confidenciais localizados em outros lugares do veículo.

b) O número do chassi deve ser verificado junto ao Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) ou na Polícia Rodoviária Federal (PRF) para assegurar que não existe nenhum registro excedente.

A composição do número do chassi pode auxiliar a investigação, pois, segundo o guia de investigação de perícia de incêndio do CBMDF (2010, p. 69)“A composição do número do chassi descreve informações relevantes como o fabricante, o país de origem, estilo de carroceria, tipo de motor, ano e modelo, desenho, e lote do produto”.

O investigador deve estar atento a possibilidade de fraudes na codificação do número de registro como por exemplo a remoção da codificação original e posterior gravação de uma

nova codificação (regravação ilegal), a regravação parcial ou total sobre a codificação original, aproveitando alguns de seus traços (adulteração), a colocação de chapa metálica sobre a superfície onde se encontra a codificação original e, sobre esta chapa, gravação de outra codificação (enxerto ou implante), o recorte parcial da superfície do chassi ou monobloco onde está inserida a codificação original e soldagem de outro recorte com outra codificação (transplante), o recobrimento da codificação original e colocação de outra codificação em local diferente, próximo ao original (regravação ilegal), e a troca de peça suporte de codificação (transplante) (SENASP, 2008).

Figura (c): Regravação ilegal



Fonte: (SENASP, 2008)

### 2.1.3 Dados do veículos

Existem no mercado dispositivos de gravação de dados de eventos chamados de EDRs, que podem auxiliar durante uma investigação.

Veículos modernos estão equipados com gravadores de dados de eventos (EDRs). Vários parâmetros do veículo são registrados antes e logo após um acidente, incluindo a velocidade do veículo, a rotação do motor, freios, acionamento dos airbag, colisão, etc. O investigador deve determinar se uma EDR existe. Este dispositivo é semelhante a “caixa-preta” de aviões e o download de dados de destes dispositivos requer habilidades e equipamentos especiais para evitar a perda dos dados. Dados pós-incêndio podem ser corrompidos pela ação do fogo. Também pode haver questões legais associadas com a propriedade dos dados. (NFPA, 2011).

Mas, dependendo da intensidade, a queima pode atingir o dispositivo e prejudicar o acesso às informações.

## 2.2 MATERIAIS COMBUSTÍVEIS

Ao investigar um incêndio em veículo deve-se ter em mente que existe uma variedade de materiais e substâncias que podem ser os primeiros materiais a se inflamar durante um incêndio em veículo.

Incluídos no rol de materiais combustíveis destacamos os combustíveis de motores (líquidos ou gasosos), fluidos de transmissão, direção hidráulica, freio e fluidos; refrigerantes; lubrificantes; fluidos para limpar pára-brisas; vapores de bateria; e materiais componentes do interior do veículo, conteúdos, ou carga.

Segundo a (NFPA, 2011) uma vez iniciado o incêndio, qualquer um destes pode contribuir como um combustível secundário, auterando a taxa de crescimento do incêndio e os danos decorridos ao final, pois, estes materiais tem grande influência no desenvolvimento do incêndio dado ao seu poder calorífico.

### **2.2.1 Combustíveis Sólidos**

Os combustíveis sólidos quando expostos a um determinado nível de energia (calor ou radiação) sofrem um processo de decomposição térmica, denominado pirólise, e desenvolvem produtos gasosos (gás e vapor), que, com o oxigênio do ar, forma uma mistura inflamável (ou mistura explosiva). Essa mistura na presença de uma fonte de energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama e pode queimar com taxas de liberação de calor semelhantes às de líquidos inflamáveis (SEITO, 2008).

Os veículos modernos são construídos com materiais que podem contribuir para a propagação e o crescimento rápido do fogo devido ao seu poder calorífico, sob esse contexto a (NFPA, 2011, p. 236) nos diz que:

Os materiais termoplásticos, muitas vezes pingam ou soltam partes flamejantes. Dependendo da composição e localização do plástico, os pingos flamejantes podem contribuir para a propagação do fogo.

O calor do atrito pode ser suficiente para inflamar correias de transmissão, mancais, lubrificantes, ou pneus. A maioria dos metais e suas ligas precisam ser fundidos antes de queimar. Magnésio sólido, o qual está presente em muitos veículos, pode inflamar e queimar vigorosamente. Mesmo num pequeno incêndio, combustíveis sólidos podem contribuir significativamente para a taxa de crescimento do fogo e da extensão dos danos do incêndio.

A maioria dos materiais empregados nos painéis dos veículos são construídos em materiais plásticos, sendo que de acordo com a (NFPA, p. 288, 2011) “Os plásticos são geralmente feitos a partir de resinas, polímeros, derivados de celulose, caseína, e proteínas. Os principais tipos são termorígidos e termoflexíveis”.

Ainda neste contexto segundo a (NFPA, 2011, p. 243) diz que:

Atualmente os painéis de carroçaria dos veículos são feitos de plástico, polímeros, materiais de fibra de vidro que podem queimar durante um incêndio. Estes materiais por si só não representam um perigo significativo de ignição, no entanto, depois de um incêndio começar, eles podem aumentar significativamente a carga combustível. Muitas vezes toda a cabina de um veículo será consumido, ou painéis das portas e capô terá desaparecido.

Os painéis interiores dos pára-lamas dianteiros em muitos carros são de plástico e quando se queimam completamente, uma ventilação adicional estará disponível para incêndios no compartimento do motor. Deve notar-se que o alumínio, magnésio, e suas ligas estão a ser utilizados em painéis, em alguns veículos. Estes painéis vão queimar, muitas vezes com grande intensidade.

A divisória entre o compartimento do motor e o habitáculo é comumente referido como *parede “corta fogo”* ou antepara. Em veículos modernos, esta partição pode ter inúmeras penetrações, alguns associados com os dutos do sistema de aquecimento e de ar condicionado. Os condutores são geralmente feitos de plástico reforçado e pode queimar, resultando em um caminho para o fogo.

Os materiais empregados na construção dos veículos produzidos atualmente agem de forma diferenciada sob ação do calor conforme apresentado no quadro (1) abaixo, onde podemos verificar o seu comportamento durante um incêndio.

Quadro (1) Materiais de revestimento empregado nos veículos e seu comportamento durante um incêndio.

Materiais	Temperatura de ignição		Temperatura de derretimento		Comentários
	°C	°F	°C	°F	
Fibras de acrílico	560	1040	50	122	
Alumínio	1000	1832	660	1220	
ABS	466	1040	110-125	230-257	Painel - pode ser totalmente consumido.
Fibra de vidro (resina de poliéster)	560	1040	428-500	802-932	A resina queima mais não as partes de vidro.
Magnésio puro	632	1153	650	1202	
Nylon	421	790	176-265	349-509	Acabamentos, engrenagens das janelas e dos marcadores do painel.
Poliétileno	488	910	122-135	251-275	Plástico da fiação elétrica.
Poliestireno	573	1063	120-160	248-320	Isolamentos, bancos, painel e portas.
Poliuretano - espuma	459-579	852-1074			Isolamentos, bancos, painel e portas.
Poliuretano - rígido	310	590	120-160	248-320	Acabamentos
Vinil (PVC)	507	945	75-105	167-221	Isolamento elétrico e estofamento.

Nota: Os dados fornecidos nesta tabela são de produtos genéricos submetidos a condições de testes específicas. Os testes foram os mesmos para cada produto. As informações foram obtidas de várias fontes bibliográficas.

Fonte: NFPA apud (CBMDF, 2010)

Ao realizar a investigação do incêndio em veículo deve-se analisar os materiais de acabamento de interiores e mobiliário (assentos e preenchimento). Deve-se tentar determinar

qual a carga de combustível inicial e como estava confeccionada e como estava organizada, documentando sempre que possível a presença (ou ausência) de assentos e equipamentos (NFPA, 2011).

### 2.2.2 Combustíveis Líquidos

O motor do veículo converte a energia calorífica produzida pela combustão do combustível em energia mecânica, capaz de imprimir movimento nas rodas. A maioria dos veículos utiliza como combustível propulsor líquidos inflamáveis, além disso existe uma variedade de óleos lubrificantes, que ao contato com uma fonte de calor pode inflamar e iniciar um incêndio. A seguir no quadro(2) temos uma lista com alguns dos líquidos presentes nos veículos e seus pontos de temperatura.

Quadro (2): Líquidos combustíveis e óleos lubrificantes e suas variações térmicas

Líquidos	Ponto de fulgor		Temperatura de ignição		Taxa de inflamabilidade (%)	
	°C	°F	°C	°F	Menor	Maior
Fluído de freio(a)	115-179	140-355				
Fluído de freio(b)	148	298				
Etileno glicol (100%)	111	232	413	775	3,3	
Etileno glicol (90%)	132	270				
Diesel 2D	52-96	126-204	257	494		
Querosene	38-72	100-172	210	410	0,7	5,0
Gasolina - 100 octano	-38	-32	456	853	1,4	7,6
Metanol	11	52	464	867	7,8	86,0
Óleo de motor	210-257	410-495	260-371	500-700		
Fluído trans(a)	177	350				
Fluído trans(b)	183-193	361-379	210-214	410-417		
Dextron II	186	367	212	414		
Tipo F (ford)	175	347				
Fluído de direção hidráulica	177	350				

Nota: Os dados fornecidos na tabela são de produtos genéricos submetidos a condições de testes específicos. Os testes foram os mesmos para cada produto. As informações foram obtidas de várias fontes bibliográficas.

Fonte: NFPA apud (CBMDF, 2010)

Os Líquidos combustíveis utilizados nos veículos de motor a combustão podem inflamar-se dependendo das propriedades do líquido, do seu estado físico, da natureza da fonte de ignição, e de outras variáveis relacionadas com o veículo. O veículo e o ambiente

afetam a temperatura da superfície necessária para alcançar a temperatura de auto-ignição em um veículo a motor. A auto-ignição de um líquido em contato com uma superfície aquecida, geralmente requer uma temperatura substancialmente maior que a temperatura de auto-ignição encontrada em teste de laboratório para o mesmo líquido. (NFPA, 2011).

Os combustíveis líquidos quando aquecidos, sofrem um processo de mudança de estado físico, denominado evaporação, que é a liberação dos vapores, os quais, em contato com o oxigênio do ar, forma a mistura inflamável (ou mistura explosiva). Essa mistura na presença de uma fonte de energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama (SEITO, 2008).

### 2.2.3 Combustíveis Gasosos

Os combustíveis gasosos se apresentam em forma de gás ou vapor na temperatura ambiente, e na maioria, são frações mais leves do petróleo e esse combustível em contato com o oxigênio do ar forma a mistura inflamável (ou mistura explosiva), que na presença de uma energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama. (SEITO, 2008). Muitos veículos estão sendo produzidos ou adaptados para uso de combustíveis gasosos. A esse respeito a NFPA apud(CBMDF, 2010) apresenta o quadro(3) com alguns desses gases utilizados como combustível propulsor sua variação térmica e pressão de vapor em relação ao ar.

Quadro(3): Gases combustíveis, temperatura e pressão de vapor

Gases	Temperatura de ignição		Ponto de Ebulição		Taxa de inflamabilidade (%)		Pressão de vapor/ar
	°C	°F	°C	°F	Menor	Maior	
Hidrogênio	500	932	-252	-422	4,0	75,0	0,1
Gás Natural	537	999	-162	-259	5,0	15,0	0,6
Propano	450	842	-42	-44	2,1	9,5	1,6

Fonte: NFPA apud (CBMDF 2010)

Ainda de acordo com a norma americana (NFPA, 2011, p.240), combustíveis Gasosos alternativos como o propano, hidrogênio e gás natural comprimido, estão em crescente utilização em frotas de automóveis e caminhões, bem como em alguns veículos de produção artesanal e diz que:

**“O gás natural** (gás natural comprimido, GNC) é armazenado como um gás a alta pressão, tipicamente, de 20,7 MPa (3000 psi). Os cilindros de armazenamento são fornecidos com uma abertura de segurança para alívio de pressão que se abre após ativação de um elo fusível com uma temperatura de fusão de 124 ° C (255 ° F).[...]

[...] **O propano** é armazenada como um líquido sob pressão. Combustível para motor é retirada do tanque como um líquido. Considerando que o combustível para aparelhos é retirado como um vapor. Como um combustível do motor, o propano flui através das linhas de combustível como um líquido. Qualquer fuga ou ruptura de uma linha de alimentação do motor irá resultar na rápida evaporação do líquido libertado, geralmente acompanhada de uma névoa de vapor de água condensada.

Sobre os veículos movidos a GNV, Márcio Reinert (2008), diz que:

O que é chamado veículo a GNV, convertido em nosso país, é um veículo bi ou tri-combustível. Isto é, possui um reservatório de gasolina e/ou álcool, e mais um de gás natural. Dadas as propriedades físicas do GNV, ele entra em ignição a temperaturas de 480 a 630 graus Celsius, de acordo com sua composição química. Como a gasolina ou o álcool entram em ignição a temperaturas mais baixas, conclui-se que o incêndio num veículo bi-combustível a GNV tem a tendência de ter sido iniciado pelo combustível líquido.

Uma vez iniciado o incêndio, ocorre a possibilidade de atingir o cilindro de armazenamento do gás, o qual está pressurizado à pressão máxima de 200 bar. O tamanho e o número desses cilindros são determinados pela disponibilidade de espaço nos diversos veículos, ou até mesmo pela vontade do usuário.

Ao investigar um incêndio veículo movido a gás algumas características especiais devem ser observadas, como a inspeção de todos os equipamentos que compõe o sistema, desde o cilindro que na maior parte dos veículos se encontram no compartimento de bagagens (porta-malas), ou pode ainda ser encontrado na carroceria ou na parte inferior do veículo, a canalização, o registro de corte rápido, válvula de alívio de pressão, que tenham relação com o incêndio.

### 2.3 DISPOSITIVOS EMBARCADOS

Ao realizar a investigação do incêndio em veículos deve-se realizar a identificação dos equipamentos que possam ter relação com o incêndio.

Cada sistema de um veículo tem uma função específica. Nem todos os veículos têm os mesmos sistemas. No entanto, muitos sistemas operam de um modo semelhante. Familiaridade do sistema é essencial para a adequada investigação de incêndio em veículos, sob esses dispositivos a (NFPA, 2011, p.239), diz ainda que:

Se o investigador não sabe como um sistema funciona, ele não será capaz de determinar se o sistema apresentava mau funcionamento ou se foram alterados, ou se o mau funcionamento ou tal alteração poderia ser responsável pelo surgimento do incêndio. Quase todos os veículos a motor tem alguma forma de publicação de reparação. A maioria destes manuais de reparação pode explicar os sistemas únicos em um veículo em particular. Muitas publicações também têm guias de resolução de problemas para diagnosticar possíveis problemas. Estas publicações podem ser encontradas na internet, livrarias, bibliotecas públicas, lojas de autopeças. Publicações de serviço do fabricante devem ser usados sempre que possível, pois isso fornece as informações mais abrangente disponíveis.

Portanto faz-se necessário o conhecimento dos mais diversos e variados dispositivos presentes nos veículos que podem se tornar possíveis fontes de ignição ou que possam contribuir para o aumento de um incêndio em um veículo.

### **2.3.1 Fontes de ignição**

As fontes de ignição em incêndio em veículo devem ter energia suficiente para transferir calor para um material combustível levando a atingir a temperatura de ignição, sendo capaz de gerar e manter a combustão nas condições presentes no ambiente, independente do material combustível, suscetibilidade para queima ou da duração da fonte de ignição (CBMDF, 2010).

Neste contexto o investigador deve-se considerar todas as fontes de ignição exclusivas dos veículos, como as superfícies aquecidas, do conversor catalítico (catalizador), os sistemas de alimentação (turbinas), sistema de exaustão (sistema de descarga) entre outros. Porque algumas destas fontes de ignição podem dificultar a identificação da causa do incêndio.

### **2.3.2 Sistema de energia mecânica**

A maioria dos veículos produzidos atualmente funcionam com um motor de combustão interna alimentados por um variedade de combustíveis, e ainda conforme a (NFPA, 2011, p.241), nos diz que:

Um motor de combustão interna é uma máquina complexa com diversos componentes que trabalham em sincronismo. Para manter um funcionamento correto, todas essas peças devem permanecer firmemente ligados, e muitos necessitam de lubrificação ou de arrefecimento.

Uma falha no sistema pode danificar a estrutura do bloco do motor, provocando um vazamento de óleo ou peças lançadas a alta velocidade que podem danificar linhas de combustíveis que podem cair sobre superfície aquecida podendo vir a inflamar.

### **2.3.3 Sistema de compressão e controle de emissões**

Muitos veículos fabricados atualmente possuem sistemas turbocompressores, que consiste na utilização de uma turbina cuja função é adicionar potência de saída de um motor,

umentando a quantidade de ar que é forçado para dentro dos cilindros. Sobre turbocompressor a (NFPA, 2011, p.240), diz ainda que:

O turbocompressor utiliza gases de escape para a propulsão, e em muitos casos, **o turbocompressor e colector de escape são os mais quentes pontos externos em um veículo**. O calor gerado pode inflamar combustíveis próximos.

A maioria dos veículos a motor também são equipados com alguma forma de controle de emissões de gases. Sobre o sistema de controle de emissões a (NFPA, 2011, p.240), informa que:

Este sistema controla as emissões de escape de escape e as emissões por evaporação de combustíveis. Para controlar as emissões pelo tubo de escape, o sistema normalmente regula a entrada de combustível, ignição, recirculação dos gases de escape (EGR). Um sensor mede o fluxo de ar, para dentro do motor. Baseado em que o fluxo de ar, o computador do veículo irá calcular a correta da quantidade de combustível a ser adicionada para satisfazer a procura do condutor e para minimizar as emissões de gases de escape.

O sistema de emissões por evaporação de um veículo são controlados, quando há uma falha o problema potencial é o vazamento de vapor e se uma fonte de ignição está presente, pode causar um incêndio, e sobre esse sistema a (NFPA, 2011, p.240), diz que:

**O sistema de escape** faz mais do que transportar os gases de escape do motor. Ele também serve como uma parte do sistema de controle de emissões. O coletor de escape é aparafusado diretamente ao motor.

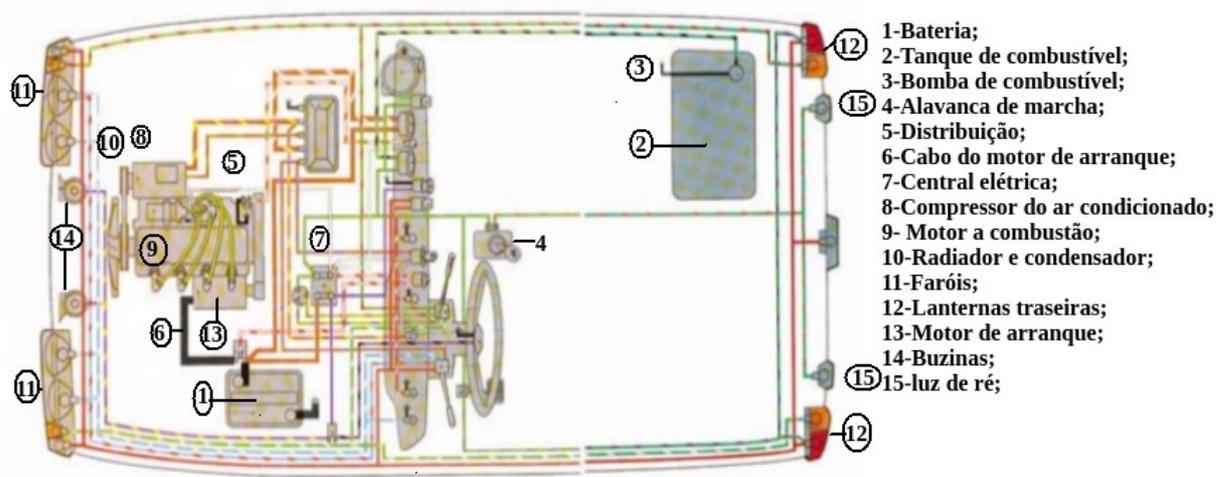
As temperaturas da superfície variam entre 316°C a 538°C (600°F a 1000°F) sob condições normais de funcionamento, dependendo do desenho do motor. No entanto, as temperaturas podem ultrapassar 538°C (1000°F) devido às cargas elevadas do motor ou durante condições anormais de motores (isto é, falhas de ignição), ou concentrações de combustíveis ricos devido a outros problemas de sensores.

Um perigo em potencial do sistema de escape do veículo durante seu funcionando é o contato com objectos inflamáveis, com o escapamento ou superfícies do conversor catalítico (catalisador) como por exemplo grama alta ou detritos. Outra possibilidade é o conversor catalítico ficar quente o suficiente para inflamar os materiais de revestimentos ou carpetes no interior do veículo (NFPA, 2011, p. 242).

### 2.3.4 Sistema Elétrico

Ao investigar um incêndio em veículo deve-se verificar se o veículo estava em funcionamento na hora do incêndio, pois, um veículo em funcionamento possui mais fontes potenciais de ignição.

Figura (d) Esquema do sistema elétrico de um veículo



Fonte: Guia para investigação de incêndio e explosões (CBMDF, 2010)

Quando o automóvel não estiver em movimento, a primeira fonte de energia a ser verificada é a bateria. Um determinado número de componentes permanece conectado à bateria, embora a ignição e outros dispositivos estejam desligados. Estes componentes, como um alternador ou interruptor da ignição, podem falhar horas depois do último funcionamento do veículo. (CBMDF, 2010). De acordo com os dados da (NFPA, 2011, p.241), o sistema elétrico apresenta as seguintes características:

Os veículos costumam usar um sistema elétrico de potência de 12 volts DC ou 24 volts DC. Estes sistemas tipicamente incluem uma bateria de chumbo-ácido ou do tipo gel para armazenamento de energia e um gerador (alternador) para a produção de energia elétrica quando o motor do veículo está em execução. Alguns veículos modernos são projetados usando transmissões de motores elétricos para fornecer a energia motriz ao veículo (estes são conhecidos como EVs ou veículos elétricos) e alguns são projetados usando uma combinação de motor elétrico e sistemas de motores de combustão interna para fornecer esse poder (estes são referidos como VHE ou Veículos Elétricos Híbridos).

De acordo com os dados da (NFPA, 2011, p.241) “A bateria deve ser grande o suficiente para funcionar o motor de arranque. A grande quantidade de energia necessária para ligar o motor geralmente significa que o cabo do motor de arranque é o maior condutor do veículo.” Ainda sobre o sistema elétrico informa que:

O cabo de arranque é normalmente também um dos poucos fios em um veículo que não tem um dispositivo de proteção de sobrecorrente no mesmo, e é ainda dimensionado para suportar o grande consumo de corrente. Uma diferença importante entre os veículos e estruturas é que toda a armação, o corpo, e o motor pode ser usado como o caminho de chão. Isto significa que, durante a inspeção, somente um condutor pode ser encontrado ligado a um dispositivo.

Ainda há circuitos que não são desligados da energia da bateria, como o cabo do motor de arranque do veículo, o cabo de saída do gerador, o interruptor de ignição para usar em ligar o veículo, a situação de emergência circuito de pisca-pisca, as luzes de freio, e os dispositivos de memórias em si, tais como rádios, relógios e computadores de controle de bordo, entre outros.

Como acontece com qualquer aparelho elétrico, dispositivos elétricos em veículos podem falhar ou o seu mau funcionamento de forma que possam gerar calor. Fios danificados devem ser cuidadosamente inspecionados e documentados antes de qualquer movimento substancial da fiação do veículo é feito, sempre que possível. (NFPA, 2011).

### **2.3.5 Sistema de Lubrificação**

A maioria dos motores usam óleo de hidrocarboneto para lubrificação. O óleo pode vaziar para as muitas articulações ou superfícies de contato no motor. A falta de óleo no motor pode provocar a falha dos componentes internos. Estas deficiências podem conduzir a uma falha mecânica, o que pode, por sua vez, provocar um incêndio (NFPA, 2011).

### **2.3.6 Sistema Hidráulico de Frenagem**

O sistema hidráulico de frenagem tem a função de parar ou diminuir a velocidade do veículo quando em movimento, é ativado por um pedal ligado, através do reforço de travagem de energia, a um cilindro mestre. Segundo a (NFPA, 2011, p.241) o sistema de frenagem funciona da seguinte maneira:

O cilindro mestre está conectado com tubos de aço para os cilindros de roda de freios a tambor e pinças de freios a disco. Ao pressionar o pedal do freio produz uma pressão mais elevada a qual é transmitida para os cilindros da roda e as pinças do sistema de frenagem. Esta pressão traz as pastilhas dos travões (sapatas e pastilhas) em contato com os tambores de freio ou rotores, criando atrito, o que faz parar o veículo. Sistemas de frenagem trabalha sob altas pressões, e até mesmo um pequeno vazamento pode produzir um spray que pode ser inflamado se entrar em contato com uma fonte de ignição.

Os sistemas de freio também contêm fluido para funcionamento do sistema e possuem um reservatório para reposição do cilindro mestre. Sobre o reservatório do sistema de frenagem a (NFPA, 2011, p.243) diz que:

Os reservatórios de óleo de freio na maioria dos veículos são feitos de um material plástico que pode derreter durante um incêndio no compartimento do motor. Se isto ocorre, o líquido de freio no reservatório irá servir como um combustível secundário e acelerar o incêndio na área do cilindro principal. O líquido dos freios pode ser expulso devido a danos ao reservatório e pode fornecer o primeiro combustível inflamado.

Esses materiais ou líquidos do sistema quando em contato fontes de ignição, podem servir de combustível inicial do incêndio ou contribuir para a sua propagação.

### **2.3.7 Distribuição de Energia Mecânica**

A energia mecânica produzida pelo motor deve ser entregue às rodas motrizes. Este fornecimento é realizado por meio de uma transmissão. A transmissão pode ser composta por engrenagens mecânicas ou engrenagem hidraulicamente conduzida. As partes móveis das transmissões requerem lubrificação. O fluido utilizado nas transmissões pode vazar e cair sobre o motor ou sobre o coletor do escapamento que em contato com superfícies aquecidas podem vir a inflamar. (NFPA, 2011).

## **2.4 MARCAS DE COMBUSTÃO**

O exame das marcas de combustão num automóvel depois de queimado é uma tarefa complexa e variada, assim como nos incêndios em edificação, onde o primeiro passo, portanto, é determinar o local de origem. A maioria dos automóveis pode ser dividido em três compartimentos principais: o compartimento do motor, o compartimento de passageiro ou interior e o compartimento de carga. O tamanho, construção e o material combustível destes compartimentos podem variar consideravelmente.

O uso de padrões de fogo para determinar a origem ou causa deve ser usado com cautela. As interpretações extraídas desses padrões podem ser confirmadas por meio de depoimentos de testemunhas, análise de laboratório, os registros de serviços que indicam falhas mecânicas ou elétricas, avisos de recall de fábrica, ou queixas e boletins de serviço, etc. (NFPA, 2011).

Ainda de acordo com a NFPA 921 (2011) o investigador deve também estar familiarizado com a composição do veículo e a sua operação normal. Os tamanhos relativamente pequenos dos compartimentos do veículo podem resultar em um crescimento mais rápido do fogo, dado o mesmo cenário fonte de combustível e da ignição, quando comparado com os compartimentos maiores normalmente encontrados em um incêndio em edificação. No entanto, os princípios da dinâmica de fogo são os mesmos em um veículo, tal como numa edificação e, por conseguinte, a metodologia de investigação deve ser muito parecida.

### **2.4.1 Análise das marcas de combustão**

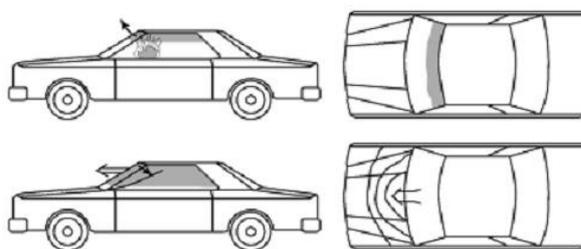
Locais de incêndio costumam ser comparados a complexos quebra-cabeças, em que muitas das peças se perderam para sempre devido à ação do fogo. A função do investigador de incêndio consiste em montar esses quebra-cabeças, descrevendo tecnicamente todos os procedimentos realizados, e de que forma possibilitaram a montagem final. Dentre esses procedimentos, está o exame das diferentes marcas de combustão.

Ao analisar as marcas de combustão durante o exame do exterior do veículo sinistrado, este pode revelar padrões de queima significantes. O local e o modo que os materiais se comportam, pode permitir uma determinação do compartimento de origem, conforme se vê:

“O exame do exterior pode revelar padrões significativos de incêndio. A localização do incêndio, e a maneira que o para-brisa reage a ele, pode permitir uma determinação do compartimento de origem”.(NFPA, 2011, p.244)

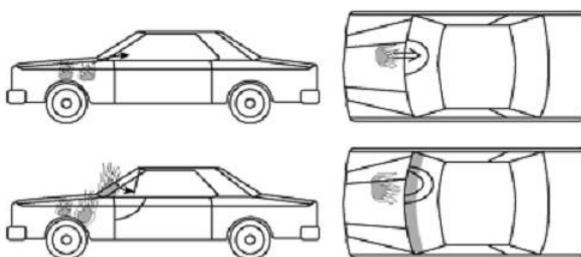
Abaixo nas Figuras (e) e (f), podemos observar os diagramas que ilustram desenvolvimento do incêndios, e os padrões de queima em função do compartimento de origem.

Figura (e) Desenvolvimento do Padrão de Queima de Origem Interior.



Fonte: NFPA 921 (2011, p.245)

Figura (f) Desenvolvimento do Padrão de Queima de Origem do Compartimento do Motor.



Fonte: NFPA 921 (2011, p.245)

Um incêndio no compartimento de passageiros frequentemente causa a fadiga no topo do pára-brisa e deixa padrões de queima radiais (padrões que parecem irradiar de uma área) no capô, como mostrado em Figura (g) e Figura (h) (NFPA, 2011).

Figura (g) Padrão de Queima Radial Produzido por incêndio do Compartimento dos Passageiros.



Fonte: NFPA 921 (2011, p.245)

Figura (h) Outro Padrão de queima radial produzido por incêndio do compartimento dos passageiros.



Fonte: NFPA 921 (2011, p.245)

Figura (i) Fadiga do pára-brisa causada por incêndio de compartimento do motor.



Fonte: NFPA 921 (2011, p.245)

Figura(j) Padrão radial na porta lateral do motorista produzida por incêndio do compartimento do motor.



Fonte: NFPA 921 (2011, p.245)

Incêndios no compartimento do motor, por outro lado, tipicamente penetra no interior do veículo no lado do passageiro e causa fadiga no fundo do pára-brisa. Podem ser observados padrões radiais de um incêndio no motor e nas portas. São mostrados exemplos de padrões produzidos por incêndio de motores na Figura (i) e Figura (j) (NFPA, 2011).

A análise dos padrões de queima no incêndio é uma maneira de se estabelecer uma rota de propagação do fogo, identificação de zonas e pontos de origem e identificação dos combustíveis envolvidos (NFPA 921, 2011, p. 98).

#### **2.4.3 Zona de origem do incêndio**

A zona de origem é a delimitação da menor área do bem sinistrado onde se iniciou o incêndio e sua localização é dada pelo estudo das marcas da decomposição térmica (CBMDF, 2009).

Após determinar a zona de origem o investigador deve realizar os exames necessários, buscando provas para determinação do ponto de origem (foco inicial) do incêndio, fonte de ignição, e causas e subcausas do incêndio.

#### **2.4.4 Foco inicial do incêndio (ponto de origem)**

O foco inicial é o local no interior da zona de origem onde ocorreu a primeira fase do incêndio, ou seja, a eclosão ou ignição do incêndio. É portanto no foco inicial que se buscam os elementos/evidências que consolidam as hipóteses aplicadas aos fatores e circunstâncias que proporcionaram o surgimento do incêndio ou seja, a identificação da fonte que provocou

o incêndio (CBMDF, 2010).

O foco inicial (ou ponto de origem) segundo a (NFPA 921, 2011) é o local definido pelo investigador dentro da zona de origem em que uma fonte de calor, oxigênio e combustível se relacionam entre si dando início ao incêndio ou explosão.

#### **2.4.5 Causas do incêndio**

A análise das fontes de ignição encontrados na zona de origem com energia suficiente para ignir os materiais combustíveis, somadas as evidências onde mostram o caminho que o fogo se espalhou, pode inclusive fornecer subsídios para testar hipóteses e conseqüentemente possibilitar a determinação da causa do incêndio.

As marcas de combustão remanescentes na lataria e no interior dos veículos após o incêndio, devem ser utilizados em conjunto com outras informações para determinar a causa do incêndio (CBMDF, 2010).

A causa de um incêndio de acordo com a classificação adotada pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, pode ser classificada como humana, humana direta, humana indireta, acidental, natural, ou indeterminado. Para a determinação das causas de incêndio a (NFPA, 2011, p.169), diz que:

A determinação da causa de um incêndio requer a identificação dos fatores que eram necessárias para que o fogo ter ocorrido. Esses fatores incluem a presença de uma fonte de ignição competente, o tipo e a forma do primeiro combustível inflamado, e as circunstâncias, tais como falhas ou ações humanas, que permitiu que os fatores a se unir e iniciar o fogo.

A classificação do incêndio permite ao investigador atribuir ou não responsabilidade direta a alguém, e ainda sobre esse contexto a (NFPA, 2011, p.175) diz que: “a classificação de incêndio podem ser utilizados para a atribuição de responsabilidade, transmissão de informações, ou compilação de estatísticas”.

### **3 CONCLUSÃO**

Levando-se em consideração os aspectos relacionados a incêndios em veículos, tomadas as bases gerais dos incêndios de uma forma geral, conseguiu-se destacar variantes,

particularidades e especificidades que diferenciam o incêndio em veículos de incêndios em edificação, no que tange as possíveis fontes de ignição e aos padrões de queima.

Tal percepção está ainda sujeita a uma incidência maior de erro tendo em vista a quantidade de equipamentos embarcados nos veículos onde esta gama de suítes tecnológicas levam a uma possibilidade maior de fontes ígneas, ou até mesmo de queima generalizada, o que somado a padrões de queima e o não conhecimento do investigador de incêndio em interpretar esses caminhamentos, levar-se-á a uma conclusão equivocada ou indeterminada.

Somos levados a acreditar que faz-se necessário o conhecimento das novas realidades que compõe hoje os veículos automotores, com seus múltiplos sistemas embarcados e/ou tecnológicos, bem como as possibilidades de agentes ígneos diversos, materiais propagantes variados, múltiplos e diferentes que são proporcionados hoje pela indústria automobilística.

As dificuldades encontradas para conclusão do trabalho prende-se ao fato de possuir poucos trabalhos publicados sobre perícia em incêndio e explosão e em língua portuguesa, principalmente relacionados a incêndio em veículos, portanto, foi necessário realizar a busca em bibliografias estrangeiras.

Diante da necessidade de aprimorar e produzir conhecimentos na área investigativa de incêndio, sugere-se que o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, promova mais cursos de extensão e/ou especialização em perícia em incêndio e explosão para o seu público interno, objetivando também realizar a investigação em todos os incêndios ocorridos no estado, e a retroalimentação o sistema contra incêndio realizado pela corporação, soma-se a isto também a necessidade urgente de adotar uma metodologia de investigação de incêndio específica em veículo, para que, com tal ferramenta, consiga-se chegar a uma investigação correta e que sirva de suporte científico de estudo.

Por fim acreditamos que os objetivos propostos foram alcançados, sendo que é necessário que todo esse conjunto de informações adquiridos com esse trabalho seja levado em consideração, para que o conhecimento à respeito do tal seja tratado com sua devida importância e conseqüentemente o resultado aplicado seja de real observância prática, teórica e científica para os investigadores de incêndios do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

## REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, Ranvier Feitosa. **Incêndios e explosivos: uma introdução à engenharia forense**. Campinas, SP: Millennium, 2010.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. Centro de Ensino Bombeiro Militar. **Manual de formatação e normalização de trabalhos acadêmicos**. Florianópolis: CEBM, 2011.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Guia de investigação de incêndio**, Brasília, 2011.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 921: Guide for Fire and Explosion Investigations**. Quincy: NFPA, 2011.
- SECRETARIA NACIONAL DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Curso Identificação veicular**. 2008.
- SEITO, A. et al. Valdir Pignatta e. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**, São Paulo, Projeto, 2008.
- REINERT, Márcio. **Combate a incêndios em veículos movidos a gás natural veicular**. 2008. p.66. Monografia (Curso Tecnologia em Gestão de Emergências) – Centro Tecnológico da Terra e Mar, Universidade do Vale de Itajaí, São José, SC. 2008
- SAUNDERS, Mark; LEWIS, Philip; THORNHILL, Adrian. **Research Methods for Business Students**. Third edition. England: Prentice Hall, 2003.
- REVISTA QUATRO RODAS: Brasil 2002. São Paulo: Julho, 2002.