

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**FELIPE WICHERT**

**PROPOSTA DE MELHORIA DE UM SISTEMA DE COMBATE E  
PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS VEICULARES COM ATIVAÇÃO  
AUTOMATIZADA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA  
2018**

**FELIPE WICHERT**

**PROPOSTA DE MELHORIA DE UM SISTEMA DE COMBATE E  
PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS VEÍCULARES COM ATIVAÇÃO  
AUTOMATIZADA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Mario Van Thienen  
Silva

**PONTA GROSSA**

**2018**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **PROPOSTA DE MELHORIA DE UM SISTEMA DE COMBATE E PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS VEICULARES COM ATIVAÇÃO AUTOMATIZADA**

por

**FELIPE WICHERT**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 28 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Mario José Van Thienen da Silva**  
Orientador

**Prof. Dr. Oscar Regis Junior**  
Membro Titular

**Prof. Dr. Gilberto Zammar**  
Membro Titular

**Prof. Dr. Marcos Eduardo Soares**  
Responsável pelos TCC

**Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de  
Carvalho**  
Coordenador do Curso

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Mario Van Thienen Silva por toda sua atenção, dedicação, paciência e esforço para que eu pudesse ter confiança e segurança na realização deste trabalho.

Agradeço a esta Universidade e todo seu corpo docente, administração e direção, que realizam seu trabalho com tanta dedicação trabalhando para que nós, alunos, possamos contar com um ensino de extrema qualidade.

Agradeço de forma especial ao meu pai Orlando Wichert e à minha mãe Eliane Maria SedlakWichert, por não medirem esforços para que eu pudesse levar meus estudos adiante.

## RESUMO

WICHERT, Felipe. **Proposta de melhoria de um sistema de combate e prevenção de incêndios veiculares com ativação automatizada.**2018. 88f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

O automóvel possui grande importância como bem de consumo, seja no fator emocional quanto financeiro para quem o possui. Existe grande interesse na sociedade de modo geral para que existam meios de evitar possíveis danos, sejam esses temporários ou permanentes a esse bem, de modo que o uso de um automóvel seja o mais seguro possível, e uma das formas mais catastróficas de casualidades nesses sentidos se dá no caso de um incêndio no automóvel. Este trabalho propõe a melhoria de um equipamento voltado à prevenção de incêndios veiculares de forma autônoma. A concentração dos esforços teve foco na definição de um mecanismo com acionamento imediato. Seu desenvolvimento ocorreu na definição de um modelo geral para um equipamento acionador de extintor autônomo, sendo feita a fabricação das peças e montagem de um protótipo baseado nesse modelo. Depois de montado o protótipo foi feito um teste com um extintor pressurizado e analisado fatores de funcionamento relevantes.

Palavras-chave: Incêndio Automotivo. Acionamento automático. Arduino. Fabricação.

## ABSTRACT

WICHERT, Felipe. **Proposta de melhoria de um sistema de combate e prevenção de incêndios veiculares com ativação automatizada.**2018. 88f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

The automobile has great importance as a consumer good, whether as an emotional or financial factor for its owner. It is given big importance from the society in general to the research of means to avoid temporary or permanent damage of this particular product, in an attempt to make the use of cars the safest possible. In that regard, one of the most catastrophic mishaps in resulted by accidents is the event of a fire. This paper propose the improvement of an automated vehicular fire prevention equipment. The focus of the research was given to the creation of an immediate trigger mechanism. The development happened in the definition of a general model for such equipment, being made afterward the craft for its parts and components in the form of a prototype, based from the proper general model. In sequence was performed a field test with data gathering for such prototype with a live extinguisher.

Keywords:Vehicle fire, automated activation, arduino, manufacturing.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Triângulo do fogo.....	21
Figura 2: Tetraedro do fogo .....	23
Figura 3: Área de origem de incêndios em veículos de estrada ocorridos no período de 2003 a 2007.....	26
Figura 4: Dados do mercedes R350 .....	27
Figura 5: Dados do Mercedes R.500 .....	27
Figura 6: Dados do AudiA5 ano 2008 .....	28
Figura 7: Dados do AudiS5 ano 2009 .....	29
Figura 8: Dados do Jeep Cherokee. ....	30
Figura 9: Dados do Jeep Liberty.....	30
Figura 10: Dados do Dodge Nitro. ....	30
Figura 11: Dados do AudiTT. Ano 2002.....	31
Figura 12: Dados do Audi TT ano 1999.....	31
Figura 13: Dados do Audi A4 ano 2004.....	32
Figura 14: Dados do Audi A4 ano 2001 .....	32
Figura 15: Dados do Datalogger e do teste realizado.....	35
Figura 16: Diagrama da temperatura registrada pelo Datalogger em função do tempo.....	36
Figura 17: Diagrama demonstrando toda a sequência de ações realizadas pelo equipamento de forma geral. ....	39
Figura 18: Desenho da Chapa principal.....	50
Figura 19: Desenho da Chapa de suporte do gatilho. ....	52
Figura 20: Desenho do corpo do Estojo.....	56
Figura 21: Desenho das extremidades do estojo.....	57
Figura 22: Desenho do Nucleo e Gatilho rosqueados. ....	66
Figura 23: Desenho do Gatilho rosqueado. ....	66
Figura 24: Diagrama eletrônico.....	68

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1: Módulo de Acionamento. ....	39
Fotografia 2: Estojo guia. ....	40
Fotografia 3: Embolo acionador. ....	41
Fotografia 4: Sistema de molas. ....	41
Fotografia 5: Módulo de Disparo. ....	42
Fotografia 6: Núcleo e Gatilhos Rosqueados. ....	43
Fotografia 7: Chave magnética. ....	43
Fotografia 8: Furadeira ....	46
Fotografia 9: Máquina de solda elétrica. ....	47
Fotografia 10: Ponteadeira elétrica. ....	47
Fotografia 11: Dobradeira manual. ....	48
Fotografia 12: Esquadro metálico ....	49
Fotografia 13: Chapa principal antes de receber os furos. ....	50
Fotografia 14: Furação inicial do furo de suporte do módulo de disparo. ....	51
Fotografia 15: Chapas principais e de suporte do gatilho com as furações. ....	52
Fotografia 16: Chapa de Suporte do gatilho com foco sobre a concentricidade do ponto de apoio da Chapa de Suporte e o furo de apoio do Módulo de Acionamento. ....	53
Fotografia 17: Chapas de base com um extintor fixado na coluna por meio de um par de abraçadeiras. ....	54
Fotografia 18: Todas as chapas estruturais unidas por solda de eletrodo entre a coluna e a Chapa Principal, sem os módulos do protótipo instalados. ....	55
Fotografia 19: As três chapas utilizadas no estojo. ....	58
Fotografia 20: Estojo guia com suas três chapas soldadas. ....	58
Fotografia 21: Mola única pendurada com um peso. ....	59
Fotografia 22: Balança milesimal. ....	60
Fotografia 23: Sistema de molas idênticas paralelas penduradas com peso. ....	62
Fotografia 24: Solenóide de partida. ....	64
Fotografia 25: Torno mecânico. ....	65
Fotografia 26: Macho manual. ....	65
Fotografia 27: Núcleo e Gatilho rosqueados. ....	67
Fotografia 28: Módulo de disparo inteiro. ....	67



Fotografia 29: Captura de tela contendo código fonte utilizado.....	69
Fotografia 30: Montagem do sistema de molas com o Estojo guia.....	71
Fotografia 31: Montagem do Módulo de acionamento na Chapa principal. .	72
Fotografia 32: Montagem da Chave Magnética na Chapa principal. ....	73
Fotografia 33: Montagem do Gatilho rosqueado.....	74
Fotografia 34: Armação do módulo de acionamento. ....	75
Fotografia 35: Montagem do Módulo de Controle.....	76
Fotografia 36: Contatos do Módulo de controle. ....	77
Fotografia 37: Contatos do relé responsáveis pelo seu acionamento e aterramento. ....	77
Fotografia 38: Contatos do relé com fiação dupla. ....	78
Fotografia 39: Contatos da Chave magnética.....	78
Fotografia 40: Protótipo totalmente montado.....	79
Fotografia 41: Protótipo acionado durante o seu teste. ....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados do experimento da Lei de Hooke para mola única .....	60
Tabela 2: Dados do experimento de vibrações livres para mola única.....	61
Tabela 3: Dados dos experimentos repetidos para o sistema de molas em paralelo.....	63

## **LISTA DE SIGLAS**

NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
CH	Capital Humano
NFPA	National Fire Protection Association

## **LISTA DE ACRÔNIMOS**

DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1 CÓDIGO BRASILEIRO DE TRÂNSITO E CONTRAN.....	16
2.2 NORMAS PARA COMBATE E PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS .....	18
2.3 FUNDAMENTOS PARA A REAÇÃO DE COMBUSTÃO .....	21
2.3.1 Crescimento de um Incêndio .....	21
2.3.2 Extinção de um Incêndio.....	22
2.3.2.1 Extinção por resfriamento .....	23
2.3.2.2 Extinção por abafamento e retirada de material .....	24
2.4 DADOS ESTATÍSTICOS SOBRE INCÊNDIOS EM VEÍCULOS .....	24
2.5 COMPORTAMENTO DO FOGO EM INCÊNDIOS VEICULARES .....	26
<b>3 OBJETIVO DO TRABALHO .....</b>	<b>34</b>
3.1 – TESTES PARA DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS.....	34
3.1.1 – Teste de temperatura em condições normais de uso .....	35
3.1.2 – Teste de carga da alavanca do extintor .....	37
<b>4 – EQUIPAMENTO DE ACIONAMENTO AUTOMÁTICO DO EXTINTOR.38</b>	
4.1 – MÓDULO DE ACIONAMENTO .....	39
4.2 – MÓDULO DE DISPARO .....	42
4.3 – MÓDULO DE CONTROLE .....	44
<b>5 ETAPAS DE FABRICAÇÃO DO EQUIPAMENTO E SEUS COMPONENTES.....</b>	<b>45</b>
5.1 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO GERAIS .....	45
5.2 – FABRICAÇÃO DAS CHAPAS ESTRUTURAIS .....	49
5.3 – COMPONENTES DO MÓDULO DE ACIONAMENTO .....	55
5.3.1 – Estojo.....	55
5.3.2 – Sistema de Molas .....	58
5.3.3 Embolo.....	63
5.4 – COMPONENTES DO MÓDULO DE DISPARO.....	63
5.4.1 – Chave magnética .....	64

5.4.2 – Núcleo com gatilho rosqueado .....	64
5.5 COMPONENTES DO MÓDULO DE CONTROLE .....	68
5.6 – PINTURA E ACABAMENTO DAS PEÇAS .....	70
<b>6 MONTAGEM DO PROTÓTIPO .....</b>	<b>71</b>
<b>7 TESTE DO PROTÓTIPO .....</b>	<b>80</b>
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>82</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>84</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O automóvel está inserido no cotidiano das pessoas, praticamente todas as atividades que o envolvem tem uma etapa de tempo relacionada ao trânsito. Segundo Stokes e Hallett (1992), os carros não são meramente um objeto ou simplesmente um meio de transporte, mas sim uma extensão da pessoa ou família que o possui. Existe uma ligação emocional entre os motoristas e seus veículos. Segundo Hiscock *et al* (2002), existe o sentimento de que o automóvel possa providenciar prestígio em termos de ser um símbolo de renda, de uma vida excitante, de masculinidade e de ser um membro da sociedade com importância, diferente de ciclistas e outros usuários de transporte público.

De acordo com o DENATRAN (1997), os índices de acidentes de trânsito (AT) são bastante elevados no Brasil, contendo um AT para cada 410 veículos em circulação. Em comparação com a Suécia, a relação é de um AT para cada 21400 veículos. Estima-se que o custo material e social envolvidos com AT chegue a aproximadamente 1% do PIB nacional. No Hospital das Clínicas de São Paulo, 5.5% do total de portadores de deficiências atendidos são vítimas de AT (Governo do Estado de São Paulo, 1993).

De acordo com o U.S. Department of Transportation (2015), estima que a razão crítica de um AT (o qual é o último evento na corrente de causalidades do acidente) foi assinalada para o motorista em 94% das colisões. Em 2% das colisões, a razão crítica foi assinalada para a falha ou degradação de componente mecânico do veículo, e em 2% das colisões, a razão foi assinalada para as condições da pista. Entre os casos no qual o motorista foi assinalado como a causa crítica, erros de reconhecimento foram responsáveis por 41%, erros de decisão por 33% e erros de performance por 11%.

Segundo Ahrens (2005), no ano de 2004 os departamentos de combate a incêndio nos Estados Unidos responderam a aproximadamente 297 mil incêndios veiculares, que resultaram em cerca de 550 mortos, 1500 feridos e um total de 1,3 bilhão de dólares em danos diretos a propriedade. Incêndios veiculares contaram para 19% de todos os casos de incêndios reportados para os corpos de bombeiros desse país neste ano. Esse tipo de incêndio foi responsável por 14% de todas as

vítimas fatais, 8% das vítimas não fatais e 14% do prejuízo material da nação estadunidense em casos relacionados a incêndios e fogo. Os veículos considerados são carros, caminhões e outros veículos de estrada; embarcações e navios; trens; veículos agrícolas, *off-road* e veículos de construção pesada.

Dos veículos citados anteriormente, a maioria massiva dos casos de incêndios veiculares ocorreram em veículos de estrada, como carros e veículos de transporte de carga, respondendo a 77% de todos os casos reportados de incêndios veiculares, com 77% dos mortos, 73% dos feridos e 72% do prejuízo material direto relacionados a incêndios veiculares.

Segundo Ahrens (2005), no intervalo entre 1999 e 2002, dois terços dos incêndios em veículos de rua iniciaram no motor, nos componentes de transmissão e na área dos pneus. Incêndios iniciados nessas áreas resultaram em 40% das mortes, 49% dos feridos e 54% do prejuízo direto. Apenas 2% dos incêndios nesse tipo de veículo foi iniciado no tanque de combustível e na linha de alimentação do mesmo, porém esses incêndios resultaram em 17% das mortes do grupo.

Segundo Ahrens (2005), colisões e capotamentos foram a causa inicial de incêndios em veículos de apenas 3% dos casos ocorridos entre 1999 e 2002, porém esses casos foram responsáveis por 57% das mortes em incêndios veiculares. Aproximadamente um a cada 26 casos de incêndio veicular onde a causa inicial foi colisão ou capotamento, resultou em vítimas fatais. De acordo com as estatísticas da National Highway Traffic Safety Administration, os incêndios ocorreram em 0,1% de todas as colisões automobilísticas em 2014, porém em colisões com fatalidades, os incêndios estavam presentes em aproximadamente 3,3% dos casos. Através desses dados pode-se notar a grande fatalidade que um incêndio resultado de acidentes de trânsito resulta.

Segundo Ahrens (2005), trinta e quatro por cento das pessoas que sofreram ferimentos não-fatais em incêndios veiculares na faixa entre 1999 e 2002 estavam em atividades de combate a incêndios quando os ferimentos ocorreram. Essas e outras estatísticas apresentadas anteriormente reforçam a ideia de que os casos de incêndios veiculares apresentam grande nível de periculosidade, no qual se existe um grande interesse da sociedade para métodos e tecnologias de prevenção e combate aos variados tipos de incêndios possíveis.

Neste sentido, este trabalho propõe a teorização e sugestão de um sistema com ativamento automatizado com controle manual paralelo, de um sistema de

combate e prevenção de incêndios veiculares, cujo fator de início de ignição seja falha mecânica ou elétrica, ou colisão e capotamento.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Análise da aplicabilidade e teorização de um equipamento de prevenção contra incêndios em veículos automotores em caso de problema mecânico, incluindo um mecanismo de disparo rápido para a ocorrência de colisão.

Definição de subdivisões do equipamento teorizado em módulos, onde cada qual possui uma finalidade própria bem definida.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estudar a forma com o qual os incêndios em veículos iniciam, incluindo ponto de início, em caso de problemas mecânicos.

Analisar qual produto químico disponível no mercado de forma acessível age de forma mais eficiente nas condições de uso no qual existe um princípio de incêndio veicular.

Teorizar um modelo geral do equipamento, definindo seu funcionamento em ações fundamentais distintas onde cada ação é desempenhada por um módulo.

Listar todos os módulos necessários para realizar cada ação fundamental, e definir os componentes necessários dos mesmos para que ocorra o funcionamento esperado.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CÓDIGO BRASILEIRO DE TRÂNSITO E CONTRAN

A criação de um novo código de trânsito brasileiro objetivava aumentar a segurança para veículos e pedestres ao trafegar nas ruas e avenidas. Atribui-se que modificações nas leis de trânsito resultam na redução do número de acidentes. Na Hungria, no ano de 1991, a redução do número de acidentes e vítimas são



atribuídas em mudanças realizadas em suas leis de trânsito, e no período de 1997 e 1998, sendo 1998 o primeiro ano em que o novo código brasileiro de trânsito aplicado, houve uma redução de aproximadamente 12,3% e 18,5% do número de acidentes e de vítimas respectivamente na cidade de Londrina (BASTOS, Yara et all, 2001; HOLLO, Pèter,1998).

O novo código de trânsito brasileiro foi publicado sob a lei n. 9503, em 23 de setembro de 1998, sendo aplicada em janeiro do ano seguinte, ou 120 dias após a sua publicação, de acordo com o artigo 340 da mesma. Atualmente a lei em questão consiste de 20 capítulos, sendo estes dispostos em 341 artigos (BRASIL, 1997).

Em comparação com as leis revogadas pelo novo código de trânsito brasileiro, considera-se que as disposições agora em vigor estão mais penosas. Os valores de multas são maiores, incluindo que certas punições são aplicáveis no Código Penal, caso elas sejam prescritas no capítulo 19 do Código de trânsito. E para o caso de reincidentes, de acordo com a gravidade da ocorrência, existe a possibilidade suspensão ou revogação do direito de dirigir (CALDAS G, 1998).

De acordo com o CBT (Código Brasileiro de Trânsito), no artigo primeiro, parágrafo segundo, é considerado direito de todos que o trânsito opere em condições seguras, sendo esse direito devendo ser garantido pelos órgãos pertencentes do Sistema Nacional de Trânsito, os quais devem adotar medidas a fim de assegurá-lo (BRASIL, 1997).

O capítulo XV, sobre as infrações, não cita sobre a proibição de equipamentos de segurança opcionais, portanto sendo permitido a instalação de equipamentos adicionais, além dos citados no artigo 105:

1. Cinto de segurança, conforme regulamentação específica do CONTRAN, com exceção dos veículos destinados ao transporte de passageiros em percursos em que seja permitido viajar em pé.
2. Para os veículos de transporte e de condução escolar, os de transporte de passageiros com mais de dez lugares e os de carga com peso bruto total superior a quatro mil, quinhentos e trinta e seis quilogramas, equipamento registrador instantâneo inalterável de velocidade e tempo.
3. Encosto de cabeça, para todos os tipos de veículos automotores, segundo normas estabelecidas pelo CONTRAN.

4. Dispositivo destinado ao controle de emissão de gases poluentes e de ruído, segundo normas estabelecidas pelo CONTRAN.
5. Para as bicicletas, a campainha, sinalização noturna dianteira, traseira, lateral e nos pedais, e espelho retrovisor do lado esquerdo.
6. Equipamento suplementar de retenção (Air Bag) frontal para o condutor e o passageiro do banco dianteiro.

Ainda dentro da CBT, o artigo 98 indica que existe a possibilidade de realizar modificações de fábrica nos veículos, desde que tais modificações sejam autorizadas pela autoridade competente. Segundo o CONTRAN, por meio da resolução n. 292, de 29 de agosto de 2008, através das competências que lhes foram estipuladas, definiu quais modificações de veículos são autorizadas, com as respectivas exigências. De acordo com essa resolução, não é considerado como modificação de característica a instalação de equipamentos de segurança adicionais (CONTRAN, 2008).

## 2.2 NORMAS PARA COMBATE E PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS

A Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT) desenvolveu várias normativas a respeito de equipamentos, sistemas, e procedimentos para combate e prevenção de incêndios. De acordo com a ABNT(2005), suas normas voltadas para dispositivos e equipamentos especificam requisitos, métodos de ensaios e critérios de desempenho para o seu respectivo funcionamento. Até o presente momento, existe uma extensa lista de normas brasileiras relacionadas a prevenção de incêndios. Algumas dessas normas estão listadas abaixo (UNESP, s.d.):

- NBR 10897: Proteção contra Incêndio por Chuveiro Automático;
- NBR 10898: Sistemas de Iluminação de Emergência;
- NBR 11742: Porta Corta-fogo para Saída de Emergência;
- NBR 12615: Sistema de Combate a Incêndio por Espuma.
- NBR 12692: Inspeção, Manutenção e Recarga em Extintores de Incêndio;
- NBR 12693: Sistemas de Proteção por Extintores de Incêndio;

- NBR 13434: Sinalização de Segurança contra Incêndio e Pânico – Formas, Dimensões e cores;
- NBR 13435: Sinalização de Segurança contra Incêndio e Pânico;
- NBR 13437: Símbolos Gráficos para Sinalização contra Incêndio e Pânico;
- NBR 13523: Instalações Prediais de Gás Liquefeito de Petróleo;
- NBR 13714: Instalação Hidráulica Contra Incêndio, sob comando.
- NBR 13714: Instalações Hidráulicas contra Incêndio, sob comando, por Hidrantes e Mangotinhos;
- NBR 13932: Instalações Internas de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) - Projeto e Execução;
- NBR 14039: Instalações Elétricas de Alta Tensão
- NBR 14276: Programa de brigada de incêndio;
- NBR 14349: União para mangueira de incêndio - Requisitos e métodos de ensaio
- NBR 5410: Sistema Elétrico.
- NBR 5419: Proteção Contra Descargas Elétricas Atmosféricas;
- NBR 5419: Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (Para-raios.)
- NBR 9077: Saídas de Emergência em Edificações;
- NBR 9441: Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio;
- NBR 15808: Extintores de incêndio portáteis;
- NBR 15809: Extintores de incêndio sobre rodas;

Em um equipamento ou sistema para combate e prevenção de incêndios, segundo a ABNT e SEBRAE (2016), os requisitos e critérios de funcionamento dos seus componentes são compreendidos pelas normas a seguir:

- ABNT NBR ISO 7240-2:2012 – Sistemas de detecção e alarme de incêndio parte 2: Equipamentos de controle e de indicação.

O escopo desta Norma compreende sobre os equipamentos de controle e indicação (interface do usuário) do sistema.

- ABNT NBR ISO 7240-3:2015 – Sistemas de detecção e alarme de incêndio - Parte 3: Dispositivos de alarme sonoro.
- ABNT NBR ISO 7240-23: 2016 – Sistemas de detecção e alarme de incêndio - Parte 23: Dispositivos de alarme visual.

O escopo das normas acima compreendem sobre os equipamentos que ao ser detectado o princípio de um incêndio em alguns dos sensores, será emitido um alerta sonoro e/ou visual para os ocupantes do veículo.

- ABNT NBR ISO 7240-4:2013 – Sistemas de detecção e alarme de incêndio - Parte 4: Fontes de Alimentação.

O escopo desta norma compreende sobre as fontes de alimentação necessárias para a operação de um sistema de detecção e alarme de incêndio.

- ABNT NBR ISO 7240-5:2014 – Sistemas de detecção e alarme de incêndio - Parte 5: Detectores pontuais de temperatura.
- ABNT NBR ISO 7240-7:2015 – Sistemas de detecção e alarme de incêndio - Parte 7: Detectores pontuais de fumaça utilizando dispersão de luz ou ionização.

O escopo de ambas as normas acima compreendem sobre os equipamentos detectores pontuais de temperatura ou de fumaça, que enviarão um sinal positivo para o restante do sistema de controle e combate a incêndios caso seja detectado o princípio de incêndio.

- NBR 15808: Extintores de incêndio portáteis.
- NBR 15809: Extintores de incêndio sobre rodas;

O escopo das normas acima compreendem sobre critérios de desempenho sobre extintores de incêndio, sendo definidas em cada qual os termos de extintores de incêndio portáteis e sobre rodas.

## 2.3 FUNDAMENTOS PARA A REAÇÃO DE COMBUSTÃO

Toma-se por definição que o fogo consiste em uma reação de combustão autossustentada. Nessas reações ocorrem tanto processos físicos quanto processos químicos, no qual existe uma violenta liberação de energia. O fogo foi um recurso essencial durante o desenvolvimento da humanidade, possibilitando ao homem a proteção contra o frio, defesa contra predadores e cozimento de alimentos. Porém, caso o fogo saia de situações controladas, seja por ação humana ou não, ao encontrar condições favoráveis, pode aumentar de intensidade e se propagar em um curto espaço de tempo (TRINDADE, P. 2009; PINTO, E. 2001).

### 2.3.1 Crescimento de um Incêndio

De acordo com Trindade (2009), para se explicar como a combustão funciona de forma mais simplificada, os componentes básicos necessários para que a queima ocorra e seja autossuficiente são representados em um diagrama chamado “Triângulo do fogo”. Essa figura consiste em um triângulo, onde cada um dos lados representa um dos elementos necessários para que a combustão inicie.

**Figura1: Triângulo do fogo**



**Fonte: Rodriguez (2016)**

Os elementos representados no triângulo do fogo são o combustível, o comburente e a energia de ativação. O combustível consiste no material que fornecerá energia para a reação, sendo qualquer material capaz de entrar em

combustão. A energia de ativação, normalmente em forma de calor, consiste na quantidade de energia necessária para que ocorra a reação. O comburente consiste no elemento químico que entrará em reação química com o combustível. O oxigênio é o comburente mais comum.

Segundo a FireSafetyAdvice Centre (2001), o incêndio possui quatro estágios reconhecidos. O estágio incipiente, o estado de crescimento, o estágio desenvolvido e o estágio de decaimento. O primeiro estágio inicia quando os três elementos do triângulo do fogo são combinados e a reação química resultando no fogo inicia. Essa fase também é chamada de ignição e é geralmente representada por uma chama relativamente pequena, que geralmente apaga-se sem intervenção externa.

A transição do estágio incipiente para o de crescimento ocorre quando o fogo começa a influenciar o ambiente dentro de seu confinamento, no qual a emissão de calor pela combustão aumenta a temperatura dos materiais combustíveis em seu redor, fazendo com que esses materiais alcancem seu ponto de ignição.

No estágio desenvolvido o incêndio chegou ao seu máximo potencial, estando em seu estágio de maior temperatura. Este estágio ocorre quando todos os materiais combustíveis no local entraram em ignição. O estágio de decaimento é caracterizado pela diminuição de oxigênio para que a combustão se mantenha e a diminuição de materiais combustíveis que ainda podem entrar em combustão. Existe o risco nesta fase de ocorrer o fenômeno de backdraft, onde gases inflamáveis e produtos parciais de combustão ainda não queimados, ao entrarem em contato com uma corrente de ar devido a abertura repentina no confinamento, resulta em uma reação explosiva, que se move pelo ambiente e para fora da abertura (Weng, 2004).

### 2.3.2 Extinção de um Incêndio

Com base no princípio do triângulo do fogo, existe uma forma bastante intuitiva para se explicar o princípio da reação de combustão. Mais recentemente, o triângulo de fogo foi modificado para a figura do tetraedro de fogo, com o objetivo de incluir o comportamento do fogo. O tetraedro do fogo é composto pelos três elementos do triângulo de fogo inicial, somados com o elemento da reação em cadeia. Essa reação em cadeia fornece o calor necessário para que a reação de combustão se mantenha (TRINDADE, 2009; WALDNER, 2015).

Conclui-se que, com base no fato que para a reação química de combustão se mantenha, para que a mesma pare de ocorrer, basta remover um dos elementos descritos pelo tetraedro do fogo. Com base nesse princípio, pode-se extinguir um incêndio por resfriamento, retirando o elemento do calor do triângulo do fogo; eliminando o combustível, de forma a parar de alimentar a reação com mais material que pode reagir na combustão; por abafamento, ao criar barreiras que impeçam o contato de oxigênio ou qualquer comburente na reação de combustão.

**Figura2: Tetraedro do fogo**



**Fonte: Curso Online de Segurança do Trabalho (2013)**

### 2.3.2.1 Extinção por resfriamento

Segundo Fraga(2010), o método de resfriamento consiste em diminuir a temperatura, com o objetivo de diminuir o calor disponível. O agente extintor mais utilizado para este método é a água, pois essa possui grande capacidade de absorver calor devido ao seu calor específico e calor latente, é facilmente transportada, armazenada e manuseada.

### 2.3.2.2 Extinção por abafamento e retirada de material

Segundo Trindade(2005), o método de abafamento consiste em reduzir ou eliminar totalmente a interação entre o comburente, normalmente o ar atmosférico, da reação de combustão. Isto pode ser feito através de mantas ignífugas, areia, pós, etc. Água no estado gasoso atua como um agente extintor por abafamento, reduzindo a taxa de oxigênio disponível, e espumas produzidas com soluções aquosas diminuem a concentração de oxigênio devido ao vapor de água produzido em sua utilização, sem o risco eventual que jatos de água podem apresentar ao serem usados em combustíveis líquidos, visto que estes podem propagá-lo, espalhando o incêndio (Figueredo et al, 1998).

O método de retirada do material consiste em afastar todos os materiais inflamáveis que não entraram em ignição do local onde o fogo se iniciou, de modo que não exista mais a alimentação do incêndio.

## 2.4 DADOS ESTATÍSTICOS SOBRE INCÊNDIOS EM VEÍCULOS

A NationalFireProtectionAssociation (NFPA) vem repetidamente ao longo dos anos gerando dados e estatísticas sobre incêndios nos Estados Unidos de modo geral. No ano de 2004, os departamentos do corpo de bombeiros foram acionados para aproximadamente 297 mil eventos de incêndios em veículos, somando 1500 vítimas com ferimentos, 550 vítimas fatais e 1,3 bilhão de dólares em danos diretos de propriedade. Em comparação, no ano de 2007 foram feitos chamados para 236 mil casos de incêndios veiculares, com 1065 vítimas com ferimentos, 365 vítimas fatais e 1,5 bilhão de dólares em danos diretos a propriedade (Ahrens, 2010).

Durante o período de 2003 a 2007, veículos de estrada (Definidos como veículos destinados a serem usados em ruas, incluindo veículos de passageiros, como automóveis e motocicletas, caminhões, e veículos de carga, por exemplo. Pick-ups nessa definição são inclusos no grupo de caminhões.) foram envolvidos em 93% dos casos de incêndios veiculares, 92% das mortes e 87% das vítimas com ferimentos relacionadas a incêndios em geral, e 76% do prejuízo material direto de propriedade. Sobre os incêndios veiculares que ocorreram em veículos de estrada,

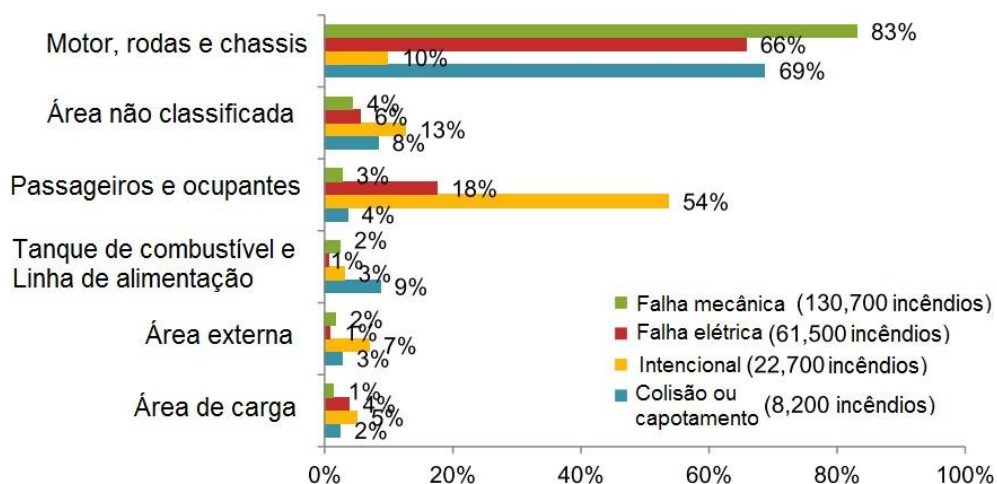


71% dos casos nessa categoria ocorreram em veículos de transporte de passageiros (Ahrens, 2010).

A proporção de vítimas fatais aponta que a causa com maior taxa de mortalidade ocorre em casos de colisões e capotamentos, sendo responsável por 58% das vítimas fatais de incêndios veiculares. Os dados apontam que incêndios veiculares resultados de colisões e capotamentos representam apenas 3% do total de casos. Nesse sentido, pode-se dizer que aproximadamente um em cada 32 casos de incêndios em veículos no qual colisão ou capotamento foi um fator de causa resultou em morte (Ahrens, 2010).

Falhas mecânicas e mal funcionamentos, como vazamentos e quebras, ou peças desgastadas, contribuíram para 49% dos casos de incêndios em veículos de estrada, com 11% das vítimas fatais reportadas no período de 2003 e 2007. Falhas elétricas foram responsáveis por 23% dos casos e menos de 1% dos casos no mesmo período. Aproximadamente dois terços dos incêndios em veículos de estrada iniciaram na região do motor, do chassi ou das rodas, sendo responsáveis por 35% das vítimas fatais e 46% das vítimas com ferimentos. Apenas 2% dos incêndios em veículos de estrada iniciaram no tanque de combustível ou na linha de alimentação, porém esses casos foram responsáveis por 18% das vítimas fatais associadas (Ahrens, 2005 e 2010).

**Figura 3: Área de origem de incêndios em veículos de estrada ocorridos no período de 2003 a 2007.**



Fonte: Adaptado de Ahrens (2010)

## 2.5 COMPORTAMENTO DO FOGO EM INCÊNDIOS VEICULARES

O estudo realizado por Smith et al (2010) foi feita uma documentação sobre experimentos que foram conduzidos em setembro de 2009 durante o programa de treinamento de investigação de explosões, incêndios criminosos e incêndios veiculares promovido pela Associação Nacional dos investigadores de incêndios. Durante este experimento, carros de tipos semelhantes foram incendiados no qual a região inicial do incêndio era a mesma. Os dados apresentados a seguir foram coletados de três conjuntos experimentais, cujas anotações foram focadas no uso de padrões para determinar o comportamento da origem dos cenários.

Os automóveis agrupados na mesma categoria são dois Audi da série A5/S5, dois Audi da série TT, dois Audi A4, três veículos Chrysler e dois Mercedes da série R. O foco do incêndio dos pares de Mercedes, Audi TT e Chrysler foram mantidos os mais próximos possíveis de modo a facilitar a reprodução de padrões. Os Audi S5 e A5 foram incendiados em lados opostos dos veículos para facilitar a comparação de incêndios externos.

No primeiro conjunto de experimentos, foram utilizados um Mercedes R500 e um R350, ambos de 2006. Eles foram incendiados a partir do estofamento ao lado do assento do motorista, próximo ao console central. O padrão do comportamento



No segundo conjunto de experimentos, foram utilizados um Audi A5 de 2008, e um Audi S5 de 2009. Eles foram incendiados inicialmente na região externa, com o Audi S5 sendo no para-choque direito frontal, e o A5 sendo incendiado no para-choque esquerdo traseiro. Com o Audi S5, notou-se que o fogo progrediu do exterior do para-choque para o compartimento do motor, e no interior do veículo, evidenciada pela oxidação e padrões radiais no capô, sendo maiores próximos ao lado do carona, com menor dano em direção ao compartimento dos passageiros. Dano no motor e nos compartimentos dos passageiros foi mínimo, demonstrando que o incêndio não se originou nesses locais. No Audi A5, notou-se que o fogo progrediu para o porta-malas e o compartimento do motor. A janela traseira no A5 sustentou mais danos no lado do carona do que no motorista. O lado dos passageiros sofreu mais dano comparado com o do motorista.

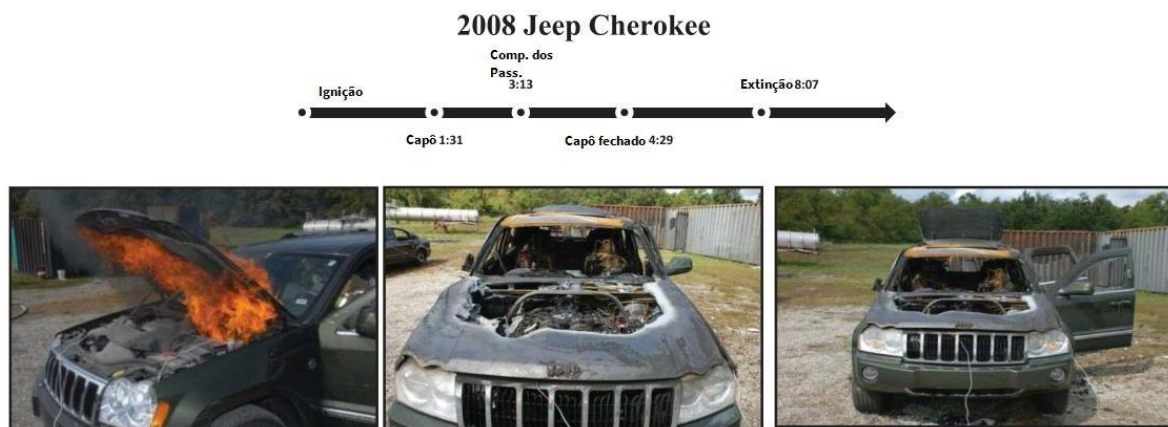
Figura 6: Dados do AudiA5 ano 2008



Fonte: Adaptado de Smith (2010)

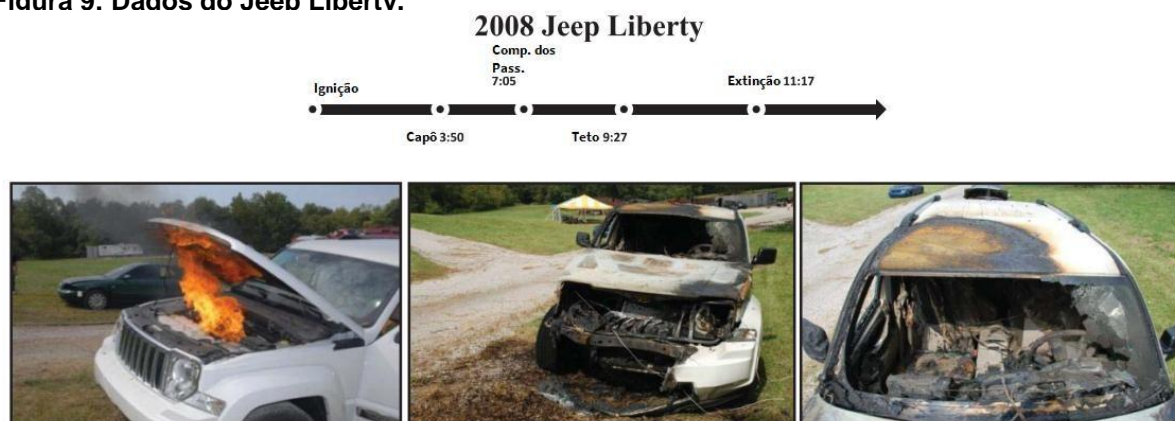


Figura 8: Dados do Jeep Cherokee.



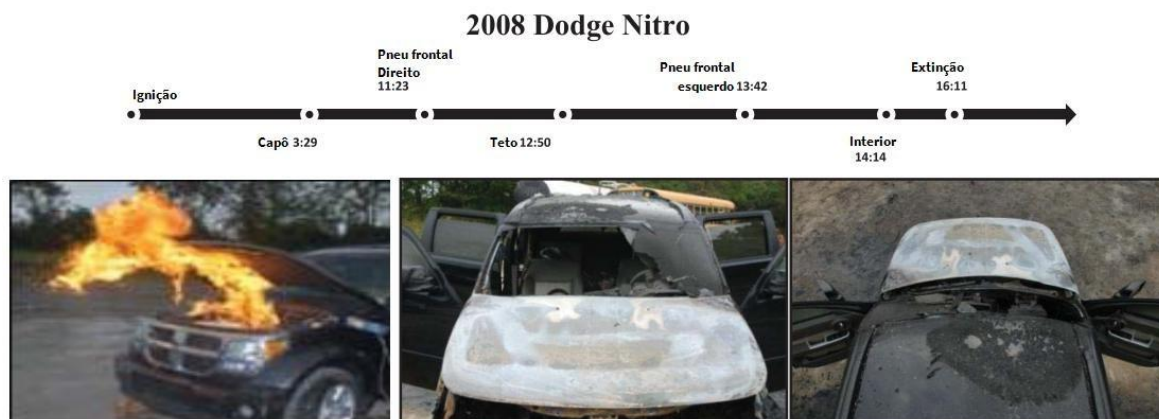
Fonte: Adaptado de Smith (2010)

Figura 9: Dados do Jeep Liberty.



Fonte: Adaptado de Smith (2010)

Figura 10: Dados do Dodge Nitro.



Fonte: Adaptado de Smith (2010)

No quarto conjunto de experimentos, foram testados dois veículos similares, dois Audi TT, sendo um de 2002 e um de 1999. Nesse conjunto, foi incendiado um pedaço de papel sobre o banco traseiro. Ambos os veículos apresentaram um padrão de incêndio característico de incêndios veiculares com início interno. Ambos os veículos perderam a janela traseira, com o para-brisa falhando no topo, caindo sobre o painel. A maior parte do dano foi encontrado no interior do veículo, característica de incêndios iniciados na região interna.

**Figura 11: Dados do Audi TT. Ano 2002.**



Fonte: Adaptado de Smith (2010)

**Figura 12: Dados do Audi TT ano 1999.**



Fonte: Adaptado de Smith (2010)

No quinto conjunto de experimentos foram utilizados dois Audi A4, datados de 2001 e 1998 respectivamente. O incêndio nesses veículos foi iniciado no piso do

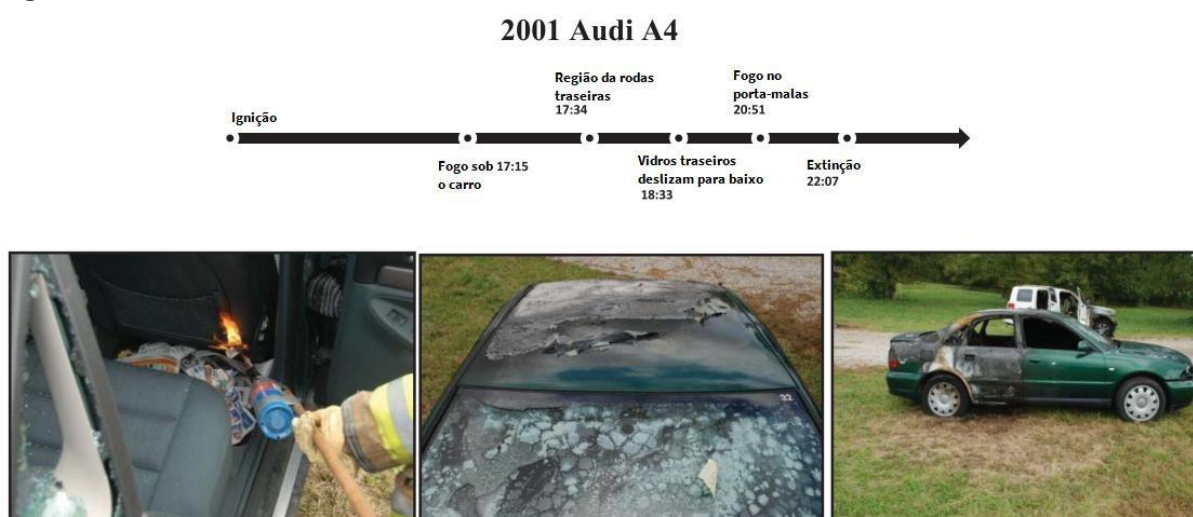
compartimento de trás dos passageiros. Padrões de oxidação puderam ser vistos no teto de ambos os veículos e nas portas traseiras. Padrões foram localizados nas portas traseiras e no porta-malas de ambos os veículos, indicativos de incêndios iniciados internamente. O para-brisa falhou apenas no topo, e nenhum tipo de dano foi localizado no compartimento do motor.

**Figura 13: Dados do Audi A4 ano 2004.**



Fonte: Adaptado de Smith (2010)

**Figura 14: Dados do Audi A4 ano 2001**



Fonte: Adaptado de Smith (2010)

Pode-se concluir devido a esses experimentos que todos os incêndios iniciados internamente são evidenciados pela falha do para-brisa na sua região



superior. Oxidação e marcas de queima radiais no capô, no teto, nas portas e no porta-malas são consistentes nos casos de incêndios iniciados internamente, externamente e dentro do compartimento do motor. Incêndios iniciados no compartimento do motor apresentam falha na região inferior do para-brisa.

### 3 OBJETIVO DO TRABALHO

Este trabalho consiste em apresentar uma proposta de melhoria de um equipamento de segurança automotiva proposto por Wichert (2015), cuja finalidade é a de detectar e extinguir princípios de incêndio de forma autônoma, e a aplicação de agente extintor no compartimento do motor. O foco do trabalho será em definir um modelo geral para um equipamento que acione um extintor de forma automatizada que possa ser usado em várias finalidades, de forma que esse acionamento seja feito em um período consideravelmente curto de tempo.

O equipamento proposto neste trabalho adicionalmente apresenta um mecanismo de acionamento do extintor aprimorado, com sua subdivisão feita em módulos, e acionamento do extintor de forma imediata após ser detectados ativação dos sensores. A validação da proposta desse trabalho foi feita na confecção de um protótipo do equipamento, no qual a idealização do mesmo foi dividido em módulos, com a escolha dos seus componentes e montagem detalhada em capítulos posteriores.

A divisão do equipamento em módulos visa auxiliar a definição dos seus componentes compostos; futuras melhorias que possam surgir em trabalhos futuros, devido definição clara de parâmetros no qual espera-se que o equipamento venha a cumprir; e adaptação dos módulos em outras finalidades que não foram tratadas nesse trabalho nas quais torna-se interessante a existência de um extintor de incêndio preparado para ser disparado de forma remota e automatizada.

Previamente ao início do trabalho no protótipo, foram realizados testes para determinar parâmetros de temperatura e de carga nos quais o equipamento estará sujeito em seu funcionamento, cujas metodologias e resultados serão descritos a seguir.

#### 3.1 – TESTES PARA DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS

Foram realizados três conjuntos de testes para definir parâmetros nos quais o equipamento deverá ser acionado e operar. Um dos testes teve como objetivo definir em qual valor a temperatura do ar estabiliza dentro do compartimento do motor em um automóvel em um ambiente urbano após alguns minutos trafegando em condições normais. O segundo teste buscou descobrir qual a força necessária que o equipamento deve exercer de forma a deslocar a alavanca do extintor em seu curso

máximo. O terceiro teste objetivou descobrir qual a temperatura em relação ao tempo em uma câmara interna com tamanho semelhante ao de um compartimento de motor de automóvel sujeita a um incêndio.

### 3.1.1 – Teste de temperatura em condições normais de uso

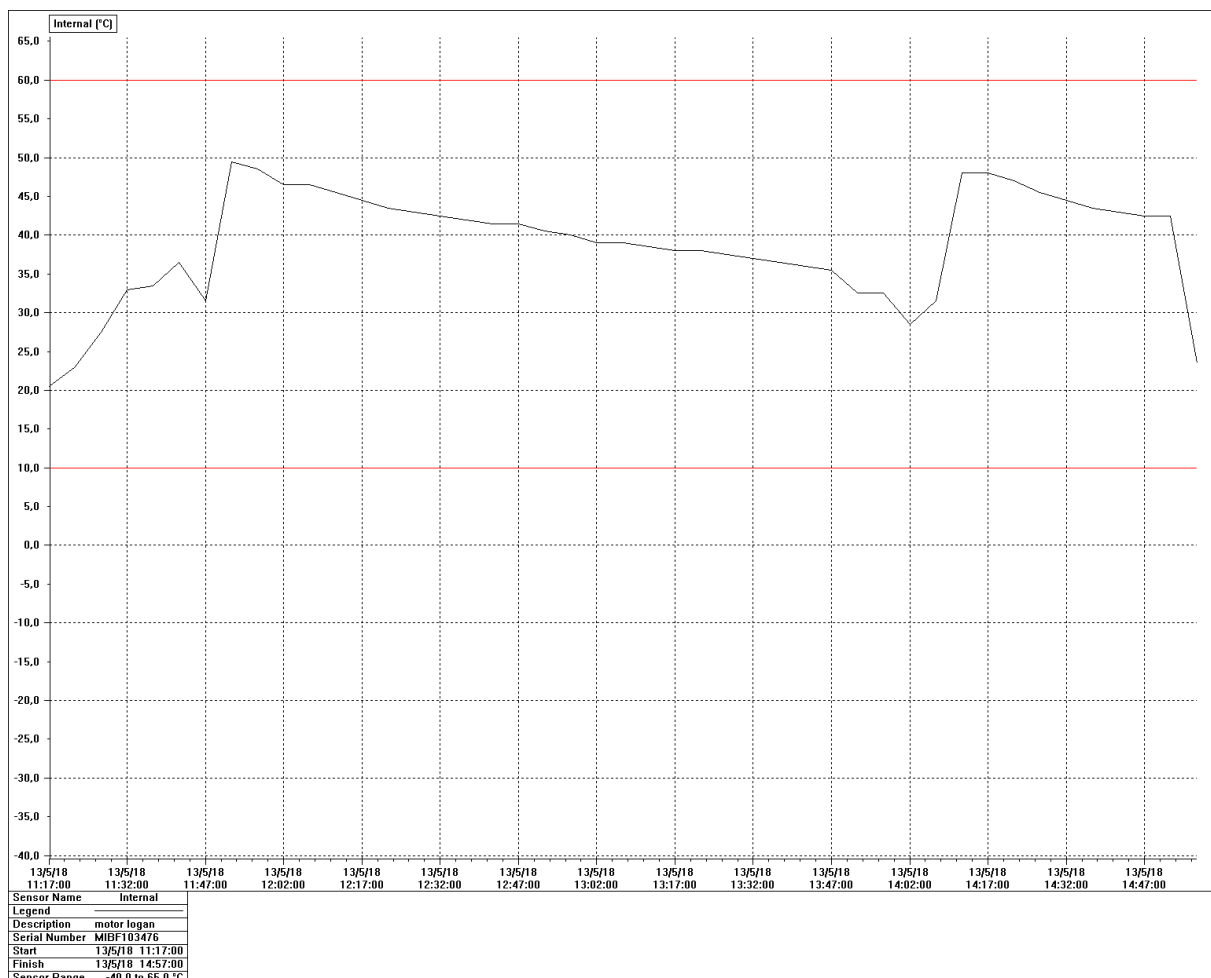
O teste foi realizado em um Renault Logan ano 2012 v1.0, sendo utilizado como medidor de temperatura um Data Logger Escort Mini. O teste foi realizado em um dia sem chuva, com temperatura de 20 °C, em dois deslocamentos de 8 km com duração de 30 minutos aproximadamente cada, feitos em um intervalo de 220 minutos. O teste teve como objetivo definir qual o valor de temperatura máximo no compartimento do motor no seu funcionamento, para definir-se qual a faixa de temperatura de operação do equipamento. Os resultados obtidos no teste foram apresentados na tabela a seguir, com as temperaturas dispostas em um diagrama. Esses dados foram obtidos através do software ESCORT Console Pro 2.12.07.

**Figura 15: Dados do Datalogger e do teste realizado**

Número Serial do Data Logger	MIBF103476
Descrição	Motor Renault Logan 1.0
Início	13/5/2018 11:17
Final	13/5/2018 14:57
Intervalo entre Leituras	5 Minutes
Quantidade de Leituras	45 (220 Minutes)
Faixa ativa	-40,0 até 65,0 °C
Especificação	10,0 até 60,0 C
Média	38.9 °C
Ponto mais alto	49.5 °C
Ponto mais baixo	20.5 °C
Pontos fora da especificação	Nenhum

**Fonte: Autoria própria.**

**Figura 16: Diagrama da temperatura registrada pelo Datalogger em função do tempo.**



**Fonte: Autoria Própria.**

Conclui-se pelos dados acima que a temperatura máxima do compartimento do motor ocorre nos momentos de partida do motor, no qual o valor máximo atingido próximo a 49 °C, ocorrendo redução gradual da temperatura conforme o uso do automóvel. Nota-se dois picos de aumento de temperatura no diagrama, que estão relacionados nos momentos iniciais de ambos os trajetos percorridos durante o teste. No intervalo entre ambos os deslocamentos o automóvel ficou estacionado sob o sol. Após o segundo deslocamento, nota-se que a temperatura estabilizou por volta de 43 °C no final do percurso, e ocorreu uma queda brusca de temperatura devido ao automóvel ser estacionado em local coberto. Como o compartimento do motor em nenhum momento ultrapassou 50 °C durante o teste, sendo esta temperatura dentro da faixa de operação do extintor de incêndio, conclui-se que pode-se colocar o extintor de incêndio com o equipamento dentro do compartimento do automóvel.

Para este automóvel nessas condições de operação, é confiável para os sensores de temperatura do equipamento serem configurados para acionarem o

equipamento caso seja feita uma leitura de 95 °C, sendo essa temperatura 90% mais alta do que a temperatura máxima obtida dentro do compartimento do motor em condições normais de operação.

### 3.1.2 – Teste de carga da alavanca do extintor

O teste foi realizado em um extintor de incêndio sem carga do tipo ABC com modelo de 3" ½' polegadas. Para medição dos dados foi utilizada uma balança eletrônica Triunfo de 15 Kg Dst-15.

Na realização do teste foi posicionado o extintor sobre a balança na posição vertical, e em seguida zerou-se a balança para não ocorrer a leitura do próprio peso do extintor. Em seguida aplicou-se uma carga sobre a alavanca do extintor de modo a deslocar todo o seu curso, e com a alavanca totalmente pressionada, fez-se a leitura do peso indicado na balança. Esse procedimento foi repetido 3 vezes, com os resultados obtidos abaixo.

- Teste 1: Carga de 2,410 Kg.
- Teste 2: Carga de 2,390 Kg.
- Teste 3: Carga de 3,050 Kg.

Após a realização do teste, concluiu-se que a carga necessária para pressionar a alavanca do extintor completamente é de 2,380 Kg de peso em média, equivalendo a aproximadamente 23,28 Newton de força. A alavanca teve um deslocamento de 15 mm no sentido vertical durante o experimento

#### 4 – EQUIPAMENTO DE ACIONAMENTO AUTOMÁTICO DO EXTINTOR

Nos testes citados anteriormente, concluiu-se que a temperatura no qual o equipamento estará sujeito em condições normais de funcionamento é de aproximadamente 43 °C, nos quais valores de temperaturas acima dessa faixa podem ser indicativo de um princípio de incêndio no compartimento do motor.

Ao ser detectado esse aumento de temperatura através de sensores, o equipamento deve ser capaz de imprimir uma força superior à 2,6 kgf sobre a alavanca do extintor posicionado dentro do compartimento do motor, a fim de que ocorra a extinção de um princípio de incêndio a fim de evitar propagação do fogo, gerando grandes prejuízos. Em testes realizados com o protótipo com um extintor com carga, observou-se que o extintor leva menos de 15 segundos para expelir totalmente a sua carga. Nesse sentido, o equipamento é projetado para utilizar toda a carga antes de ser rearmado para ser utilizado novamente, sem necessidade de um mecanismo que cessará a força aplicada sobre a alavanca do extintor.

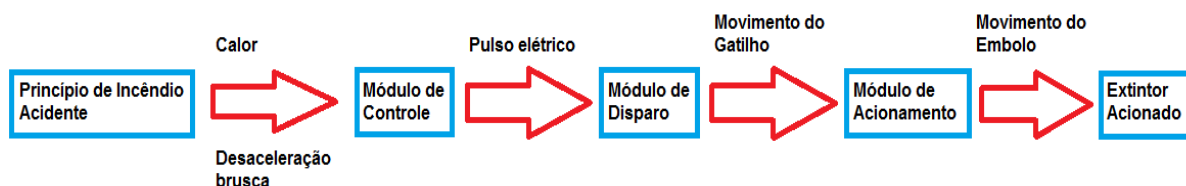
O equipamento proposto nesse trabalho consiste em 3 equipamentos separados com funções distintas, que serão chamados de módulos. Estes são descritos como módulo de **disparo**, módulo de **acionamento** e módulo de **controle**.

O módulo de acionamento consiste em um mecanismo que deslocará a alavanca do extintor aplicando a força de acionamento necessária de modo a aplicar o agente extintor em um eventual incêndio no compartimento do motor. Esse módulo aciona o agente extintor.

O módulo de disparo consiste em um mecanismo que receberá um sinal elétrico do módulo de controle e liberará o movimento do módulo de acionamento por meio de um gatilho, que disparará o módulo de acionamento.

O módulo de controle é composto de vários sensores que detectarão valores de temperatura e outros parâmetros que indicam a presença de um possível incêndio no compartimento do motor ou colisão automotiva, chamados de *inputs*, e componentes eletrônicos cuja função é a de mandar um pulso elétrico para o módulo de acionamento. Esse módulo equivale ao cérebro do equipamento.

Figura 17: Diagrama demonstrando toda a sequência de ações realizadas pelo equipamento de forma geral.



Fonte: Autoria própria.

#### 4.1 – MÓDULO DE ACIONAMENTO

Como descrito anteriormente, o módulo de acionamento representa o mecanismo responsável por acionar a alavanca do extintor através da aplicação de uma força sobre a mesma. No mecanismo proposto neste trabalho, essa carga de ativação é resultante da energia potencial elástica produzida por um par de molas fixado a um êmbolo acionador.

Fotografia 1: Módulo de Acionamento.



Fonte: Autoria Própria.

Os componentes do módulo de disparo são listados a seguir.

**Estojo Guia:** Consiste em uma peça retangular aberta com um par de furos no seu sentido longitudinal que servem de guia para o êmbolo acionador, um par de furos destinados a fixação do módulo de disparo no corpo do equipamento e uma família de furos destinados a fixação do parafuso de fixação do sistema de molas. As etapas envolvendo a sua confecção serão citados no capítulo a seguir.

**Fotografia2: Estojo guia.**



**Fonte: Autoria Própria.**

**Êmbolo acionador:** Composto de uma barra soldada em formato de “T” cuja função é transmitir a força do sistema de molas para a alavanca do extintor. Possui furos para colocação de contra pinos de fim de curso para o êmbolo e segurança do sistema de molas. As etapas envolvendo a sua confecção serão citados no capítulo a seguir.



**Fotografia 3: Êmbolo acionador.**



**Fonte: Autoria própria.**

Sistema de molas: O sistema de molas consiste em um par de molas de tração cujas extremidades são ligadas ao êmbolo acionador e no parafuso de fixação.

**Fotografia 4: Sistema de molas.**



**Fonte: Autoria própria.**

## 4.2 – MÓDULO DE DISPARO

O módulo de disparo tem como função limitar e impedir fisicamente o movimento do módulo de acionamento enquanto não ser enviado um sinal partindo do módulo de controle para o módulo de disparo. Esse módulo é composto por dois componentes propostos nesse trabalho, que serão listados em sequência.

**Fotografia 5: Módulo de Disparo.**



**Fonte: Autoria própria.**

Núcleo e Gatilho rosqueados: Feito a partir do par de duas peças, os quais são um cilindro maciço de ferro com uma rosca interna não passante, e um parafuso com cabeça soldada com um segmento de barra de ferro quadrada. As etapas envolvendo a sua confecção serão citados no capítulo a seguir.

**Fotografia 6: Núcleo e Gatilhos Rosqueados.**



**Fonte: Autoria própria.**

Chave magnética: Componente elétrico gerador de campo magnético capaz de realizar força suficiente para puxar o gatilho para seu interior ao ser aplicado uma corrente elétrica no mesmo. O Componente escolhido para este trabalho foi um solenoide utilizado no motor de partida de automóveis.

**Fotografia 7: Chavemagnética.**



**Fonte: Autoria Própria.**

### 4.3 – MÓDULO DE CONTROLE

O Módulo de Controle foi feito com base no princípio que o mesmo deve atuar como uma interface entre os sensores do equipamento e o restante dos módulos do equipamento. Esse módulo é composto pelos dispositivos eletrônicos que interpretam os sinais dos sensores instalados no veículo, enviando um sinal elétrico para os módulos posteriores de forma adequada. Nesse tópico serão citados os componentes eletrônicos principais de modo geral para que o Módulo de controle funcione como esperado. A montagem do circuito eletrônico e os componentes escolhidos para o funcionamento dos componentes citados nesse subtópico será descrita no capítulo a seguir.

1. Fonte de alimentação: Equipamento cuja função é a de fornecer carga elétrica para todos os componentes elétricos do módulo de Controle, sensores, e outros componentes elétricos do equipamento, sendo esta devendo ser escolhida de acordo com os valores de tensão e corrente requisitados pelos demais componentes.
2. Componente eletrônico: Esse componente é responsável por interpretar os pulsos digitais ou analógicos enviados pelos sensores do equipamento, e com base nos mesmos, enviar um pulso elétrico para um interruptor eletromecânico responsável em acionar os módulos seguintes.
3. Interruptor Eletromecânico: Sendo esse normalmente um Relé, a função desse componente é a de permitir a passagem de corrente elétrica para o acionamento da Chave magnética do Módulo de Disparo, e de servir como uma interface entre os componentes mais sensíveis do Módulo de controle, que operam com baixa tensão, com o restante do circuito eletrônico que opera em uma tensão maior.

## **5 ETAPAS DE FABRICAÇÃO DO EQUIPAMENTO E SEUS COMPONENTES**

Neste capítulo será demonstrado quais processos de fabricação que foram utilizados para a confecção dos componentes necessários para a montagem do equipamento. Durante a fabricação dos módulos, notou-se que certos componentes em específico necessitaram de componentes auxiliares para que os mesmos desempenhassem a sua função de forma satisfatória. A esses componentes auxiliares será dado o nome de subcomponentes. Os processos de fabricação mais utilizados e as máquinas utilizadas para a sua realização serão apresentadas abaixo. Nos subcapítulos seguintes serão citados para cada componente o processo de fabricação e suas dimensões adotadas.

### **5.1 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO GERAIS**

Furação: Foi utilizada uma Furadeira de bancada Schulz Fsb 5/8 0,5 HP. Para cada furo foi utilizada uma broca helicoidal de aço rápido com diâmetro equivalente ao do furo respectivo. Em seguida para o processo de acabamento do furo chamado de escareamento, foi utilizada uma broca com diâmetro 30% maior em média.

**Fotografia 8: Furadeira**



**Fonte: A autoria própria.**

Soldagem: Para o processo de união de chapas por soldagem, foram utilizados dois equipamentos. Na solda por eletrodo, foi utilizado a Máquina de solda elétrica Bambozzi 250 nm Turbo, e no processo de solda ponto, foi utilizada a Ponteadeira elétrica manual Sigel XP1.

Fotografia 9: Máquina de solda elétrica.



Fonte: Autoria própria.

Fotografia 10: Ponteadeira elétrica.



Fonte: Autoria própria.

Dobragem: No processo de dobragem realizado em chapas, foi utilizado uma dobradeira manual caseira. Todas as dobras possuem ângulos retos, e para medição do ângulo de dobra, foi utilizado um esquadro metálico de 90 graus.

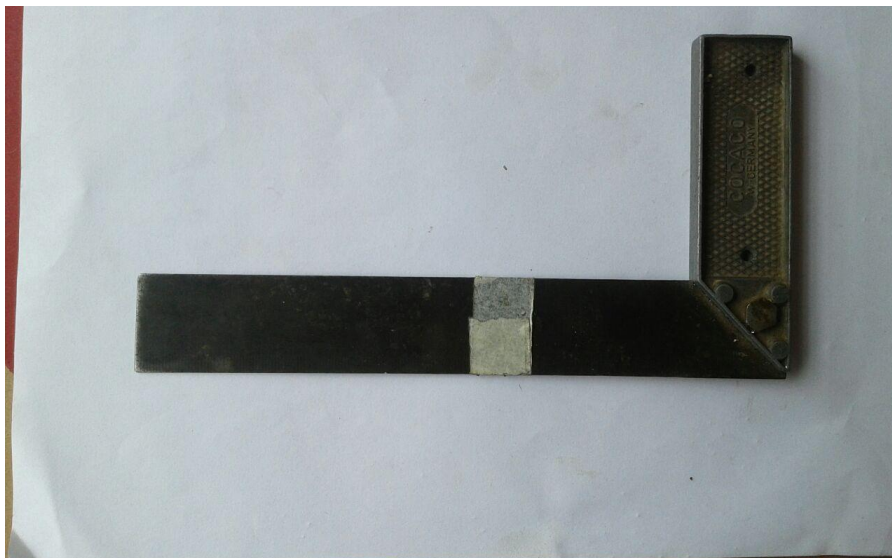
**Fotografia 11: Dobradeira manual.**



**Fonte: Autoria própria.**



**Fotografia 12: Esquadro metálico**

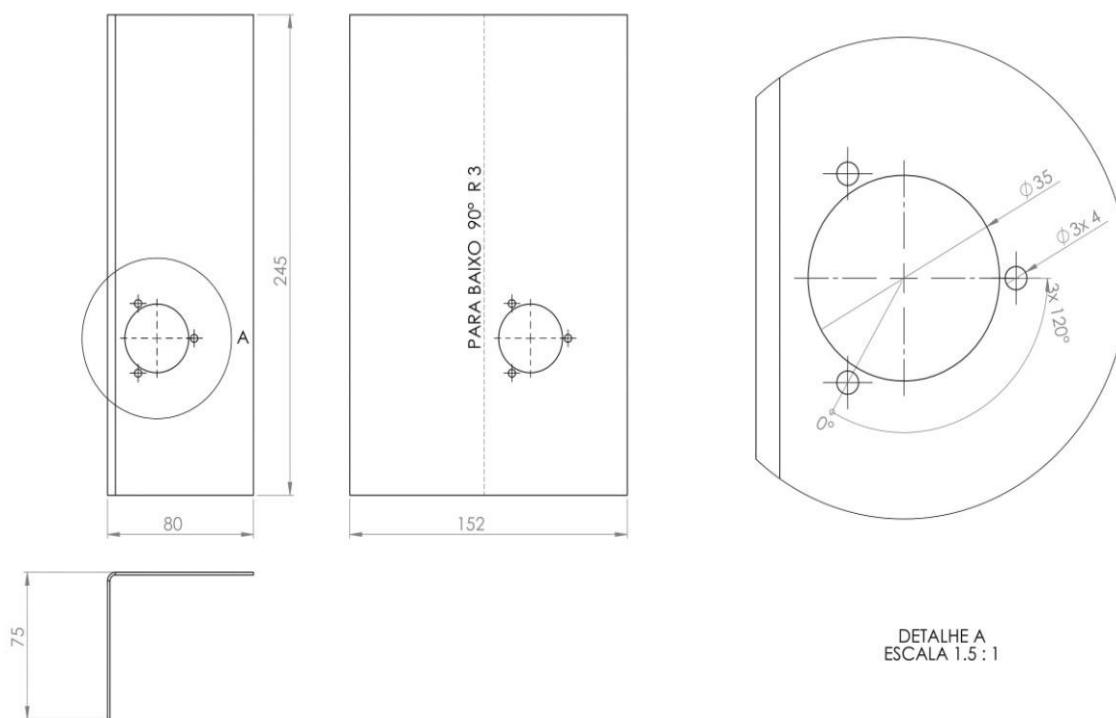


**Fonte: Autoria própria.**

## 5.2 – FABRICAÇÃO DAS CHAPAS ESTRUTURAIS

Foram trabalhadas dois grupos de chapas de ferro e aço. O primeiro grupo foi feito a partir de duas chapas de ferro galvanizados onde foram realizados processos de dobragem seguidos de furação. A seguir serão mostrados os processos relacionados a Chapa principal.

**Figura 18: Desenho da Chapa principal**



**Fonte: Autoria própria.**

A chapa principal, foi feita com o objetivo de fixar os três módulos do equipamento, onde este foi feito a partir de furos nas chapas.

**Fotografia 13: Chapa principal antes de receber os furos.**



**Fonte: Autoria própria.**

Os furos com objetivo de sustentar o módulo de disparo foram detalhados na figura a seguir. Em seguida foram feitos furos para fixar os parafusos da chave magnética, apresentados na figura abaixo.

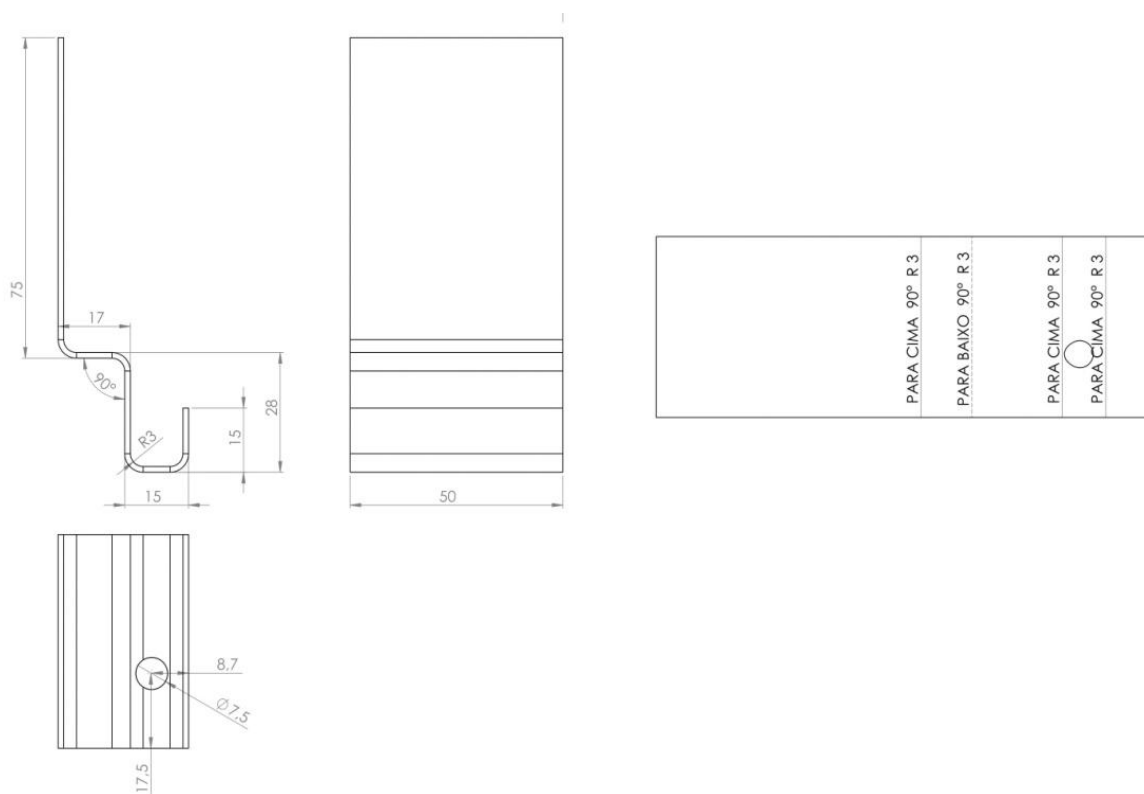
**Fotografia 14: Furação inicial do furo de suporte do módulo de disparo.**



**Fonte: Autoria própria.**

A segunda chapa, chamada de Suporte do gatilho, foi feita com o objetivo de eliminar uma força de momento gerada pelas molas do módulo de acionamento sobre o solenoide e o gatilho no módulo de disparo. Essa força gerava por consequência forças de atrito excessivas entre o componente do gatilho e a chave magnética, cuja intensidade era superior à da força gerada pela chave magnética em testes preliminares. O furo nessa chapa consiste em um furo simples, com o objetivo de servir como um guia para o movimento do êmbolo do módulo de acionamento.

**Figura 19: Desenho da Chapa de suporte do gatilho.**



Fonte: Autoria própria.

**Fotografia 15: Chapas principais e de suporte do gatilho com as furações.**



Fonte: Autoria própria.

**Fotografia 16: Chapa de Suporte do gatilho com foco sobre a concentricidade do ponto de apoio da Chapa de Suporte e o furo de apoio do Módulo de Acionamento.**



**Fonte: Autoria própria.**

O Segundo grupo de chapas estruturais consiste em uma base retangular de aço comum, com objetivo de servir de sustentação para todo o protótipo, e uma coluna feita em um tubo de aço comum do tipo metalon com seção oval com 340 mm de altura, cujo objetivo é de fixar e suportar o extintor. A fixação entre a chapa base e a coluna foi feito através de um processo de soldagem por eletrodo.

**Fotografia 17: Chapas de base com um extintor fixado na coluna por meio de um par de abraçadeiras.**



**Fonte: Autoria própria.**

A união entre os dois grupos de chapas estruturais foi feita por meio de um corte na coluna com o auxílio de uma serra bimetal manual, com profundidade de 50 mm, no qual as chapas foram fixadas conforme a figura abaixo. Em seguida, foi feito um processo de soldagem por eletrodo para fixação permanente de ambos os grupos, como demonstrado na figura a seguir.

**Fotografia 18: Todas as chapas estruturais unidas por solda de eletrodo entre a coluna e a Chapa Principal, sem os módulos do protótipo instalados.**



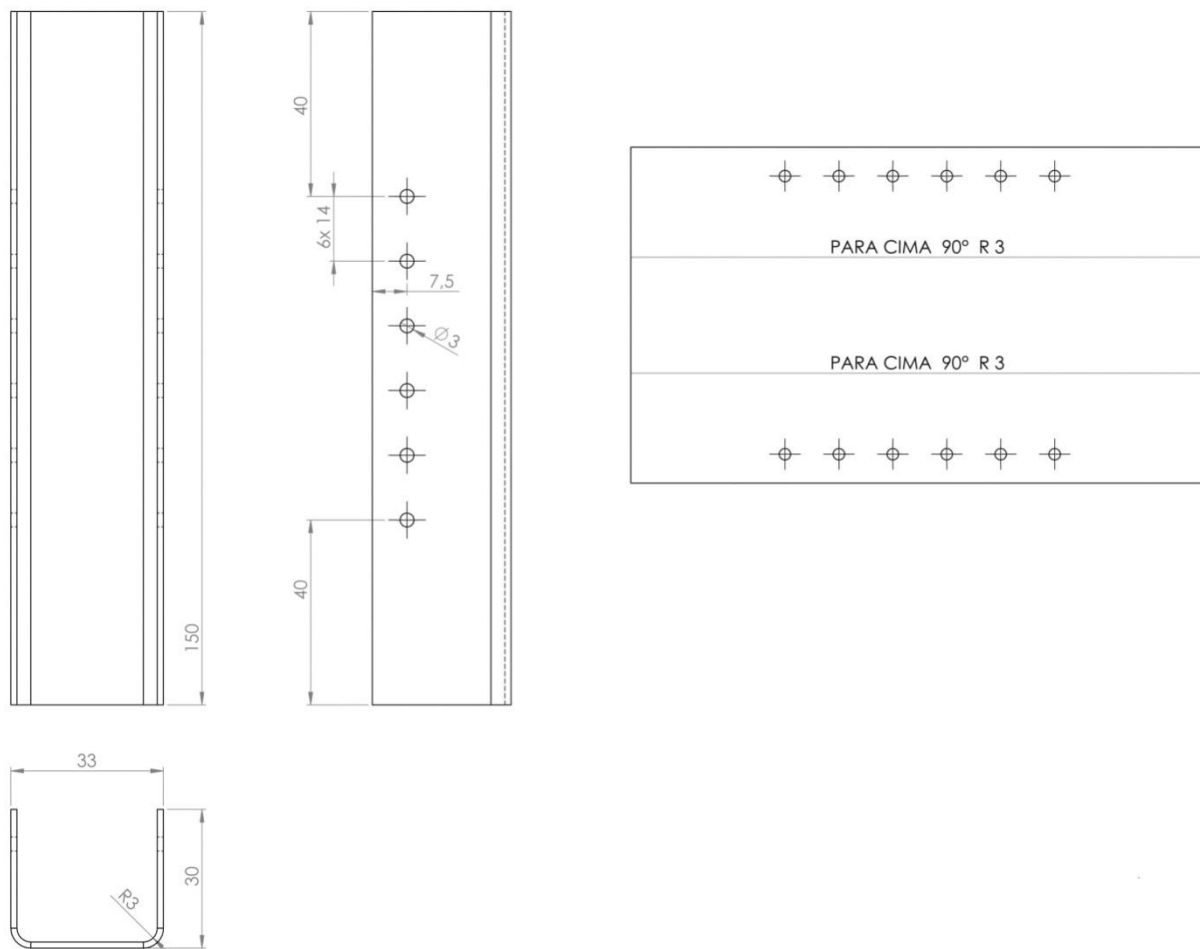
**Fonte: Autoria própria.**

### 5.3 – COMPONENTES DO MÓDULO DE ACIONAMENTO

Conforme descrito em capítulos anteriores, o módulo de acionamento consiste em um estojo aberto, onde o embolo de acionamento fica confinado em conjunto com o sistema de molas. As etapas para a fabricação desses componentes será citada a seguir. As peças do sistema de molas foram adquiridas a parte, sendo essas apenas citados as suas dimensões.

#### 5.3.1 – Estojo

O Estojo do módulo, cuja função é a de guiar o movimento do embolo e fixar o suporte do sistema de molas, foi feito a partir de dois modelos de chapas de aço comum. A seguir será mostrado uma figura do desenho da Chapa de corpo do Estojo guia.

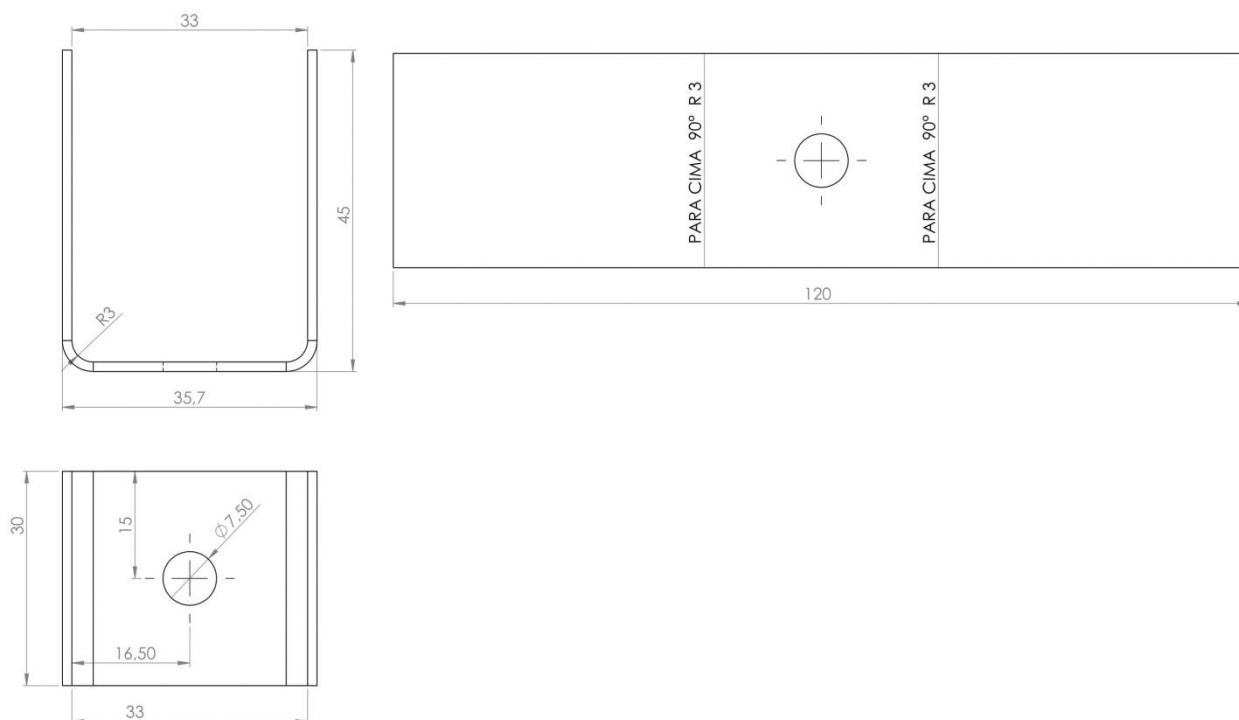
**Figura 20: Desenho do corpo do Estojo.**

**Fonte: Autoria própria.**

Para as extremidades do Estojo, foram feitas duas chapas iguais, menores que a Chapa longitudinal. O desenho delas é mostrado a seguir.



Figura 21: Desenho das extremidades do estojo.



Fonte: Autoria própria.

Para a confecção do estojo, foram utilizadas uma peça da primeira chapa, e duas peças da segunda chapa. Em suas confecções, foi feito um processo de dobragem nos locais indicados, seguidos por processos de furação. Para união das três chapas foi utilizado um processo de solda ponto. As figuras a seguir representam as três chapas após o processo de dobragem, e o estojo após a solda com os furos guia do embolo.

**Fotografia 19: As três chapas utilizadas no estojo.**



Fonte: A autoria própria.

**Fotografia 20: Estojo guia com suas três chapas soldadas.**



Fonte: A autoria própria.

### 5.3.2 – Sistema de Molas

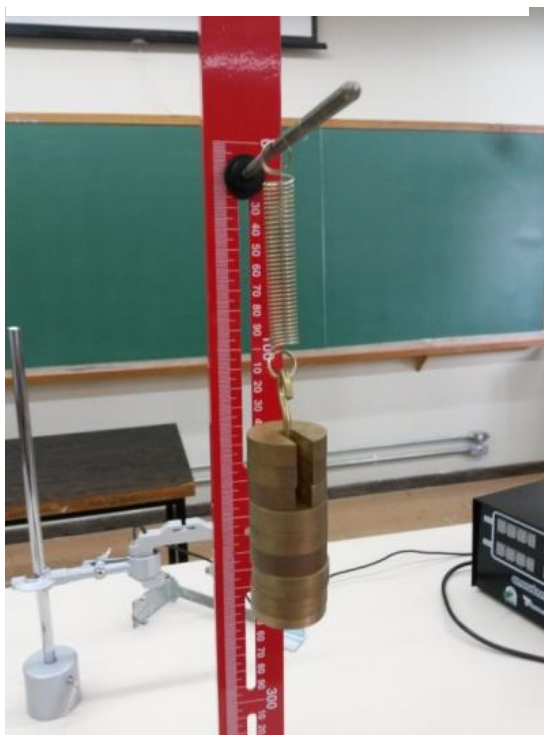
O sistema de molas para o protótipo foi composto de um parafuso preso por um par de arruelas e uma porca para a fixação das molas no estojo, cuja ordem é demonstrada na figura a seguir. O parafuso possui comprimento de 50 mm, cuja rosca têm 3 mm de diâmetro. Para as molas, foram utilizadas duas molas

trabalhando em paralelo, com massa de 6,7 gramas, comprimento das espiras de 34 mm, diâmetro de fio de 0,9 mm e diâmetro externo de 11,7 mm.

Foram feitos vários experimentos com o par de molas usadas no protótipo para que sejam determinados os valores das constantes elásticas dessas molas. Estes experimentos foram realizados no laboratório de Física I, sala K-110 na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no campus Ponta Grossa. Ambas as molas possuem dimensões iguais citadas anteriormente.

Para determinar as constantes elásticas, foram feitos dois experimentos, onde o primeiro teste foi feito baseado na Lei de Hooke, e o segundo experimento foi feito com base no sistema de massa e mola sobre o efeito de vibrações livres.

**Fotografia 21: Mola única pendurada com um peso.**



**Fonte: Autoria própria.**

Foi utilizada uma balança digital milesimal BEL M503 para realizar as medições das massas utilizadas.

Fotografia 22: Balança milesimal.



Fonte: Autoria própria.

No experimento baseado na Lei de Hooke, pendurou-se em um suporte metálico graduado, no qual em seguida colocou-se uma massa definida e mediu-se a deformação da mola com o auxílio de uma régua graduada.

O procedimento foi feito para ambas as molas, no qual foram utilizadas três massas diferentes. Em seguida, foi calculado o valor da constante elástica da mola através da Lei de Hooke  $F_{\text{peso}} = K \times \Delta x$  onde  $K$  é a constante elástica e  $\Delta x$  é a deformação da mola. Como ambas as molas são idênticas, fez-se a média de todos os valores de  $K$  obtidos. Os dados deste experimento foram colocados na tabela a seguir.

**Tabela 1: Dados do experimento da Lei de Hooke para mola única**

Massa (Kg)	Deformação das Molas (mm)		Constante elástica K (N/m)	
	Mola 1	Mola 2	Mola 1	Mola 2
0,451	25	26	176,97	170,17
0,501	32	30	153,59	163,83
0,551	36	35	150,15	154,44
		K Médio	161,52	

Fonte: Autoria própria.

Para o segundo experimento, feito como forma de validar o experimento pela Lei de Hooke, considerou-se a massa e a mola como um sistema dinâmico sob o efeito de vibrações livres. A mola e sua massa definida foram posicionadas no suporte metálico da mesma maneira no qual foi executado no primeiro experimento. Para o valor da massa do sistema foi considerado a massa da própria mola. Em seguida, puxou-se a massa verticalmente para baixo, e no instante em que o sistema foi liberado, iniciou-se a contagem do período de um número definido de oscilações com o auxílio de um cronômetro. Como ambas as molas são idênticas, foi utilizada a mesma massa para ambas as molas. Para um sistema dinâmico, a segunda lei de Newton pode ser descrita da forma  $F = m\ddot{x} = -kx$  onde sua solução é  $x = X\cos(\omega_n t)$  no qual a frequência de oscilação natural do sistema é dado por  $\omega_n = 2\pi/T = \sqrt{k/m}$  onde  $\omega_n$  é a frequência natural do sistema e T é o período da oscilação. Os dados deste experimento foram representados na tabela abaixo.

**Tabela 2: Dados do experimento de vibrações livres para mola única.**

Massa do Sistema da Mola 1 (g)	557,7		
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
Nº de oscilações	20	20	30
Tempo (s)	7,56	7,72	11,18
Período (T)	0,38	0,39	0,37
Constante Elástica (N/m)	154,08	147,76	158,52

Massa do Sistema da Mola 2 (g)	557,7		
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
Nº de oscilações	20	20	20
Tempo (s)	7,45	7,72	7,58
Período (T)	0,37	0,39	0,38
Constante Elástica (N/m)	158,67	147,76	153,27

K médio (N/m)	153,23
---------------	--------

**Fonte: Autoria própria.**

Através de ambos os experimentos, pode-se notar que os valores da constante elástica para ambas as molas ficou próximo. Considera-se que o valor da constante elástica para cada mola é aproximadamente 157,4 N/m.

O sistema de molas adotado no protótipo utilizará as molas do experimento em paralelo, portanto a constante elástica desse sistema consiste no somatório do valor da constante elástica de ambas as molas. Para validar essa afirmação, foi feito ambos os experimentos com as duas molas em paralelo.

**Fotografia 23: Sistema de molas idênticas paralelas penduradas com peso.**



Fonte: Autoria própria.

Os dados de ambos os experimentos são mostrados na tabela abaixo.

**Tabela 3: Dados dos experimentos repetidos para o sistema de molas em paralelo.**

Experimento 1: Lei de Hooke		Experimento 2: Vibrações Livres		
Massa do peso utilizado (g)	926,2	Massa do Sistema de molas (g)	921,6	
Deformação das Molas (mm)	28			
Constante elástica K (N/m)	324,50			
		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
Nº de oscilações		20	20	40
Tempo (s)		6,8	6,75	14,43
Período (T)		0,34	0,34	0,36
Constante Elástica (N/m)		314,72	319,40	279,55
Constante Elástica média (N/m)		304,55		

**Fonte: Autoria própria.**

Com base em ambos os experimentos, considera-se que a constante elástica média do sistema com ambas as molas em paralelo utilizado no protótipo é de 314,53 N/m. Esse valor é muito próximo do dobro do valor da constante elástica de cada mola separadamente, portanto esse valor é adequado para ser considerado no protótipo.

### 5.3.3 Embolo

O embolo foi feito a partir de uma barra cilíndrica com 6,5 mm de diâmetro em formato de “T”, conforme mostrado a seguir. O comprimento da cabeça possui 80 mm, enquanto o comprimento do corpo possui 240 mm.

## 5.4 – COMPONENTES DO MÓDULO DE DISPARO

De acordo com descrições prévias, o módulo de disparo consiste em uma chave magnética e um gatilho rosqueado, cuja função é liberar o avanço do embolo do módulo de acionamento caso o equipamento seja acionado. Sua fabricação será descrita a seguir.

#### 5.4.1 – Chave magnética

No protótipo feito para esse trabalho, a chave magnética escolhida foi um solenóide de partida Bosch modelo 02A911287A.

**Fotografia 24: Solenóide de partida.**



**Fonte: Autoria própria.**

#### 5.4.2 – Núcleo com gatilho rosqueado

Para a confecção da peça que irá ser puxada pela chave magnética, foram confeccionados dois componentes, chamados de Núcleo e Gatilho rosqueados. O núcleo foi feito a partir de uma peça de aço comum no qual foi feito um processo de torneamento, com desbaste e faceamento. Em seguida foi realizado um furo não passante concêntrico com sua seção longitudinal, para em seguida ser realizado um rosqueamento com macho manual.

Foi utilizado um Torno Nardini Mascote MS-175, localizado no Laboratório de Usinagem da UTFPR – Ponta Grossa.



**Fotografia 25: Torno mecânico.**



**Fonte: Autoria própria.**

Para o rosqueamento foi utilizado um Macho manual de Aço Carbono com 6 mm de diâmetro de rosca.

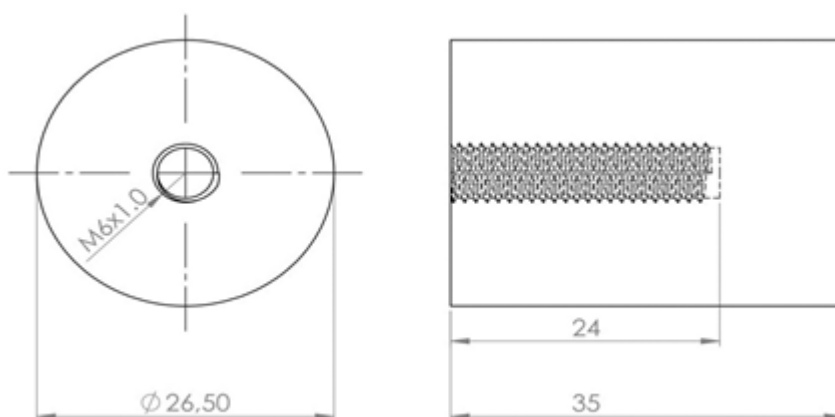
**Fotografia 26: Macho manual.**



**Fonte: Autoria própria.**

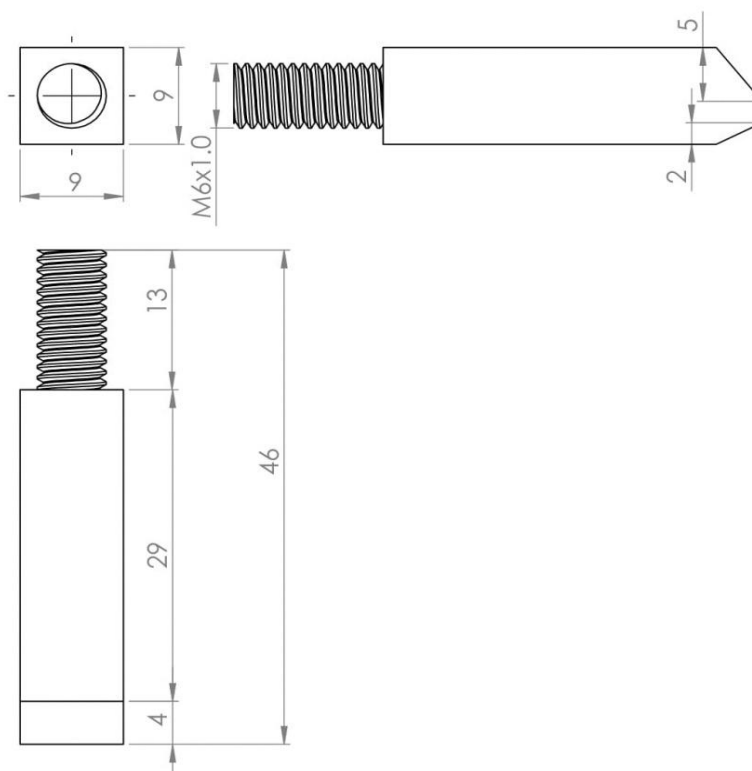
As dimensões do Núcleo e Gatilho rosqueados são encontradas nas figuras a seguir.

**Figura 22: Desenho do Núcleo e Gatilho rosqueados.**



Fonte: Autoria própria.

**Figura 23: Desenho do Gatilho rosqueado.**



Fonte: Autoria própria.

O gatilho rosqueado foi feito a partir de um parafuso, cuja cabeça foi unida através de um processo de soldagem com eletrodo em um segmento de barra com seção quadrada. Para atingir as dimensões escolhidas, foi realizado um processo de esmerilhamento em um esmeril de rebolo de modelo tal, de posse própria. Por final foi feito um furo passante para inserção de um contra pino com objetivo de servir como fim de curso para o deslocamento do Gatilho.

**Fotografia 27: Núcleo e Gatilho rosqueados.**



Fonte: Autoria própria.

**Fotografia 28: Módulo de disparo inteiro.**

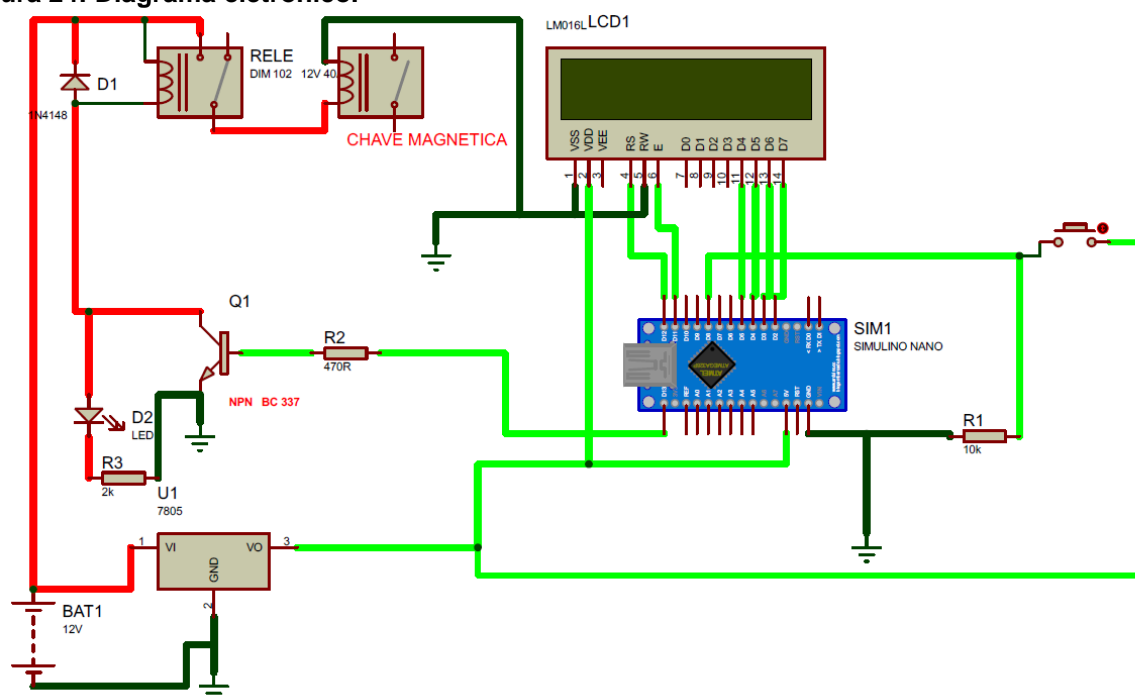


Fonte: Autoria própria.

## 5.5 COMPONENTES DO MÓDULO DE CONTROLE

Para a criação do Módulo de Controle, foi feito inicialmente um diagrama elétrico demonstrado na figura abaixo com o software Proteus 8 Professional 8.6. Esse diagrama tem como objetivo definir os componentes eletrônicos, ou o conjunto deles, responsáveis por cumprir o papel dos componentes gerais descritos no capítulo anterior.

Figura 24: Diagrama eletrônico.



Fonte: Autoria própria.

No diagrama representado acima, os fios em vermelho representam a parte do circuito alimentada com 12 V, enquanto os fios em verde correspondem a parte do circuito de 5 V. Os fios em verde-escuro representam o aterramento.

A BAT1 representa a fonte de alimentação utilizada no protótipo, sendo essa uma fonte de modelo TAL. O componente U1 representa um regulador de tensão lm7805 responsável por rebaixar a tensão de 12 V para 5 V. A chave de contato com a resistência R1 de 10k $\Omega$  representam os sensores utilizados no equipamento. O componente eletrônico foi feito a partir de um microcontrolador Arduino NANO V3.0 e um Display LCD LM016L. Sua ligação com o Arduino é demonstrada no diagrama.

O Interruptor Eletromecânico é composto por um Relé modelo Dni102, sendo esse o acionador da Chave magnética do Módulo de disparo. Para que o relé seja acionado, foi colocado no circuito um Transistor NPN BC337 com um Diodo 1N4148 para sua proteção. Os componentes D2 representam um Led, com a sua resistência R3 com valor de 2k $\Omega$  cuja função é a de sinalizar que o protótipo está energizado.

Para a operação lógica do Arduino, foi feita uma programação através do software Arduino 1.6.9. As linhas de código são mostradas na figura a seguir.

**Fotografia 29: Captura de tela contendo código fonte utilizado.**



```

autodisparo_final | Arduino 1.6.9
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

autodisparo_final

//Autor: Felipe Wichert
#include <LiquidCrystal.h> //Carrega a biblioteca LiquidCrystal
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); //Define os pinos que serão utilizados para ligação ao display
const int ledPin = 13; // cria uma constante com o numero do pino ligado ao LED
const int inputPin = 8; //cria uma constante com o numero do pino conectado a tecla
int z=0;
void setup(){
    lcd.begin(16, 2); //Define o número de colunas e linhas do LCD
    pinMode(ledPin, OUTPUT); //DECLARA O PINO DO LED COMO SAIDA
    pinMode(inputPin, INPUT); //DECLARA O PINO DE TECLA COMO ENTRADA CONTATO NORMAL FECHADO
}
void loop(){
    int val = digitalRead(inputPin); // LE O VALOR NA ENTRADA
    if (val==LOW && z==0){ //seo valor esta em zero tecla pressionada
        digitalWrite(ledPin,HIGH); //liga LED indicando tecla pressionada
        z=1;
        delay(1000);
    }else{
        digitalWrite(ledPin,LOW); //desliga LED indicando tecla solta
    }
    delay(100);
    lcd.clear(); //Limpa a tela do lcd
    lcd.setCursor(1, 0); //Posiciona o cursor na coluna 1, linha 0 no lcd
    lcd.print("FELIPE WICHERI"); //Escreve o texto no lcd
    lcd.setCursor(0, 1); //Posiciona o cursor na segunda linha do lcd
    lcd.print("TCC AUTO-DISPARO "); //Escreve o texto no lcd
    delay(100);
}

```

**Fonte: Autoria própria.**

Para a confecção do circuito eletrônico, os componentes eletrônicos foram unidos com a sua respectiva fiação de acordo com o diagrama em uma Placa de Fenolite, onde foi feito um processo de solda dos componentes eletrônicos. Para a solda foi utilizada um ferro de solda para eletrônica de 30W com fios de estanho.

## 5.6 – PINTURA E ACABAMENTO DAS PEÇAS

Após a confecção de todas as peças descritas nos subtópicos acima, foram feitos processos de pintura e aplicação de massa plástica no protótipo. Essa etapa de acabamento possui apenas finalidade estética para o protótipo, sem nenhuma implicação no funcionamento e performance do equipamento, portanto seu detalhamento não será descrito neste trabalho. Tais processos de acabamento foram feitos em todas as chapas estruturais e componentes dos módulos de disparo e acionamento, com exceção do Núcleo e Gatilho rosqueados, Embolo de acionamento e a Chapa de Suporte do Gatilho, a fim de evitar que a tinta ou a massa plástica depositada interfira no desempenho dos módulos do equipamento. Para a aplicação de tinta, foi utilizada uma camada de tinta em spray nas chapas estruturais, na superfície externa da chave magnética, e nas chapas utilizadas nos componentes dos módulos. Para acabamento superficial dos pontos de solda por eletrodo e solda ponto, foi feita uma camada superficial de massa adesiva plástica sobre suas superfícies, seguidas de uma camada de tinta em spray. Os processos de acabamento descritos nesse tópico foram feitos previamente às etapas de montagem final do protótipo, que serão descritas no capítulo seguinte.

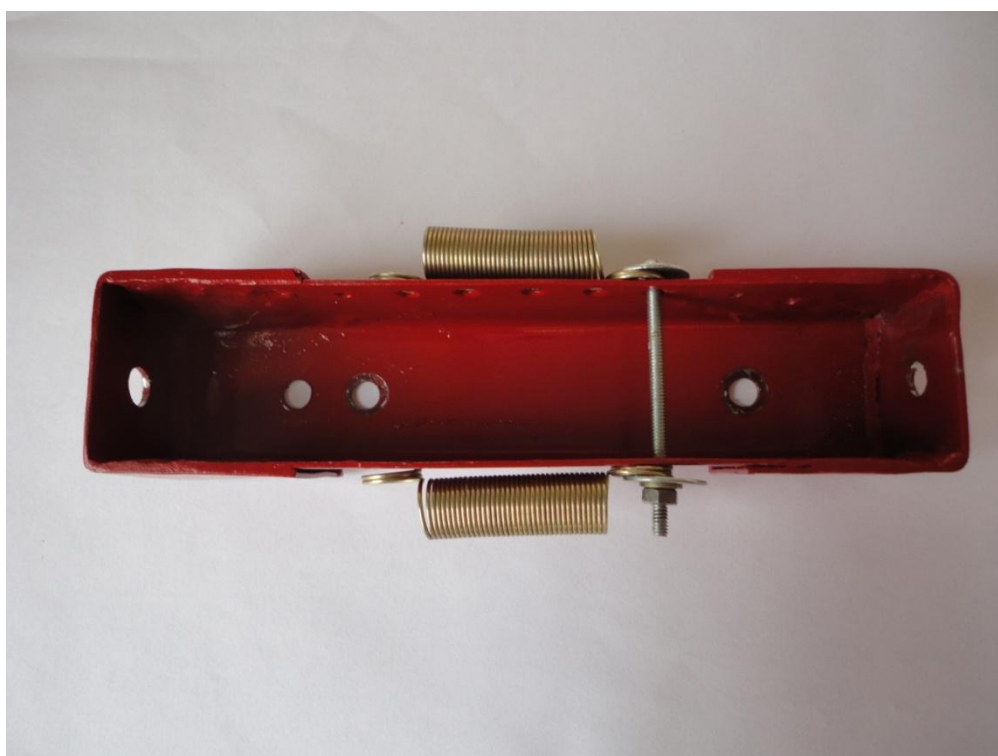
## 6 MONTAGEM DO PROTÓTIPO

Neste capítulo serão apresentados as etapas relacionadas a montagem final do protótipo, feita após a secagem da tinta e massa adesiva aplicadas para fins de acabamento estético do equipamento. No início da montagem, todas as chapas estruturais estavam sem os módulos do equipamento parafusados.

Para fins de visualização das figuras, o Módulo de Acionamento foi desmontado após serem feitas suas fotos para que as fotos das figuras respectivas ao Módulo de Disparo tenham maior clareza.

O primeiro passo da montagem do protótipo consiste na fixação do sistema de molas ao Estojo Guia, como ilustrado na figura a seguir. Para o protótipo apresentado neste trabalho, o sistema de molas foi fixado junto ao último par de furos de ajuste laterais do Estojo Guia.

**Fotografia 30: Montagem do sistema de molas com o Estojo guia.**



**Fonte: Autoria própria.**

Em seguida, fixou-se levemente com pouca pré-carga o Estojo guia sobre a Chapa de Suporte do Gatilho rosqueado por meio de dois grupos de parafuso,

arruela e porca, e inseriu-se o Embolo acionador nos furos guia de ambos os Estojo guia e a Chapa de Suporte. Após verificar que o Embolo consegue deslocar suavemente por entre os furos guia, colocou-se o contra pino no Embolo e aplicou-se uma maior quantidade de pré-carga na porca de fixação do Estojo Guia de modo que o mesmo ficasse firmemente fixado as Chapas Estruturais. Essa etapa é demonstrada na figura a seguir.

**Fotografia 31: Montagem do Módulo de acionamento na Chapa principal.**

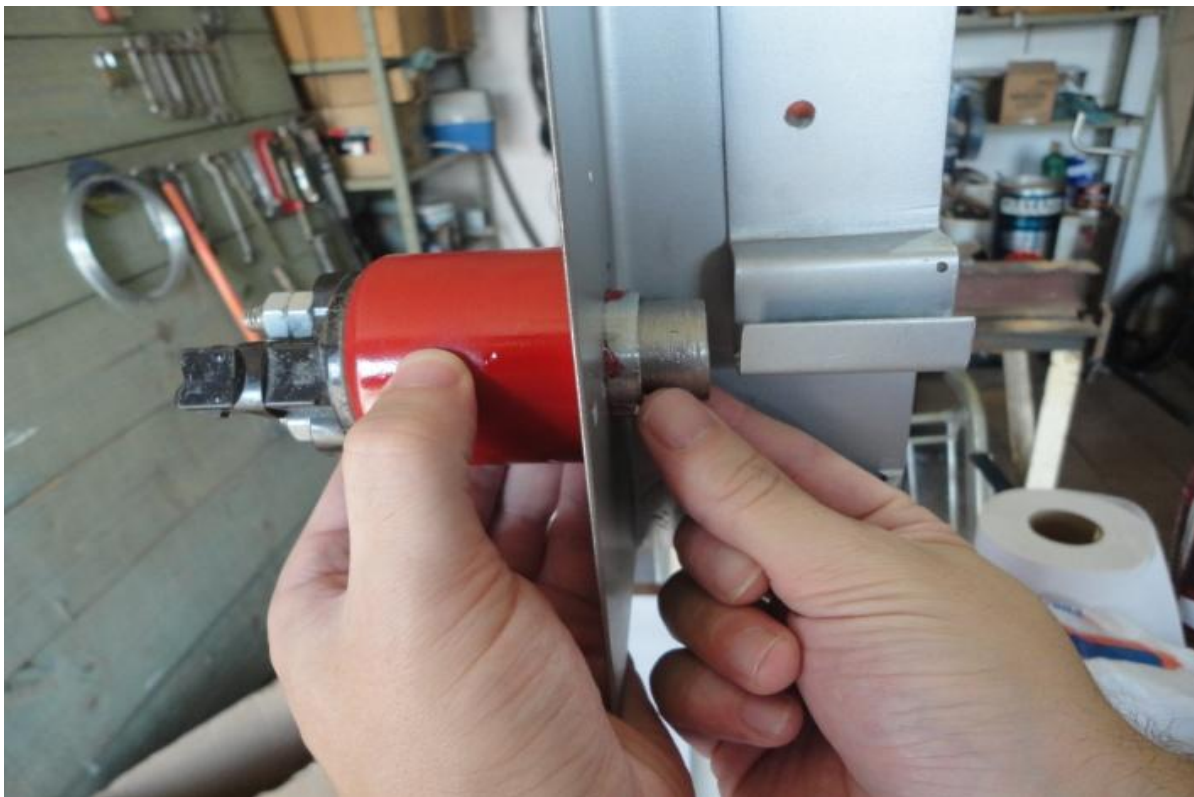


**Fonte: A autoria própria.**

Após a montagem do Módulo de acionamento, fez-se a montagem do Módulo de Disparo nas Chapas estruturais. O primeiro passo consiste em posicionar o Núcleo rosqueado entre o furo de suporte do Módulo de Disparo, seguido do posicionamento da Chave Magnética, conforme mostrado na figura abaixo. Novamente é ressaltado o fato que na figura não encontra-se o Módulo de Acionamento apenas a fim de esclarecimento da própria figura.



**Fotografia 32: Montagem da Chave Magnética na Chapa principal.**



**Fonte: Autoria própria**

Em seguida fixou-se os parafusos referentes a Chave magnética e prendeu-se o Núcleo rosqueado com o Gatilho rosqueado através do giro do núcleo em seu eixo de modo que o Gatilho rosqueado ficasse firme junto com o Núcleo rosqueado. Após as etapas descritas acima colocou-se um contra pino no Gatilho rosqueado a fim de limitar o seu movimento.

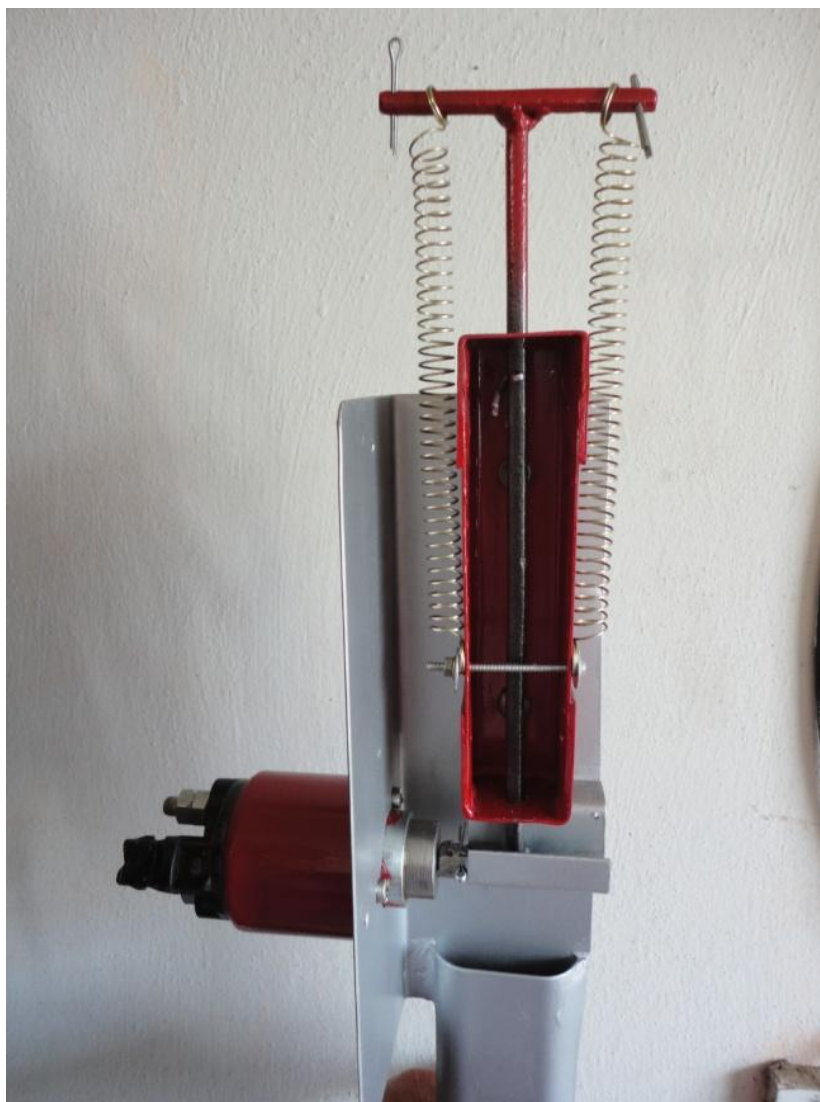
**Fotografia 33: Montagem do Gatilho rosqueado.**



**Fonte: Autoria própria.**

Em seguida, o par de molas do Módulo de Acionamento foi tracionado e posicionado na seção em “T” do Embolo acionador, seguida da colocação dos seus respectivos contra pinos de segurança, conforme a figura a seguir, contendo ambos os módulos do equipamento montados.

**Fotografia 34: Armação do módulo de acionamento.**



**Fonte: Autoria própria.**

Em seguida, foi instalado o Módulo de Controle, no qual este foi colocado dentro de uma caixa de ferro para montagem de aparelhos eletrônicos, parafusando a caixa do circuito eletrônico e o relê na superfície externa da Chapa Principal, conforme a figura a seguir.

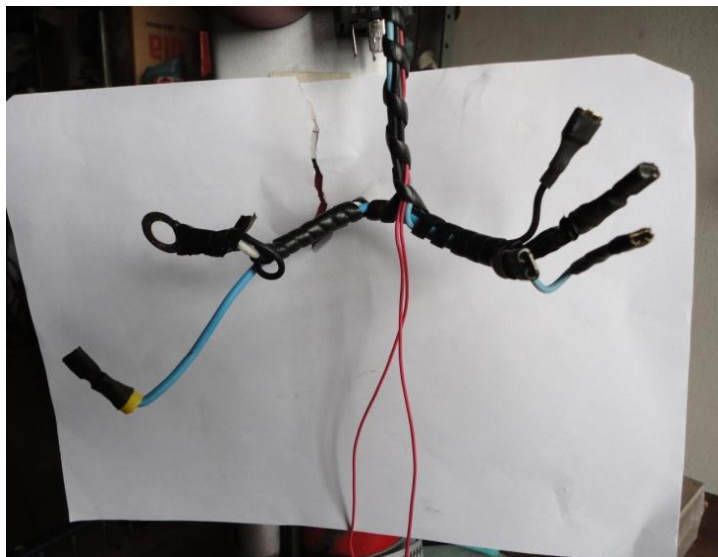
**Fotografia 35: Montagem do Módulo de Controle.**



**Fonte: Autoria própria.**

A figura a seguir ilustra os contatos utilizados, sendo os situados do lado direito os contatos do Relé, e os situados ao lado esquerdos os contatos da Chave magnética.

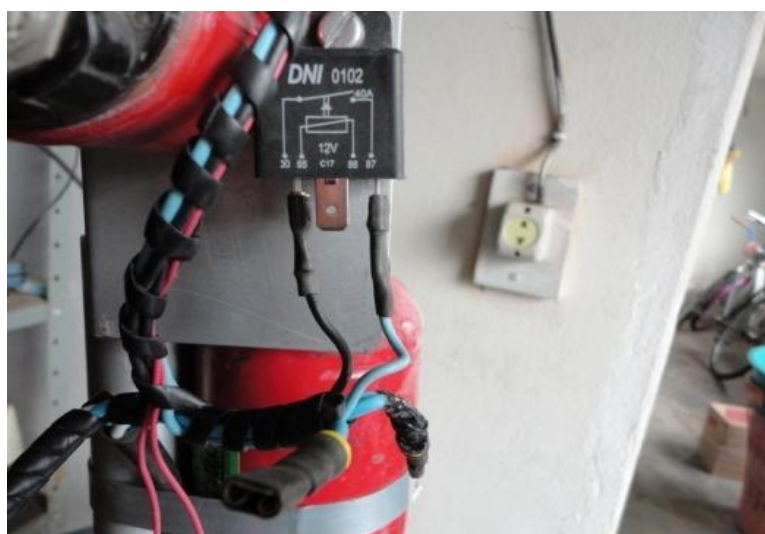
**Fotografia 36: Contatos do Módulo de controle.**



Fonte: Autoria própria.

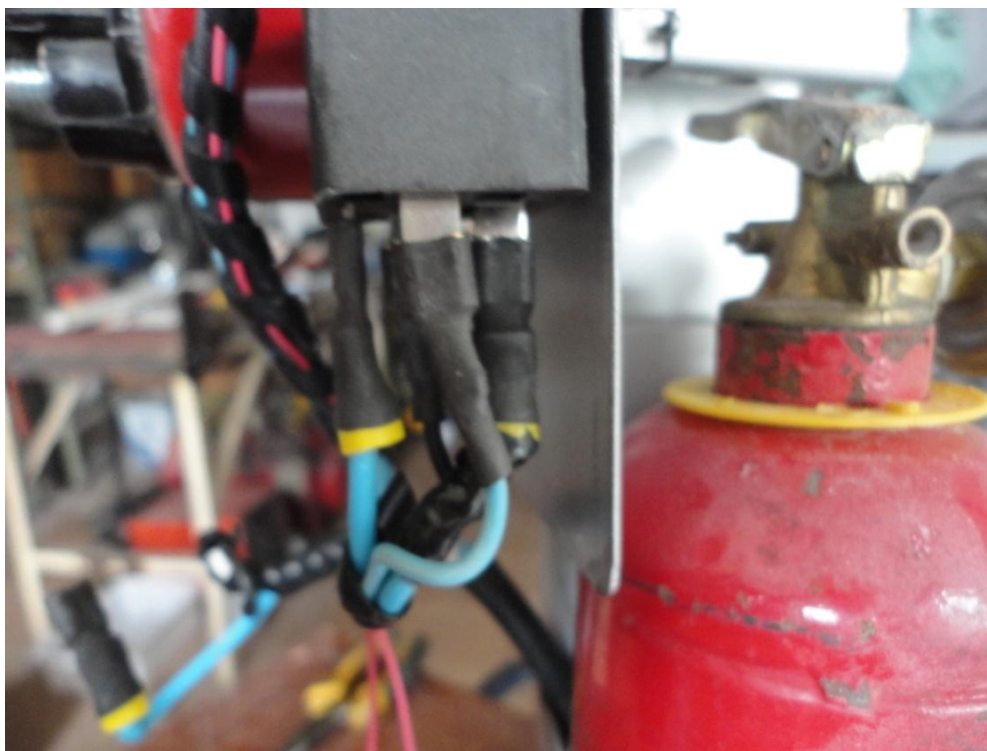
Em seguida, fez-se a conexão dos contatos do Relé. Deve-se tomar cuidado com o fato que os fios pretos correspondem ao aterramento, enquanto os azuis são os do polo positivo da fonte e da saída do transístor. Os contatos com cabos duplos fazem parte da fiação responsável por alimentar a Chave magnética, sendo essa de maior tensão.

**Fotografia 37: Contatos do relé responsáveis pelo seu acionamento e aterramento.**



Fonte: Autoria própria.

**Fotografia 38: Contatos do relé com fiação dupla.**



Fonte: Autoria própria.

Em seguida, conectou-se os contatos da Chave magnética, conforme a figura a seguir.

**Fotografia39: Contatos da Chavemagnética**



Fonte: Autoria própria.

**Fotografia40: Protótipo totalmente montado.**



**Fonte: Autoria própria.**

## 7 TESTE DO PROTÓTIPO

Após a montagem do protótipo, foi feito um teste em ar livre com um extintor pressurizado, porém com seu prazo de verificação vencido. O teste foi gravado em vídeo com uma Câmera Digital Canon Powershot Sx40 HS. Os objetivos do teste foram os seguintes:

1. Verificar se o protótipo consegue aplicar carga o suficiente para acionar o extintor durante todo o disparo do mesmo.
2. Verificar a duração do jato do extintor até a sua despressurização total.
3. Verificar visualmente a área de alcance efetiva do jato do extintor.

**Fotografia 41: Protótipo acionado durante o seu teste.**



**Fonte: Autoria própria.**



Durante o teste, foi verificado que o tempo necessário para expelir toda a carga do extintor foi de aproximadamente 11 segundos. O jato foi expelido em um alcance médio de aproximadamente 3 metros e meio, com um ângulo inicial de aproximadamente 13 graus. Notou-se que o pó fez uma nuvem consideravelmente densa por vários metros em frente ao protótipo levando cerca de um minuto para se dispersar.

No instante de acionamento do botão substituto dos sensores do Módulo de Controle, o extintor foi acionado em um intervalo de tempo consideravelmente rápido, sendo este na faixa de centésimos de segundo. Toda a alavanca do extintor foi acionada durante o teste, no qual o gatilho do Módulo de Disparo ao tentar retornar a posição inicial fez uma força contendo o Embolo acionador em seu deslocamento final, criando uma função secundária de trava de segurança durante o disparo.

Após a dispersão do pó do extintor no ambiente de teste, reparou-se que um pouco do pó da carga do extintor se depositou sobre o protótipo, e o mesmo pode ser limpo sem dificuldades com um pincel de 1 polegada seco. Ambas as molas foram posicionadas em sua posição de repouso e nenhuma deformação permanente nas mesmas foi detectada.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O foco de pesquisa deste trabalho foi propor um modelo geral de equipamento de acionamento automatizado de extintores visando a prevenção de incêndios com início no compartimento do motor em automóveis. Os pontos de maior atenção por parte do autor se encontraram na busca de um sistema com acionamento rápido, com número baixo de componentes. Para estudo das hipóteses deste trabalho foi montado um protótipo, feito com base no modelo geral apresentado.

Na montagem do protótipo apresentado neste trabalho, o sistema com molas, proposto como componente acionador da alavanca do extintor automotivo, apresentou ótimos resultados no sentido de tempo de resposta entre o sinal de entrada enviado inicialmente para o equipamento e o instante no qual o extintor começa a expelir sua carga de agente extintor, sendo esse intervalo de tempo na faixa de centésimos de segundo. O protótipo apresentado também era facilmente rearmado após sua ativação, não sendo necessário o uso de máquinas ou equipamentos para rearmar o Embolo e as molas na posição de disparo. Adicionalmente, a temperatura máxima do compartimento de um automóvel encontra-se dentro da faixa de temperatura de operação de um extintor automotivo, não existindo a necessidade de preparação para acomodação térmica do extintor no interior do compartimento do motor.

Todos os três mecanismos elaborados neste trabalho apresentaram desempenho satisfatório para o cumprimento dos objetivos propostos, porém alguns pontos de melhoria puderam ser notados durante a sua elaboração, confecção e estágio de testes, os quais são descritos como sugestão para trabalhos futuros relativos ao mesmo tema de pesquisa considerado. No Módulo de Controle, pode ser feito um melhor dimensionamento dos componentes eletrônicos utilizados, tal qual a programação realizada no Arduíno, com o objetivo de aumentar sua confiabilidade no processo de interpretação dos sinais dos sensores. No Módulo de Disparo, sugere-se um estudo com o objetivo de propor um componente alternativo para a Chave magnética, pois esta foi o componente com maior custo utilizada em todo o protótipo. E no módulo de disparo, pode ser feito um dimensionamento das peças e componentes utilizados visando a diminuição do seu tamanho, de forma a possibilitar a instalação do equipamento inteiro em um compartimento de motor,

sendo nesta operação o espaço disponível o parâmetro mais crítico para a sua realização.

Apesar do tempo curto de descarga do extintor, aproximadamente 11 segundos, a concentração do agente extintor durante e após a aplicação da carga demonstra ser suficiente para preencher todo o compartimento do motor.

Por consequência de falta de orçamento e tempo disponíveis para a execução deste trabalho, não foi feita uma maior quantidade de testes em câmara fechada, ou até mesmo em um cofre de motor de um automóvel autêntico, devido aos custos para aquisição dos mesmos, ou até mesmo um potencial prejuízo em um teste envolvendo ignição em um compartimento de motor no qual o desempenho do protótipo apresentasse performance menor do que o esperado. Cada teste exigiria adicionalmente uma carga de extintor nova, aumentando consideravelmente o investimento necessário no desenvolvimento desse trabalho para cada teste de campo.

O autor acredita que o tema desenvolvido neste trabalho possui grande importância para a sociedade, visto o alto valor emocional e monetário existente em um veículo para o seu dono. Soma-se a esse ponto o custo dos componentes utilizados serem de baixo custo, com exceção do solenoide de partida utilizado, e o fator que um potencial incêndio em um automóvel pode resultar perda de vidas, sendo essa impossível de ser recuperada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

STOKES, Gordon; HALLET, Sharon. **The Role of Advertising and the Car.**Transport Studies Unit, University of Oxford. Reino Unido, 1992.

HISCOCK, Rosemary; MACINTYRE Sally; KEARNS Ade; ELLAWAY Anne. **Means of transport and ontological security:** Do cars provide psycho-social benefits to their users?University of St. Andrews. Reino Unido, 2002.

DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito), 1997. **Estatísticas Gerais sobre Trânsito.** Brasília: DENATRAN.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1993. **Prevenção de Deficiências: Segurança no Trânsito. São Paulo:** Programa Estadual de Atenção à Pessoa Portadora de Deficiência. Secretaria da Saúde. Secretaria de Transportes.

U.S. Department of Transportation. **Critical reasons for crashes investigated in the national motor vehicle crash causation survey.** National highway traffic safety administration, 2015.

AHRENS, Marty. **U.S. vehicle fire trends and patterns.** Fire analysis and research division. National fire protection association. 2015.

U.S. Department of Transportation. **Traffic safety facts 2014:** a compilation of motor vehicle crash data from the fatality analysis reporting system and the general estimates system. National highway traffic safety administration, 2014.

BRASIL. Lei n. 9.503, de 23 de set. de 1997. **Código de Trânsito Brasileiro**. Brasília, DF, set 1997.

CONTRAN. Resolução n. 292, de 29 de ago. De 2008. **Modificações de veículos previstas nos arts. 98 e 106 da Lei nº 9503, de 23 de setembro de 1997**. Brasília, DF, ago 2008.

HOLLÓ, P. **Changes in the legislation on the use of daytime running lights by motor vehicles and their effect on road safety in Hungary**. AccidentAnalysisandPrevention 1998.

ANDRADE, S. M; PRADO DE MELLO-Jorge, M. H. **Acidentes de transporte terrestre em cidade da Região Sul do Brasil: avaliação da cobertura e qualidade dos dados**. Cadernos de Saúde Pública. 2001.

CALDAS, G. **Novo Código de Trânsito Brasileiro Anotado**. São Paulo: Ediprax Jurídica; 1998.

UNESP. **Leis e normas brasileiras sobre prevenção de incêndios**. Disponível em: <[http://www.feb.unesp.br/jcandido/higiene/artigos/prevencao\\_inc.htm](http://www.feb.unesp.br/jcandido/higiene/artigos/prevencao_inc.htm)>. Acesso em: 05/11/2017.

ABNT, SEBRAE. **Dossiê técnico: Sistemas de detecção e alarme de incêndio**. São Paulo, Sp, ago 2016.

PINTO, E. M. **Proteção contra incêndio para habitações em madeira**. 2001. Dissertação (Mestrado em Tecnologia do Ambiente Construído) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

TRINDADE, P. A. D. **Meios de extinção de incêndio: Sistemas Automáticos por água.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil – Especialização em Construções) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2009.

National Fire Protection Association. **All about fire from “A Reporter’s Guide to Fire and the NFPA”.** Disponível em: <<http://www.nfpa.org/News-and-Research/News-and-media/Press-Room/Reporters-Guide-to-Fire-and-NFPA/All-about-fire#tri>>. Acesso em Novembro/2017.

Fire Safety Advice Centre. **Information about the Fire Triangle/Tetrahedron and Combustion.** Disponível em: <<https://www.firesafe.org.uk/information-about-the-fire-triangletetrahedron-and-combustion/>>. Acesso em: Novembro/2017.

WENG, W. G; FAN, W, C. **Nonlinear analysis of the backdraft phenomenon in room fires.** State key laboratory of Fire Science, University of Science and Technology of China, China, 2004.

WALDNER, D. **Process Tracing and Qualitative Casual Inference.** Security Studies, 2015.

FRAGA, L. F. L. **Verificação de adequação do projeto de uma tubulação de incêndio de uma refinaria de petróleo conforme as normas da petrobrás.** Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2010.

FIGUEREDO, R. C. R; RIBEIRO, F. A. L; SABADINI, Edvaldo. **Ciência de espumas: Aplicação na extinção de incêndios.** Instituto de química, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1998.

AHRENS, M. **U.S. Vehicle Fire Trends and Patterns**. National Fire Protection Association. Fire Analysis and Research Division. Estados Unidos, 2010.

SMITH, N. J; HICKS, W; GORBETT, G. E; HOPKINS, R. L; KENNEDY, P. M. **Vehicle fire burn pattern study**. ISFI 2010 – International Symposium of Fire Investigation Science and Technology. Estados Unidos, 2010.

RODRIGUEZ, V. **What is the Fire Triangle?** Disponível em: <<http://www.abcofireandsafety.com/what-is-the-fire-triangle/>>. Acesso em: Novembro/2017.

Curso Online de Segurança do Trabalho. **O Fogo em Segurança do Trabalho: O tetraedro do fogo**. Disponível em: <<http://www.cursossegurancadotrabalho.net/2013/09/Fogo-e-o-tetraedro-do-fogo.html>>. Acesso em: Novembro/2017.

WILLIAMS, M. **Arduino Targets the Internet of Things with Primo Board**. Disponível em: <<https://www.pcworld.com/article/3075364/consumer-electronics/arduino-targets-the-internet-of-things-with-primo-board.html>>. Acesso em: Novembro/2017

WICHERT, O; SOUZA, V. G. **Sistema de Auto Extinção de Princípio de Incêndio para o Cofre do Motor**. SENAI. Paraná, 2015.