SAVE – Um sistema FLOSS autônomo para evitar acidentes envolvendo crianças em carros estacionados

Raphael de Assunção Oliveira Lima, Renê de Souza Pinto

Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET) – Universidade Paulista (UNIP)
CEP 14804-300, Araraquara, São Paulo, Brasil

`raphael.aolima8@gmail.com, rene@renesp.com.br`

Abstract. *Several accidents involving children left unassisted by its parents at parked cars has been reported along the years. In United States, 584 cases of these kind of accidents with fatal victims were registered between 1990 and 2010. In Brazil, no statistical data was found. However, the national media has reported cases occurred in different states. Concerning national market, there is no specialized systems provided by the manufactures. This paper presents a prototype of a device which can be installed inside vehicles in order to provide a mechanism to avoid such accidents. The project, named SAVE, is low cost and licensed under free and open-source licenses for both hardware schematics and software source code, allowing any person to build their own version with the information provided by the project.*

Resumo. *Diversos casos de acidentes com crianças esquecidas em carros estacionados vêm sendo registrados ao longo dos anos. Nos Estados Unidos 584 casos destes acidentes com vítimas fatais foram registrados entre 1990 e 2010. No Brasil não foi encontrada uma estatística oficial com o número de ocorrências, entretanto a mídia noticiou recentemente casos ocorridos em diferentes estados. No mercado nacional, não há sistemas de segurança para tais tipos de acidentes providos pelas montadoras. Este artigo apresenta um protótipo funcional de um dispositivo que pode ser instalado no interior dos veículos visando minimizar e evitar tais tipos de acidentes. O projeto, denominado SAVE, possui um baixo custo de produção e está disponível sob licenças livres, tanto especificações de hardware quanto software, permitindo assim que qualquer pessoa possa construir seu próprio equipamento seguindo as informações disponibilizadas pelo projeto.*

1. Metadata

Version described in the paper: 0.1

License: GNU GPL v3.0

Link to source code repository: https://github.com/raphaellima8/save

Link to project website: https://github.com/raphaellima8/save

Link to communication channel: raphael.aolima8@gmail.com

Programming languages utilized: C/C++ (Arduíno)

Dependencies: Bibliotecas Arduíno

Operating systems compatible: Windows, Linux

List of contributors: Raphael Lima, Renê Pinto

2. Introdução

Morte de crianças por asfixia ou hipertermia por terem sido esquecidas dentro de veículos estacionados não são raros, tampouco são casos isolados e tem acontecido não só no Brasil como também em diversos países do mundo. Nos Estados Unidos, os números destes acidentes são relevantes, segundo a ONG Kids and Cars[1] os acidentes envolvendo crianças que foram deixadas dentro dos carros, chegou a uma média de 38 mortes anuais entre os anos 1990 até 2010, totalizando 584 casos neste período. No Brasil não foi encontrada uma estatística oficial com um número exato de casos de mortes ou acidentes envolvendo crianças esquecidas dentro dos veículos. Entretanto, a mídia nacional noticiou no final do ano de 2014 dois casos que ocorreram na mesma semana. O primeiro deles ocorreu na cidade de São Bernardo do Campo no ABC Paulista, que teve como vítima uma criança de pouco mais de dois anos de idade, esquecida no veículo pelo próprio pai, que, ao invés de levá-la à escola foi direto ao trabalho, onde a criança permaneceu por várias horas dentro do veículo e não resistiu. No segundo caso, ocorrido em Belo Horizonte/MG, a vítima foi uma criança de um ano e onze meses de idade que não resistiu ao permanecer por mais de cinco horas trancada dentro do veículo após sua mãe ir direto ao trabalho ao invés de levá-la ao berçário. Em ambos os casos, houve mudança na rotina dos pais, o que colaborou para o esquecimento, pois ambos não tinham o costume de levar seus filhos à escola [Azevedo 2014].

No mercado nacional não há um produto consolidado ou algum dispositivo provido pelas próprias montadoras para evitar tais tipos de acidentes, tampouco alguma sinalização por parte das mesmas informando se desenvolverão dispositivos de segurança especializados em evitar estes acidentes.

Este artigo apresenta o projeto SAVE (Sistema Autônomo para Veículos Estacionados) que visa fornecer uma alternativa FLOSS prática e eficiente, de baixo custo, fácil instalação e que colabore diretamente na redução dos acidentes envolvendo crianças esquecidas em carros estacionados.

O objetivo do projeto SAVE, consiste em criar um dispositivo que possa ser instalado em automóveis e atuar como uma ferramenta de apoio aos motoristas visando evitar os acidentes descritos através do uso de tecnologias como sensores de diversos tipos e microcontroladores para prover mecanismos eficientes de detecção e alarme.

O dispositivo desenvolvido é composto por sensores que detectam a presença de adultos e crianças no carro e uma placa Arduino para controle do sistema, gerenciado autonomicamente e com ativação automática desde o momento em que é dada a partida do veículo até seu desligamento.

1 http://www.kidsandcars.org/heatstroke.html

Um conjunto de experimentos e testes foi planejado e executado tanto no ambiente de desenvolvimento quanto dentro de um veículo, criando um modelo protótipo que é capaz de detectar a presença de uma criança sem a presença de um adulto no interior do veículo e com custo de fabricação na faixa de R$ 80,00.

3. Trabalhos Relacionados

Poucos trabalhos relacionados a dispositivos para evitar o esquecimento de crianças em carros estacionados foram encontrados na literatura. As informações nos sítios dos projetos encontrados são escassas e não foi possível contatar os idealizadores para obtenção de maiores informações, mesmo após diversas tentativas.

3.1. Projeto Anjo da Guarda

O projeto Anjo da Guarda foi idealizado pelo profissional de TI Alex Fávaro, e foi publicado no portal e-Cidadania do Senado Federal [Fávaro 2013]. Durante o período de 19/02/2013 à 19/06/2013 o projeto de lei esteve disponível para votação popular e necessitava de 20.000 (vinte mil) votos para que pudesse ser levado diretamente ao congresso para aprovação, porém obteve apenas 1.727 (mil setecentos e vinte e sete) votos. Se fosse aprovado, as montadoras seriam obrigadas a instalar um dispositivo de segurança infantil composto por, no mínimo, três itens obrigatórios: sensor de peso no assento traseiro, alarme e luz indicadora no painel para alertar o motorista sobre o enfivelamento dos cintos traseiros, assim como um sistema de ventilação que abre os vidros do veículo e liga o ar-condicionado, estes dois últimos somente quando o veículo é equipado por tais recursos.

O sistema proposto por Fávaro funciona da seguinte forma: (1) Sensor de peso envia sinais ao modem conectado ao sistema de rastreamento, informando a presença de alguém ou algo dentro do veículo. (2) O modem recebe a informação do sensor de peso e as transmite ao *smartphone* do proprietário do veículo através de um SMS. (3) Ao ser notificado pelo sistema, o proprietário decide se volta ao veículo ou não. (4) Caso não seja possível voltar, o proprietário do veículo pode, através de seu *smartphone* acionar o sistema de ventilação interna, desde que o veículo seja equipado com ar-condicionado eletrônico, e até mesmo abrir os vidros do automóvel para entrada de ar. Não há informações sobre o licenciamento do projeto.

3.2. Projeto Baby Alarm

O Baby Alarm [Maia 2013], desenvolvido pelo matemático Elder Ramires, é um sistema composto por um conjunto de alarmes que alertam os pais sobre a presença de crianças no interior do veículo.

Para funcionar, o dispositivo deve estar instalado na cadeirinha ou "bebê conforto" e devido à presença da criança, os sensores de peso são acionados junto com o sensor magnético acoplado no cinto de segurança e um terceiro sensor que fica instalado na porta do motorista, que tem como funcionalidade o acionamento do alarme caso o veículo tenha suas portas fechadas e o sensor de peso acuse que o assento ainda está ocupado por uma criança.

O sistema também envia um SMS ao celular dos pais notificando que a criança

está dentro do veículo. Enquanto não for desativado, o sistema continua emitindo o alerta. Caso a temperatura interna do veículo ultrapasse os 40º C automaticamente os vidros são abertos. Apesar de ter sido veiculado em noticiários, não foram encontradas maiores informações sobre a continuidade e licenciamento do projeto.

3.3. Projetos internacionais

Após uma campanha organizada por uma agência do governo norte-americano que cuida da segurança no trânsito, a NHTSA (*National Highway Traffic Safety Administration*), visando a diminuição desses acidentes relacionados a esquecimento de crianças no interior dos veículos, recomendou as montadoras que fossem equipados com um mecanismo de segurança os carros fabricados a partir de 2001. A montadora Ford apresentou um sistema composto por dois sensores e um processador, que são acionados pelo mesmo chaveiro que ativa o alarme do carro. O sistema da Ford [Auto Esporte 2001], ao ser acionado, funciona da seguinte forma: (1) Um dos sensores busca por batimentos cardíacos no interior do veículo e caso encontre, através do próprio chaveiro é emitido um alerta ao motorista. (2) O outro sensor, detecta a presença de dióxido de carbono (gás exalado pelo ser humano durante a respiração). Caso encontre, o sistema pode alertar o motorista ou até mesmo abrir a porta, de acordo com a configuração estabelecida pelo dono do veículo. (3) Caso o sistema falhe, ainda há um terceiro dispositivo chamado *touchpad*, que abre a porta com um simples contato de qualquer parte do corpo.

Uma companhia chamada TOMMY lançou em 2013 uma cadeira inteligente com um sistema de alarme capaz de comunicar-se com *smartphones.* A cadeira é comercializada no site Amazon.com. Clientes forneceram diversas opiniões, as mais relevantes questionam a confiabilidade do sistema de alarme, apontando falhas a uma taxa de 1 a cada 10 ocorrências [CBS News, 2014], valor alto considerando a criticalidade do sistema.

4. Projeto SAVE

A proposta do projeto SAVE é desenvolver um sistema autônomo, de baixo custo, fácil instalação e que possa ser construído apenas seguindo os esquemáticos disponíveis e adaptados de acordo com a necessidade do usuário.

O produto final, por ser totalmente aberto e de acordo com a filosofia FLOSS, tanto nas especificações de hardwares utilizados e esquemáticos assim como todo seu código-fonte, pode ser fabricado por qualquer pessoa e melhorado por desenvolvedores da comunidade.

4.1. Arquitetura do Projeto

A arquitetura do projeto é composta por dois tipos de sensores que tem como função realizar medições, captar as informações do ambiente externo e transmitir os resultados para a unidade responsável pelo processamento, composta por uma placa Arduíno. Ela por sua vez recebe os dados, realiza o processamento e com base nos resultados obtidos coordena o uso dos atuadores, que são responsáveis por ativar elementos do veículo, como alarmes, vidros elétricos, ar condicionado, etc.

Os três estágios que compõem o ciclo de funcionamento do sistema é ilustrado na Figura 1.

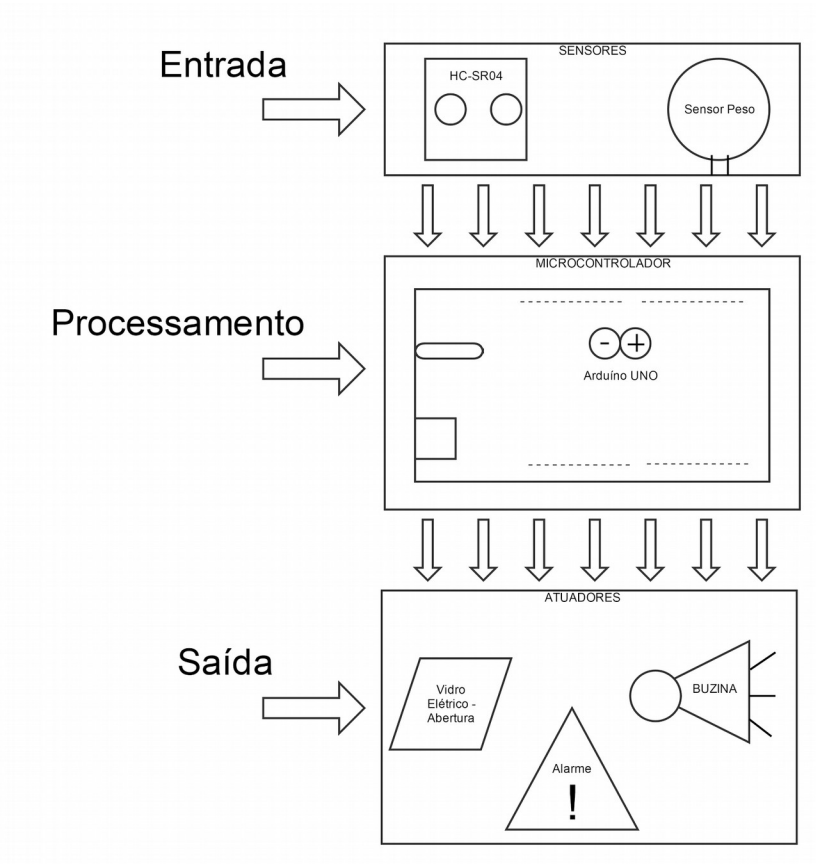

Figura 1. Elementos do sistema SAVE

4.2. Escolha dos Componentes

Os componentes escolhidos para desenvolver o dispositivo, são *hardwares* abertos, com baixo custo de aquisição, portáteis e por serem produtos consolidados no mercado, dispõem de vasta documentação. O sistema é composto pelos componentes:

- **Arduíno[2]:** Uma plataforma para prototipagem de objetos interativos usando a eletrônica. É constituída por *hardware* e *software*: uma placa de circuito que pode ser adquirida por um baixo custo ou montada a partir de esquemáticos livremente disponíveis; e um ambiente de desenvolvimento aberto e biblioteca para escrever códigos para controlar a placa. Estende-se os princípios do código aberto para o *hardware*, com uma comunidade de pessoas que trabalham e estendem a plataforma. O Arduíno tem sido usado em universidades ao redor do mundo e em inúmeros trabalhos de arte interativa [Mellis 2007].
- **Célula de Carga:** É um transdutor de força, capaz de transformar em sinal elétrico uma grandeza física, a força. Seu princípio de funcionamento consiste na variação da resistência ôhmica do extensômetro quando este é submetido a uma deformação. A força aplicada a uma célula de carga faz com que a

2 Site e documentação do projeto: www.arduino.cc

deformação de seu corpo seja transmitida a todos extensômetros para que seja medida sua intensidade [Pedroso 2011].

- **HC-SR04: S**ensor ultrassônico amplamente utilizado em diversos equipamentos eletromecânicos. É composto por um circuito de controle, um transmissor e um receptor ultrassônico [Nakatani 2013]. Através de transdutores elétricos, utiliza-se do método de pulso eco para medir distâncias iniciadas em 2cm podendo chegar até 400m com precisão de 3mm. Para dar início a medição o módulo recebe em seu pino *trigger* um pulso de 5V, fazendo com que o módulo transmita a 40 kHz sinais de ondas quadradas e aguarda a reflexão desse sinal como resposta [Yerubandi 2015]. Para definir a distância, é avaliado pelo sensor, o intervalo de tempo necessário para que uma onda ultrassônica percorra o trajeto desde sua emissão até a recepção e, em posse do valor do intervalo de tempo, este é convertido em distância [Oliveira 2014].

4.3. Visão Geral do Projeto

Para que o sistema seja eficaz e simples, cada componente possui uma única responsabilidade. Divide-se o veículo em quatro regiões para que seja possível realizar medições com um grau de precisão adequado para o correto funcionamento e, em cada uma delas deve ser instalado ao menos um sensor que é responsável por efetuar medições em somente em uma área do veículo, como ilustra a Figura 2.

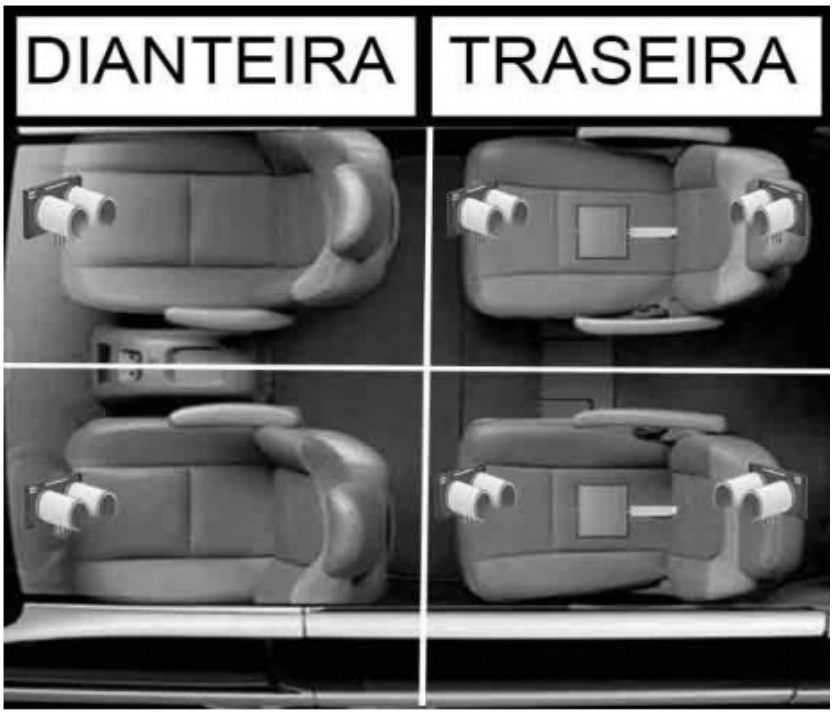

Figura 2. Veículo dividido em regiões e disposição dos sensores.

Composto por dois tipos de sensores, sendo um ultrassônico e outro de peso e um Arduíno, o dispositivo desenvolvido possui um comportamento autônomo, ou seja, com base nos valores obtidos do ambiente externo através dos sensores, a placa Arduíno processa as informações e aciona os atuadores de acordo com as instruções definidas em

seu *firmware*, tais como acionamento dos vidros e travas, acionamento do alarme ou buzina. De acordo com os equipamentos do veículo, a atuação do sistema segue um ciclo de funcionamento em quatro etapas: (1) Para que a atuação dos sensores tenha mais eficiência e cada um deles colete dados de apenas uma região, divide-se o interior do veículo em quatro quadrantes. Em cada quadrante frontal é instalado um sensor ultrassônico. Nos quadrantes traseiros, são instalados quatro sensores ultrassônicos devido o "bebê conforto" ser instalado de frente para o encosto do banco traseiro e dois sensores de peso. (2) Os sensores captam as características do ambiente externo e enviam ao Arduíno para serem processadas. (3) O Arduíno trata as informações recebidas, processa-as e as envia aos terminais de saída (atuadores). (4) Os atuadores são elementos do próprio veículo como por exemplo, buzina, vidro elétrico, alarme, entre outros. Devido as diferenças no circuitos de atuação em carros de diferentes modelos e de diferentes montadoras, o projeto SAVE ainda não possui esquemáticos para ligações com cada tipo de veículo, cabendo ao usuário, através de uma assistência especializada, efetuar as conexões dos atuadores desejados.

Na Figura 3 é ilustrado o esquemático do dispositivo prototipado para testes de bancada, onde é possível observar os componentes que compõe o mesmo. Uma chave DIP simula a ignição e o desligamento do veículo, dois sensores de peso e dois sensores ultrassônicos, simulam a instalação de um sensor na parte frontal e outro na parte traseira. Além dos sensores, o sistema é composto também por três LED's e um par de atuadores sonoros (*buzzers*). O LED vermelho indica que o sistema está desligado, o verde que o sistema está ligado e o azul representa a abertura dos vidros. Os *buzzers* representam a buzina e o alarme do veículo.

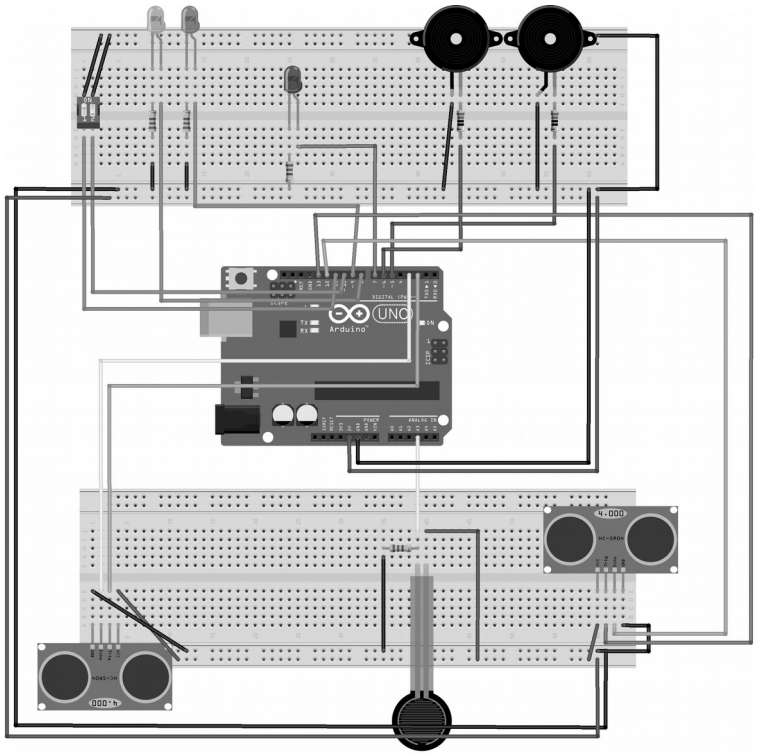

Figura 3. Ilustração do esquemático da interface de testes do projeto.

Montando-se o circuito de acordo com a ilustração do esquemático do projeto, conforme a Figura 3, é possível simular um cenário onde pode-se obter valores de distâncias e verificar se o sistema consegue cumprir com seu propósito e também testá-lo sem a necessidade de instalação diretamente no veículo.

4.4. Funcionamento do Sistema

O ciclo de funcionamento do sistema é compreendido desde o momento em que é dada a partida no veículo até o término da análise de todo o interior após seu desligamento.

Inicialmente, todos os sensores instalados no veículo, executam a medição após a partida ter sido efetuada, onde todos os valores obtidos permanecem armazenados. Posteriormente, ao desligar o veículo, é realizada uma nova medição por todos os sensores e seus resultados também ficam armazenados. O sistema, de posse do valor inicial e final, realiza uma comparação entre eles a fim de verificar se há ou não diferença nos resultados das medições. Caso o valor obtido pelos sensores frontais no ciclo final de medição seja maior que o valor inicial, fica caracterizada a ausência de um adulto no banco frontal. Uma segunda comparação é realizada com os valores obtidos pelos sensores traseiros onde, caso o valor obtido no ciclo final de medição, tanto pelos sensores ultrassônicos quanto pelo sensor de peso sejam menores ou iguais aos valores iniciais, é provável que haja uma criança sozinha no veículo.

Detectando-se a presença de uma criança, o sistema é responsável por acionar elementos do próprio veículo como, vidros elétricos, travas, buzina, alarme entre outros de acordo com os recursos disponíveis. Caso não seja detectada a presença de uma criança, o sistema se desliga automaticamente e só volta a funcionar após nova partida no veículo.

4.5. O Firmware

O *firmware* desenvolvido para gerenciar o dispositivo foi escrito utilizado a linguagem de programação Arduíno (baseada em C/C++) sendo executado no microcontrolador da plataforma Arduíno Uno. Este é um elemento fundamental para o funcionamento de todo o dispositivo e é responsável por gerenciar o sistema.

A modelagem do sistema foi realizada para atender aos seguintes requisitos: (1) Manipular o funcionamento dos sensores; (2) Tratar os valores fornecidos pelos sensores a fim de se obter maior precisão; (3) Se capaz de detectar a presença de uma criança no interior do veículo através de comparações realizadas nos valores obtidos pelos sensores; (4) O sistema deve ser capaz de decidir se aciona ou não os atuadores, dada uma determinada circunstância.

4.6. Obtenção dos Dados e Tomada de Decisão

Os sensores ultrassônicos são responsáveis por calcular determinadas distâncias, e seus valores serão utilizados para determinar se há ou não uma criança no veículo. Dada a partida no veículo, todos os sensores ultrassônicos captam a distância entre eles e o obstáculo mais próximo em um ciclo de trinta medições e, no momento de seu processamento e a fim de minimizar possíveis erros de medição e com isso garantir uma melhor precisão, todos os valores são filtrados. Feito o tratamento nos dados apenas um

resultado é obtido e este, armazenado. Após desligar o veículo, o mesmo processo de medição é repetido, também em trinta ciclos e depois de os valores terem sido filtrados o resultado final é armazenado para que seja comparado com o valor inicial.

A Figura 4 ilustra como o sensor ultrassom realiza o cálculo da distância entre ele e o obstáculo mais próximo. Considerando-se que o motorista está sentado no banco da frente e uma criança está na cadeirinha, o sistema saberá detectar estas presenças através dos valores de distâncias obtidos pelos sensores ultrassônicos em conjunto com o sensor de peso. Por exemplo, suponha que ao dar a partida no veículo, é captado pelos sensores um valor inicial igual a 10. Se, ao desligar o veículo o valor da medição for 10 + x é sinal de que a pessoa que ocupava aquele assento não está presente no veículo.

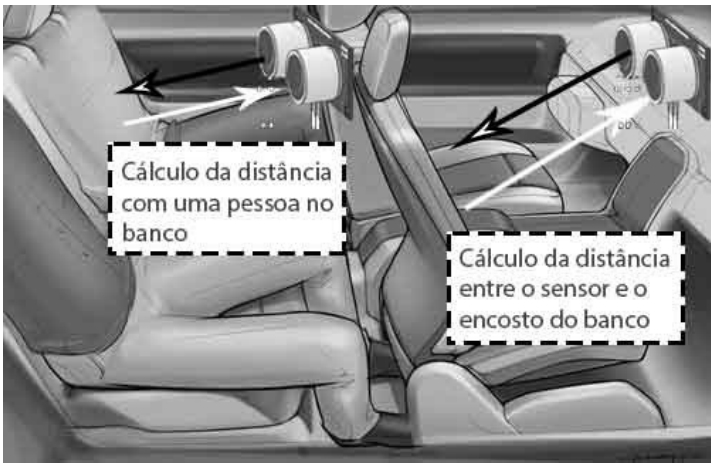

Figura 4. Cálculo da distância entre o sensor e o obstáculo mais próximo.

Se o sistema concluir, com base nos dados obtidos pelos sensores, que a presença de uma criança sozinha no veículo foi detectada, a primeira ação a ser tomada é acionar a buzina. E para veículos que dispõem de outros recursos como, vidros elétricos, alarme, entre outros, estes também podem ser acionados.

Os sensores de peso ficam instalados sobre o assento da cadeirinha. Este, por sua vez, saberá detectar se uma criança está no veículo, pois, o valor obtido por este sensor em uma cadeirinha vazia será sempre zero e qualquer valor acima caracteriza a presença de uma criança ou até mesmo um objeto qualquer.

5. Testes e Resultados

Os testes do dispositivo foram realizados em duas fases. Na primeira, denominada Teste 1, todo o circuito foi montado em uma placa de prototipação rápida (*protoboard)* como mostra a Figura 5, com os sensores e componentes que simularam elementos do veículo. Na segunda fase, denominada Teste 2, o dispositivo foi instalado em um veículo Ford Fiesta Sedã de ano e modelo 2011.

Os resultados obtidos em ambos os cenários confirmaram o funcionamento do sistema, que cumpriu com seu objetivo detectando a presença de crianças sozinhas no veículo.

Em um ambiente controlado e livre de situações inesperadas, o objetivo do Teste

1 era simular uma determinada situação de detecção e seu foco consistiu em estar de posse dos valores obtidos pelos sensores, efetuar as devidas comparações e garantir que o acionamento dos atuadores e a programação no *firmware* estavam funcionais e corretas. Com o dispositivo montado na *protoboard*, foram simuladas situações pontuais que são determinantes durante o processo de atuação do sistema, como: (1) Adulto e criança dentro do veículo; (2) Somente adulto no veículo; (3) Somente a criança no veículo.

Para simular a presença de um adulto e uma criança no Teste 1, fez-se uso de duas caixas de papelão com as dimensões altura (cm) X largura (cm) X comprimento (cm) de 10 cm X 5 cm X 2 cm onde ambas foram aproximadas e retiradas manualmente para que fosse possível simular a presença de pessoas dentro do veículo.

A Figura 5 mostra a forma como o dispositivo foi montado na *protoboard* e seu comportamento durante a simulação de detecção de uma criança. O LED vermelho produziu um efeito piscante, o azul representou o atuador vidro elétrico, onde, ao ser acionado, o mesmo permaneceu aceso por seis segundo e desligou em seguida simulando assim, o período que compreende a abertura dos vidros e seus *buzzer's* soaram simulando o alarme e a buzina.

De acordo com os resultados das medições durante o Teste 1 o sistema atingiu seu objetivo, ou seja, dentro de um ambiente controlado em uma simulação de detecção utilizando pequenos componentes, o sistema atuou de forma esperada.

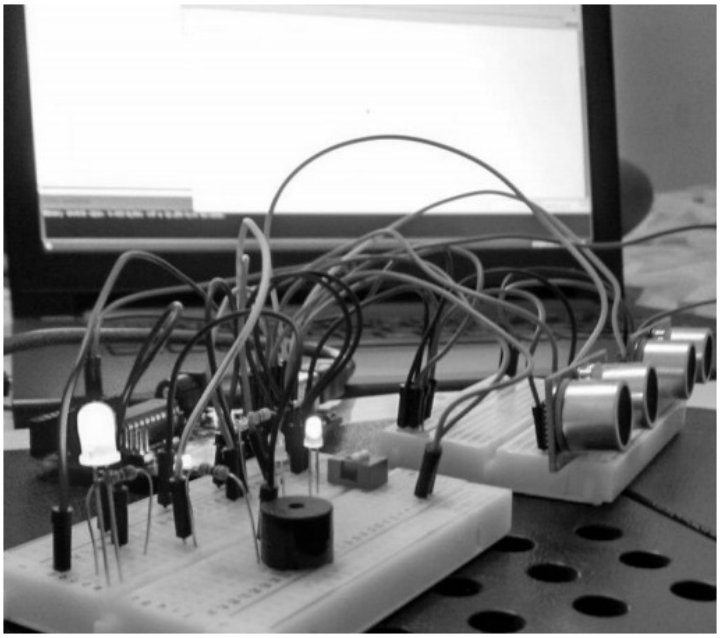

Figura 5. Estado do sistema ao simular a detecção de uma criança no veículo.

A primeira fase do Teste 2 foi realizada sem a presença de um adulto como pode se observar na Figura 6 e, posteriormente, com a presença de um adulto conforme a Figura 7.

Figura 6. Medição sem adulto **Figura 7. Medição com adulto**

As situações durante o Teste 2, foram simuladas dentro de um veículo, onde seu principal objetivo era testar o dispositivo em um ambiente real para analisar seus resultados.

A segunda fase do Teste 2 foi realizada na parte traseira do veículo, realizando a medição da distância entre o sensor e a cadeirinha vazia e posteriormente ocupada por uma criança, conforme mostram as figuras 8 e 9.

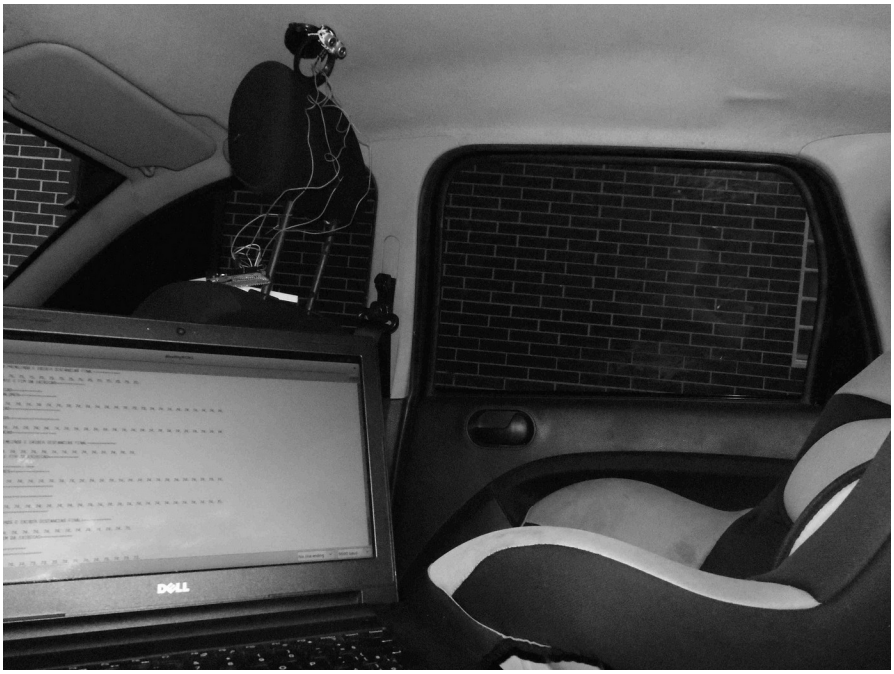

Figura 8. Medição de distância com cadeirinha vazia.

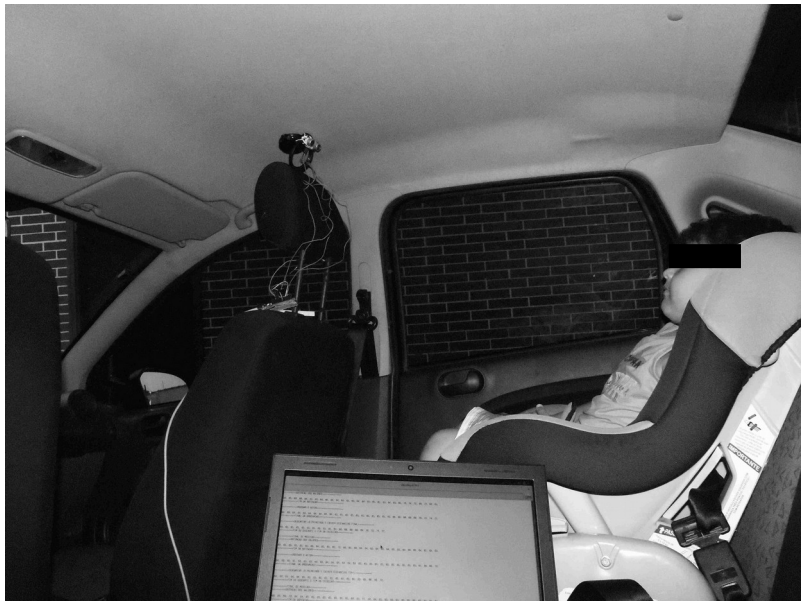

Figura 9. Medição de distância com criança na cadeirinha.

A Figura 10 apresenta um gráfico com os dados provenientes das medições realizadas pelos sensores ultrassônicos durante a fase Teste 2. Para obter os dados apresentados no gráfico, o sistema efetuou um tratamento nas informações obtidas pelos sensores da seguinte forma: (1) Em trinta ciclos de medições, foram coletados um total de novecentos valores de distâncias. (2) A cada ciclo coletou-se trinta valores de distâncias com intervalos de seis segundos por ciclo. (3) Das trinta médias resultantes do item anterior, calculou-se o desvio padrão. (4) Calculou-se o intervalo de confiança com 95% com base na quantidade de valores e desvio padrão. (5) Baseando-se no calculo do intervalo de confiança, calculou-se o limite inferior e superior. Esta metodologia foi adotada para evitar que eventuais medições espúrias dos sensores ultrassônicos ocasionassem erros de aferição e tomadas de decisão errôneas por parte do sistema.

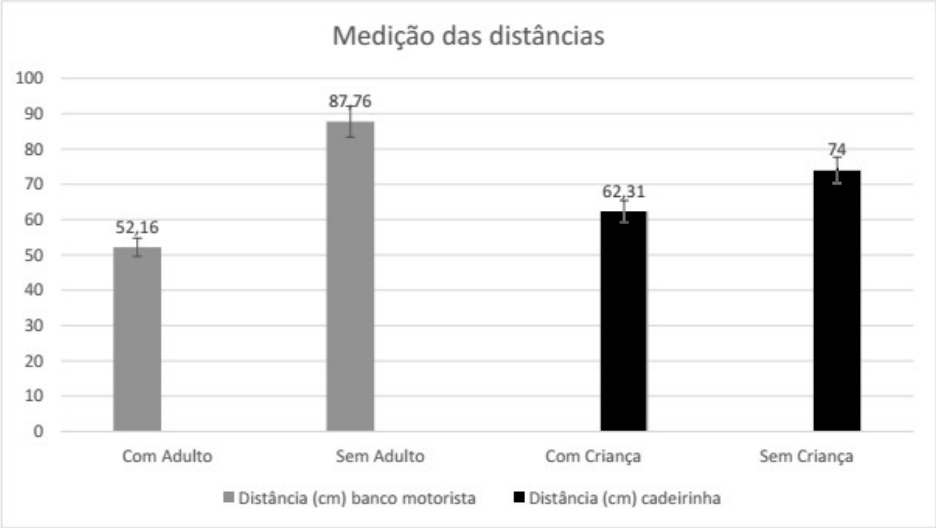

Figura 10. Dados de distâncias.

Nos Testes 1 e 2, o sistema comportou-se de acordo com o esperado, conseguindo detectar a presença de uma criança no interior do veículo baseando-se nos dados fornecidos pelos sensores e o tratamento realizado nos mesmos.

O valor final de produção do protótipo foi de aproximadamente R$ 80,00 conforme pode ser observado pelos valores contidos na Tabela 1, que lista os componentes adquiridos, valores, quantidade e totais.

Tabela 1. Custos do projeto.

Componente	*Preço*	*Quantidade*	*Total*
Arduíno UNO	R$ 40,00	1	R$ 40,00
Sensor HC-SR04	R$ 13,00	2	R$ 26,00
Sensor Piezo	R$ 0,90	2	R$ 1,80
Led	R$ 0,20	10	R$ 2,00
Chave DIP	R$ 1,00	1	R$ 1,00
Buzzer	R$ 2,00	2	R$ 4,00
Resistor	R$ 0,10	7	R$ 0,70
Jumper	R$ 0,06	65	R$ 3,95
		TOTAL	**R$ 79,45**

5.1. Licenciamento

O projeto SAVE está disponível no site de repositório de códigos Git Hub[3] sob a licença GNU GPL (GNU *General Public License*) versão 3.0, tanto para o código fonte do firmware quanto para esquemáticos elétricos do sistema.

6. Conclusão

Os altos índices de acidentes envolvendo crianças esquecidas no interior dos veículos aliados a incerteza por parte das montadoras em desenvolver um dispositivo de segurança que possa atuar na prevenção destes acidentes e a falta de um produto consolidado e amplamente comercializado, faz com que o projeto SAVE esteja inserido em um contexto extremamente relevante. De acordo com os resultados obtidos nos testes do protótipo, o desenvolvimento do projeto comprovou-se factível pois exitem diversas tecnologias abertas, de baixo custo e eficientes disponíveis no mercado para serem empregadas no projeto, gerando assim, uma nova ferramenta que auxiliará na prevenção dos acidentes e capaz de salvar vidas.

Durante a fase de testes, em ambiente controlado, o sistema foi submetido a análises em uma placa de prototipação rápida e em um veículo da marca Ford modelo Fiesta Sedã ano e modelo 2011 e, em ambos os testes o sistema se comportou de acordo com o programado, cumprindo seu objetivo de detectar a presença de crianças sozinhas no interior do veículo e acionar seus elementos, visando evitar esse tipo de acidente.

3 https://github.com/raphaellima8/save

O sistema ainda é passível de situações de falso positivo, por exemplo, ao se deixar objetos tais como mochilas ou sacolas com produtos na cadeirinha equipada com o sensor de peso, porém, esta situação poderá ser contornada em versões futuras do dispositivo através do uso de sensores especiais, como sensores de calor (infravermelho).

O custo total de produção do protótipo, que se encontra na faixa de R$ 80, pode ser considerado um valor acessível frente a relevância do projeto.

O projeto SAVE apresenta-se como uma ferramenta útil, promissora e que pode ter novas funcionalidades adicionadas ou aprimoradas de forma colaborativa, uma vez que segue a filosofia FLOSS, estando licenciado sob licenças livres, além de utilizar a plataforma Arduino, amplamente difundida na comunidade.

7. Trabalhos Futuros

Os trabalhos futuros consistem no aprimoramento do sistema em diversos aspectos: melhorias no sistema de sensoreamento, permitindo a detecção de falso positivo através do uso de sensores específicos, tais como sensores de calor; integração de um módulo GSM para envio de mensagens de texto para o celular do responsável, atuando como uma forma de alarme caso uma situação de alerta seja detectada; implementar uma interface de usuário para que o mesmo interaja com o sistema através de um *display* e um teclado, além de novas funcionalidades não descritas anteriormente.

Estudar uma forma genérica de instalação nos veículos, onde a particularidade de cada veículo não seja um problema que possa comprometer o funcionamento do sistema ou impossibilitar sua instalação.

Com o crescimento da complexidade do sistema, será necessário o estudo da substituição da plataforma Arduino por placas de maior poder computacional, tais como Raspberry PI ou BeagleBone, que poderão permitir funcionalidades mais complexas, como análise e detecção de imagens.

8. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Prof. Dr. Leandro C. Fernandes e Profa. Ma. Daniele B. Couturato pelas revisões deste artigo e a Universidade Paulista – UNIP, campus Araraquara, pelo suporte e apoio ao projeto.

9. Referências

Mellis, D. A., Banzi, M., Cuartielles, D. and Igoe, T. (2007) "Arduino: An Open Eletronics Prototyping Platform". Disponível em http://web.media.mit.edu/~mellis/arduino-chi2007-mellis-banzi-cuartielles-igoe.pdf. Ultimo acesso em Abril/2016.

Pedroso, L. (2011) "Proposta para um sistema de monitoramento de peso de um paciente acamado em UTI". Disponível em http://www3.iesam-pa.edu.br/ojs/index.php/controle_auto/article/view/964. Ultimo acesso em Outubro/2015.

Nakatani, A. M. (2013) “Medição com sensor ultrassônico HC-SR04”. 3rd International Congress on Mechanical Metrology (3rd CIMMEC). Gramado/RS, Brazil.

Oliveira, R. M. M. (2014), “Método para mapeamento do campo de atuação 3D de sensores ultrassônicos”. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19, 2014.

Prudêncio, M. M. V., Cogo, F. R., Chaves, A. P. e Steinmacher, I. (2015). “Participação de Mulheres em Projetos de Software Livre: Caso da Comunidade Brasileira da Mozilla Foundation”. Workshop de Software Livre. Porto Alegre/RS, 2015.

Azevedo, G. (2014). Crianças morrem após serem esquecidas pelos pais dentro de carro. Disponível em http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2014/12/criancas-morrem-apos-serem-esquecidas-pelos-pais-dentro-de-carro.html. Ultimo acesso em Abril/2016.

Fávaro, A. (2013). Projeto Anjo da Guarda: Proteger crianças esquecidas em carros. Disponível em https://www12.senado.leg.br/ecidadania/visualizacaoideia?id=7681, Abril/2016.

Maia, F. (2009). Cadeira com sensor avisa se pai esquece bebê dentro do carro. Disponível em http://noticias.r7.com/tecnologia-e-ciencia/noticias/cadeira-com-sensor-avisa-se-pai-esquece-bebe-dentro-do-carro-20091130.html, Ultimo acesso em Abril/2016.

CBS News (2014), How technology could help prevent kids' deaths in hot cars. Disponível em http://www.cbsnews.com/news/how-technology-could-help-prevent-kids-deaths-in-hot-cars/. Ultimo acesso em Abril/2016.

Auto esporte (2001). Esqueceram de mim. Disponível em http://autoesporte.globo.com/edic/ed428/tecnologia.htm . Ultimo acesso em Abril/2016.

Yerubandi, V., Reddy, Y. M., Reddy, M. V. K. (2015). “Navigation system for an autonomous robot using fuzzy logic”. Disponível em http://www.ijsrp.org/research-paper-0215/ijsrp-p3807.pdf. Ultimo acesso em Junho/2016.