

# PROTÓTIPO DE UM SENSOR DE PRESENÇA A PARTIR DO REUSO DA PLACA LÓGICA DE UM MOUSE.

Luis O. N. Teles<sup>1</sup>, Atila R. Lopes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciência da Computação - Universidade Estadual do Piauí (UESPI)  
Parnaíba - PI - Brasil

luisotavio\_phb@hotmail.com, atilarlopes@gmail.com

**Abstract.** *Much is said about reusability and we have seen a worldwide concern in recent years about the future of the planet. The low cost of the devices and their low durability have further aggravated this situation. Many works have appeared with the proposal to reduce the impact on the environment through reuse. Many public policies already exist in order to avoid disposal in common waste, but they are not always effective in underdeveloped countries. Monitoring systems have emerged as a solution to bring security to homes and the high cost of devices still makes it impossible to acquire these devices. This article presents a prototype of a low-cost presence sensor that was produced from the reuse of an old mouse board.*

**Resumo.** *Muito se fala sobre reusabilidade e temos visto uma preocupação mundial nos últimos anos sobre o futuro do planeta. O baixo custo dos dispositivos e sua durabilidade baixa tem agravado ainda mais essa situação. Tem surgido muitos trabalhos com a proposta de diminuir o impacto no meio ambiente por meio do reuso. Muitas políticas públicas já existem a fim de evitar o descarte em lixo comum, mas nem sempre são eficazes em países sub-desenvolvidos. Os sistemas de monitoramento vêm surgindo como solução para trazer segurança às residências e o alto custos dos dispositivos ainda inviabiliza a aquisição desses dispositivos. Este artigo apresenta um protótipo de sensor de presença de baixo custo que foi produzido a partir do reuso de uma placa de um mouse velho.*

## 1. Introdução

Os sistemas de segurança estão cada vez mais sofisticados e buscando melhorias para a vida dos usuários que dependem desse sistema para monitorar espaços tais como casas, comércios, ruas, etc. O crescimento desse tipo de tecnologia é proporcional ao índice alarmante de assaltos que vêm aumentando muito nos últimos anos, também influenciado pela queda no preço desses equipamentos que, dependendo da aplicação, pode custar entre 1000,00 R\$ a 20,000,00 R\$. Pensando nisso, muitas novas tecnologias vêm surgindo a fim de reduzir o custo de aquisição desses equipamentos e tornando-o assim uma ferramenta comum nas residências, pois o alto custo ainda inviabiliza a implementação desses dispositivos.

A busca por ferramentas de monitoramento de ambiente tem grande impacto na estrutura organizacional de uma empresa, além de prover segurança, ele possibilita um controle melhor de ambientes e controle de estoque. Podemos citar o trabalho de

[MELO 2014] que produziu um sistema desktop de gerenciamento de estoque com o objetivo de automatizar o processo de estocagem, venda de produtos e controle da quantidade de matéria prima na entrada e contagem da mesma na saída, através da automatização do processo com arduino.

Em uma de suas afirmações, [Silva 2013] define que um dos objetivos da automação residencial é oferecer maior comodidade para as pessoas, melhorando a qualidade de vida, reduzindo os trabalhos domésticos, aumentando o bem estar e dando maior segurança ao patrimônio.

O baixo custo é um tema muito importante quando tratamos de soluções para facilitar a vida do usuário, pois de nada adiantaria propor uma solução para algo que possível vá ser necessário um custo elevado para sua implementação. A ideia é em suma, torna a solução o mais barato possível, com redução de custos tanto na aquisição quanto na implementação. A busca pelo tema é muito bem vista por empresa do seguimento de desenvolvimento de hardware, pois estão sempre buscando diminuir os custos de produção e, conseqüentemente, baixar o preço final para o usuário.

Os sistemas de segurança fornece uma visibilidade maior do ambiente quando o interessado em monitorar o ambiente não está presente. Tal serviço garante que atividades sejam feitas e fornecem um tipo de controle. Há controles implementados para controle de fluxo de pessoas, organização, etc. Há diversas aplicações que podem ser implementadas dentro de um sistema de automação com sensores.

A reusabilidade de blocos de hardware tem sido muito debatido e abre margem para o surgimento de diversos dispositivos [Hernandez 2005]ne” com slots que permitiriam que o usuário possam trocar ou mesmo está usando peças de outras celulares antigos. A dificuldade é quanto aos estudos de compatibilidade de sockets e chips de memória que por vezes são diferentes em cada dispositivo, assim, tornando cada modelo de celular um hardware próprio e sem possíveis adaptações.

O hardware apresentado neste trabalho consiste num dispositivo capaz de detectar presença, o modelo segue o desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo, originalmente montado com peças de reuso removida de um mouse velho. A reusabilidade entra como um forte ponto de debate e tem sido tema de grandes debates mundiais, pois o aumento de descarte de lixo eletrônico tem agravado ainda mais a situação do meio ambiente.

As soluções de baixo custo surgem como potencial com perspectivas para um mercado que possa absorver a invenção e então ser adquirida em grande escala, tal estágio necessita de uma infinidade de testes e *feedbacks*, pois mesmo que um hardware se encaixe dentro de uma determina aplicação, há a necessidade de um estudo de adaptação que não comprometa a fabricação do dispositivo, pois se o valor final de um produto que é feito a partir de reuso ficar muito alto ou próximo a de um produto que já existe no mercado, o usuário sempre irá preferir comprar algo com garantia de funcionalidade, ainda mais quando se fala em segurança eletrônica.

Além da necessidade de reuso dos blocos de hardware, é necessário também observar o código fonte de todos os dispositivos. Em placas de uso específico, há um processo de programação de chips que adéquam o funcionamento de um chip àquela tarefa desejada. Então nem sempre um hardware que funciona bem no dispositivo de origem irá

apresentar bom da mesma forma numa adaptação.

Os mouses funcionam como câmeras que tiram foto da superfície de contato e fazem várias comparações em cada milésimo de segundo para identificar se houve algum movimento, também há um aumento de intensidade luminosa do led, isso possibilita uma melhor captura da superfície. O simples processo de levantar um mouse e passar algo frente ao seu chip de leitura, faz com que o mecanismo acione o led a fim de melhorar a captura. Pensando nisso, a adaptação apresentada neste trabalho remove o led e insere um speaker. O speaker é um dispositivo emissor de áudio muito encontrado em placa mães, são eles que fazem o beep que informa se o POST ocorreu tudo bem e então a máquina pode ligar normalmente. O speaker serve como alerta para informar a presença de algo em movimento frente ao chip do protótipo.

Há no mercado diversos dispositivos capazes de detectar presença de pessoas, e até mesmo ignorar a presença de animais no ambiente e só fazer o alertar quando for de fato uma pessoa. O custo destes dispositivos têm diminuído com o passar dos anos, mas o custo pode variar de acordo com o tipo de sensor, a proposta de reutilizar um chip que originalmente não foi desenvolvido para isso abre um leque de possibilidades para o surgimento de dispositivos novos e feito unicamente a partir de peças velhas, ou grande parte do dispositivo.

Em relação à parte de hardware, não é objetivo deste trabalho, desenvolver e nem criar novos circuitos ou módulos eletrônicos, e, sim, à integração dos módulos já encontrados disponíveis no mercado necessários à criação do protótipo para a automatização dos dispositivos residenciais que serão apresentados no capítulo da modelagem.

A seção 2 esboça os trabalhos que seguem a mesma linha de pesquisa, nela podemos ver a importância do tema. A seção 3 apresenta alguns trabalhos que utilizam a abordagem do reuso como forma fundamental para diminuir o descarte de maneira irregular. A seção 4 de materiais e métodos lista os componentes e sua importância para a confecção do dispositivo proposto. A seção 5 apresenta os resultados obtidos em testes prática para determinar se o protótipo proposto é capaz de detectar presença, bem como validar em diferentes espaços sua funcionalidade.

## **2. Reuso de Hardware**

O referencial teórico da presente pesquisa foi estruturado em tópicos que abrangem a linha de pesquisa e ratificar sua importância.

Para tornar os produtos de engenharia competitivos para o mercado, devem ser fornecidas técnicas para permitir que tais produtos a serem produzidos a baixo custo, em um curto período de tempo e com uma qualidade desejável. Estes pré-requisitos para produtos de engenharia podem ser alcançados aprimorando sua produtividade e qualidade. A reutilização é hoje um importante princípio de engenharia cuja importância deriva do desejo de evitar duplicação e capturar pontos comuns na realização de classes de tarefas inerentemente semelhantes. Isto é então reconhecido como um princípio básico para o desenvolvimento de produtos de engenharia. O hardware é essencialmente um produto de engenharia. Portanto, por razões de economia, produtividade, qualidade e tempo de colocação no mercado, é altamente desejável reutilizar componentes de hardware existentes [de Melo and Barringer 1995].

O resíduo eletrônico, quando descartado de forma incorreta contamina o meio ambiente. Esta contaminação se dá devido a presença de metais pesados tóxicos na composição destes equipamentos. Dentre estes metais, os mais comumente encontrados são o mercúrio, berílio e chumbo. Quando o descarte incorreto ocorre, estes materiais contaminam o solo e os lençóis freáticos. A incineração destes materiais libera toxinas perigosas no ar. Assim, o descarte correto é de extrema importância não só para o meio ambiente, mas também para a saúde humana.

Cerca de 5% de todo o lixo produzido pela humanidade é eletrônico. São em média 50 milhões de toneladas de resíduos desta espécie, jogadas fora anualmente [RECICLAGEM-CEMPRE 2015]. Em países como Japão a reciclagem deste tipo de resíduo chega a quase 99% [Nalini et al. 2016].

Segundo o site StEP E-waste World Map – Overview World - STEP (2018), os EUA foram os que mais geraram resíduos eletrônicos em 2014: foram 7,072 milhões de toneladas, ou 22,1 kg por habitante. No mesmo período, o Brasil produziu 1,412 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos, ou 7 kg por habitante.

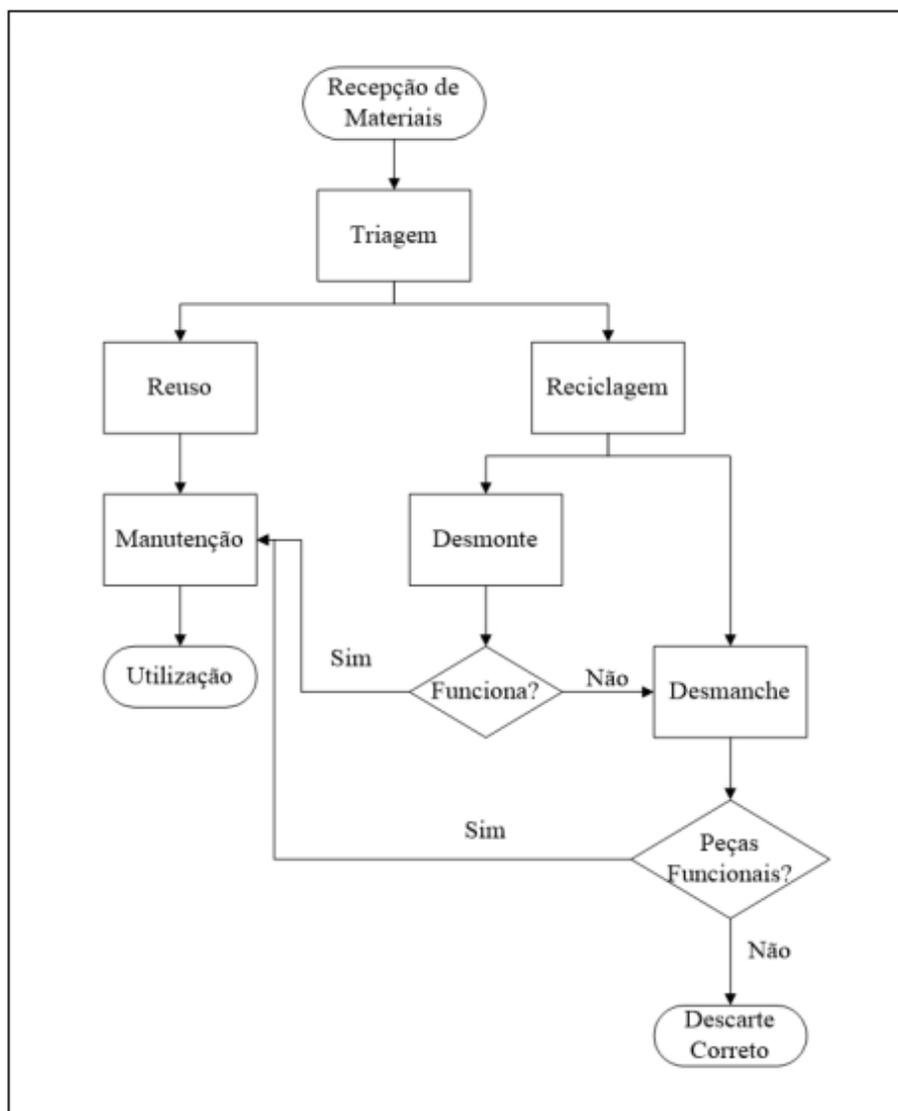
Em 2010 estimava-se que a média de resíduo eletrônico gerado por habitante no Brasil seria de 2,6 kg por habitante [de Andrade et al. 2010]. A comparação com os dados de 2014 demonstra o rápido crescimento deste tipo de resíduo no país.

O Brasil, apesar de contar com 49 instrumentos regulatórios (Regras, Regulamentos, Políticas e Orientações sobre lixo eletrônico), carece de políticas efetivas e planos de gestão que informem melhor a população sobre o problema do lixo eletrônico (“STEP E-waste World Map Overview Brazil – STEP”, 2018). Pesquisas recentes levantaram que 36% desconhecem o problema do lixo eletrônico e dentre os 64% informados, 58% tem um eletroeletrônico sem uso em casa. Ainda dentre os informados, 36% doam o resíduo eletroeletrônico, 34% guardam os resíduos em casa e 29% o destinam o resíduo ao lixo comum [ADRIANO SILVA et al. 2009].

[da Silva Oliveira et al. 2010] ressaltam que a maioria dos equipamentos eletroeletrônicos vai para lixões ou aterros sanitários como resíduos urbanos comuns, por falta de políticas e leis que determinem o descarte e tratamento ideal para esses resíduos e por falta de incentivo para prática da reciclagem. Desta forma, o lixo eletrônico é duplamente nocivo ao meio ambiente, na produção e no descarte.

De acordo com [Santos et al. 2010], a construção de protótipos robóticos faz com que o aluno questione e seja capaz de relacionar diferentes conhecimentos e aptidões, de forma a solucionar um problema. Acrescentam os autores que a busca por soluções estimula o espírito investigativo, fortemente motivado pela curiosidade permitindo que o aluno extrapole os conhecimentos individuais de cada disciplina.

A imagem 1 apresenta um fluxograma criado por [Obana et al. 2018] e ele explica que o primeiro passo do processo de triagem é o teste de funcionamento para a determinar se este equipamento será destinado para o reuso, desmonte ou desmanche. Ao ser ligado, se o equipamento apresentar funcionamento inicial correto será destinado ao reuso. O processo de desmonte é realizado quando, na classificação inicial, o computador não apresenta funcionamento correto. O desmonte consiste em retirar todas as peças do computador e testá-las individualmente, a fim de se constatar tanto sua funcionalidade quanto sua confiabilidade. Se a peça apresenta funcionamento correto é colocada em es-



**Figura 1. Fluxograma do procedimento de Reciclagem**

toque e pode ser utilizada para a montagem de um computador completo ou como peça de manutenção.

O [Lee et al. 2017] diz que nos últimos anos à medida que as regulamentações ambientais foram fortalecidas em todo o mundo, as novas políticas que consideram o meio ambiente foram introduzidas em várias indústrias. Como resultado, para proteger contra a poluição ambiental e economizar recursos, foram estudadas tecnologias ecológicas. Especialmente nas indústrias de maquinagem e máquinas, o interesse em lidar com a reciclagem de fluidos de corte e chips de metal aumentou porque esses materiais são altamente tóxicos.

O consumo desmedido, impulsionado pela obsolescência programada, traz consequências para todo o planeta, porque colabora para a continuidade de um estilo de produção que se revela insustentável frente à necessidade de preservação do meio ambiente para a dignidade de vida das futuras gerações [Rossini and Sanches 2017]. Os números da obsolescência dos equipamentos eletrônicos são impressionantes. Estimati-

vas mostram que, no ritmo atual, a cada ano que se passa, haverá 600 milhões de computadores obsoletos só nos EUA. Considerando o resto do mundo, esse número ultrapassa três bilhões [Neto et al. 2008].

Segundo [de Melo and Barringer 1995], poucas ferramentas foram desenvolvidas para ajudar na tarefa de reutilizar algum hardware, pois isso envolve todo um protocolo interno dos fabricantes que muitas vezes não liberam os códigos de firmware ou esquemas de hardware para possibilitar o entendimento total sobre o funcionamento e consequentemente as mudanças no hardware proprietário. Elaborar um protótipo pode ser considerado uma tarefa muito exaustiva quando os passos necessários para sua confecção não são executados corretamente. Ademais, cabe ressaltar que, ao fazer uso de um dispositivo já pronto, o trabalho é dobrado por conta das adaptações e estudos sobre o funcionamento do dispositivo reutilizado.

### 3. Trabalhos relacionados

A reutilização não pode ser classificada como uma área independente em ciência da computação, é de certa forma uma abordagem para o problema de desenvolvimento de software [Freeman 1987]. É basicamente um princípio que requer certas técnicas a serem incorporadas nos métodos de desenvolvimento de software / hardware [de Melo and Barringer 1995]. Há no mundo uma preocupação global

[Obana et al. 2018] demonstra no seu trabalho algumas das contribuições que podem ser feitas a partir do reuso de hardware. No trabalho, ele apresenta alguns dispositivos criados. Na Figura 2 foi construído uma fonte de bancada a partir de uma fonte de computador, as fontes são dispositivos comuns que fornecem energia para o computador e protegem contra surtos, ao ser queimada, muitas vezes é descartada. A reutilização de computadores acontece quando se utiliza um computador obsoleto (funcional) ou peças provenientes do desmonte, ainda em condições de uso, de computadores não funcionais para a construção de um novo computador em condições de uso.



**Figura 2. Fonte de computador adaptada para funcionar como fonte de bancada.**

A Figura 3 apresenta um outro dispositivo feito a partir do reuso de fios, gravadora de cd e cd velhos. O robô feito com as peças tem funcionalidades de controles tração, pois há um motor interno que foi removido da gravadora de cd e mecanismo de movimento por meio das rodas feitas com CD [Obana et al. 2018].

Uma tarefa crucial quando falamos de reutilizar componentes é modificar o



**Figura 3. Robô de controle remoto com fio e roda feitas com CD.**

elemento existente para alcançar a funcionalidade desejada. Novamente, ao usar uma abordagem sistemática para desenvolver software ou hardware, a modificação de componentes existentes é, em grande parte, uma tarefa de domínio humano [de Melo and Barringer 1995].

No *Mouse* a sua placa de circuito impresso e o plugue não são diretamente recicláveis, correspondendo em média a 13% em massa do mouse. Em cerca de 10 minutos, um mouse foi completamente desmontado Figura 4 e na Figura 5 segregado em seus constituintes [OLIVEIRA et al. 2010].



**Figura 4. O mouse e seus componentes.**

Como podemos ver, na Figura 5, diversos são os materiais que compõem a estrutura de um mouse, a reciclagem dos resíduos plásticos já é comum, mas nem sempre eficaz por conta dos número baixo dos pontos de coletas. Ainda há uma necessidade grande de reciclagem dos componentes eletrônicos visto que mesmo correspondendo em média a 13% do dispositivo, são esses 13% que possuem os materiais mais danosos ao meio ambiente.

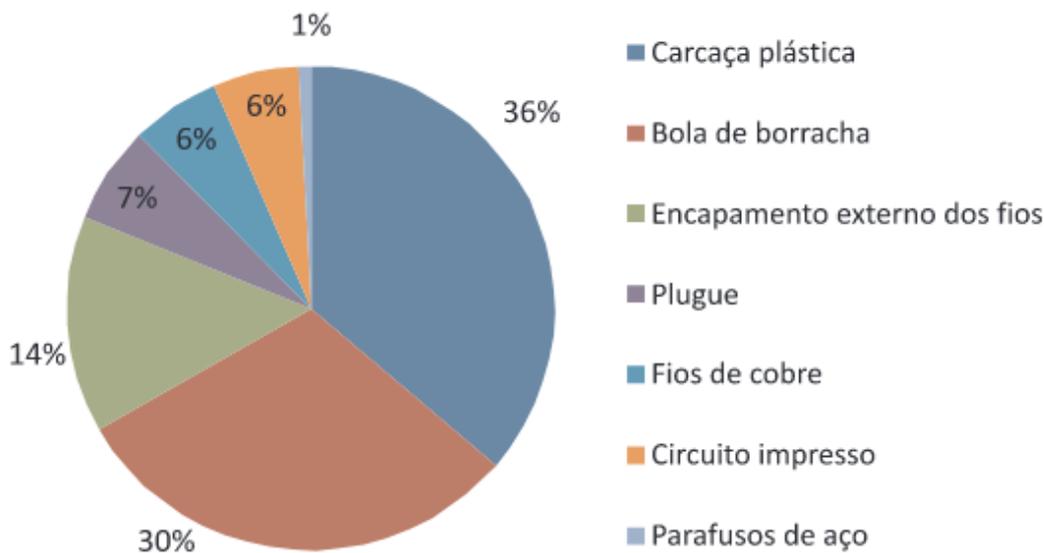


Figura 5. Composição (em massa) do mouse desmontado na Figura 4

#### 4. Materiais e Métodos

Os mouses velhos são, em sua maioria, descartados. O mouse utilizado neste trabalho foi de modelo básico chamado de óptico que utiliza fotodiodos e LED para projetar luz no sensor, ele é vendido em média a 20,00 R\$ nas lojas de informática. Para atender a proposta do trabalho, o dispositivo teve que passar por algumas modificações para que permitisse executar a função de detecção corretamente.

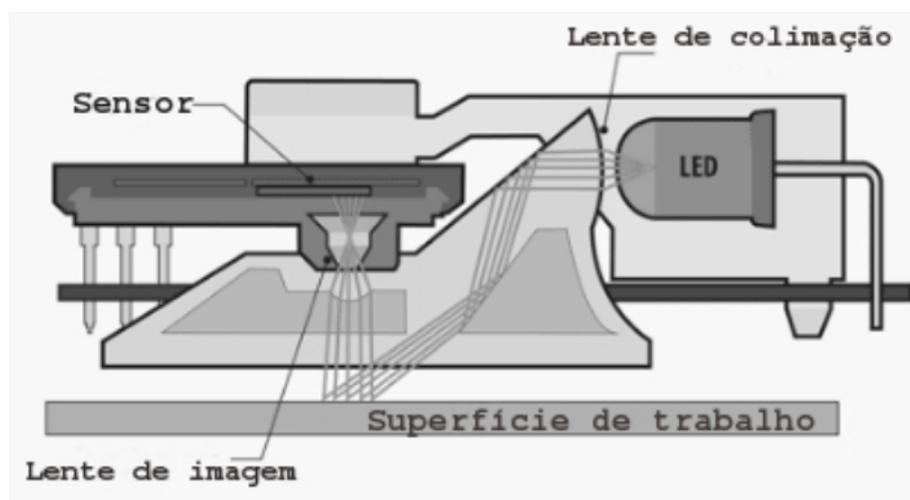
O protótipo criado para ser aplicado em controle de ambientes segue a linha da segurança eletrônica. Inicialmente o mouse foi aberto e feito a análise do circuito, foi possível notar a forma de funcionamento do dispositivo, então determinar quais itens seriam necessários para modificar o hardware.

O sistema óptico dos mouses desse tipo é composto, basicamente, por um LED emissor de luz vermelha e um sensor CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Quando o mouse está em contato com uma superfície, a luz é emitida e refletida, fazendo assim uma troca de informação com retorno ao sensor.

Na montagem, foi necessário utilizar ferro de solda, solda de chumbo e fios. A ligação do dispositivo foi feita diretamente em uma fonte de alimentação de 5volts, a ligação seguiu o padrão de fábrica usando dois pinos da porta usb 5V e GND. O led presente no mouse foi deixada como forma secundária de alerta sobre a detecção de presença e o auto-falante foi ligado diretamente no barramento do LED, o led tem por função iluminar o campo de contato do sensor óptico e permitir assim a leitura, a colocação do auto-falante neste local se deu por conta da variação de intensidade de tensão que a controladora faz de acordo com o movimento captado pelo sensor óptico.

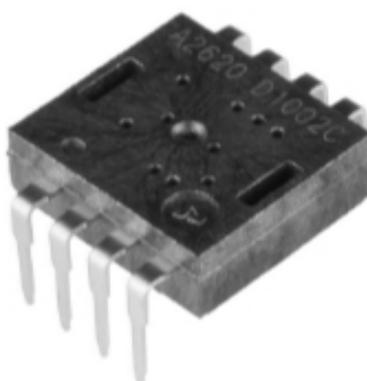
Os mouses possuem vários modelos, neste trabalho utilizamos o modelo chamado de óptico que utiliza fotodiodos e LED para projetar luz no sensor, a Figura 6 apresenta o layout básico de funcionamento do mouse. O sistema óptico dos mouses desse tipo

é composto, basicamente, por um LED emissor de luz vermelha e um sensor CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Quando o mouse está em contato com uma superfície, a luz é emitida e refletida, fazendo assim uma troca de informação com retorno ao sensor.



**Figura 6. Estrutura do mouse**

Quando o mouse está em contato com uma superfície, a luz é emitida e refletida, fazendo assim uma troca de informação com retorno ao sensor. Após isso o sensor, este na Figura 7, age como se estivesse tirando uma fotografia daquele ponto e envia a imagem a um DSP (Digital Signal Processor), que a analisa. Esse processo é repetido constantemente e em uma velocidade muito alta [Junior 2014]. O DSP faz então uma espécie de comparação e análise dos padrões das imagens e consegue, com isso, entender para onde o mouse está sendo movimentado. O passo seguinte consiste em enviar essas informações ao computador para, finalmente, o cursor na tela ser orientado.



**Figura 7. Sensor Óptico Mouse**

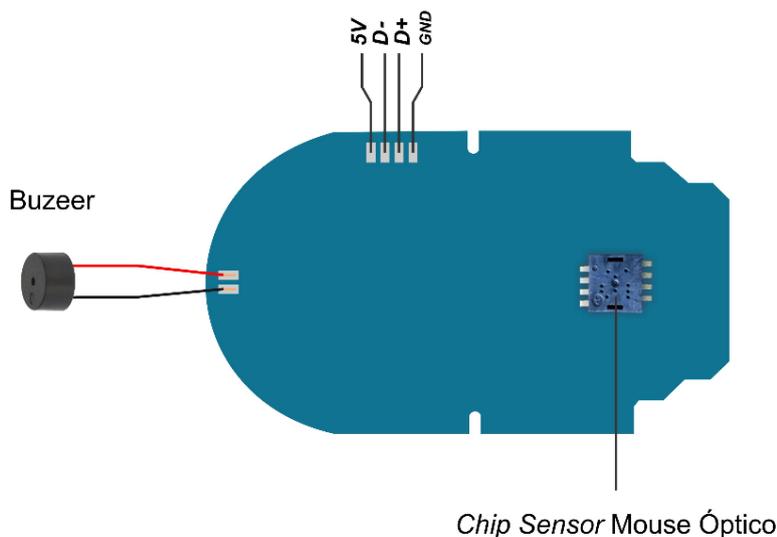
A Tabela 1 apresenta todas as ferramentas e dispositivos utilizados durante a confecção do protótipo, partindo desde o desenho técnico até a parte de soldagem dos

componentes e montagem do dispositivo. Inicialmente foi feito o desenho técnico do protótipo, nele é possível notar a forma como foram ligados os barramentos na placa de circuito do mouse. Também podemos notar o esquema de ligação da fonte, onde os barramentos d- e d+ ficam sem uso por não fazermos o tratamento de dados neste dispositivo.

**Tabela 1. Ferramentas e dispositivos utilizados no trabalho**

Dispositivos utilizados	Ferramentas utilizadas
Mouse	Protoboard
Ferro de solda	Jumpers
Fonte de 5v	Solda
Speaker	Corel Draw

A Figura 8 mostra o desenho feito no Corel Draw para fins didáticos e orientação sobre as conexões e funcionamento. No protótipo temos o auto-falante, que foi removido de um placa-mãe velha e sem uso, como dispositivo de saída que é acionado quando há a captação de movimentação sobre o chip sensor mouse óptico. Os barramentos 5V e GND foram, respectivamente, ligados numa fonte de 5v obedecendo a sua polaridade. OS barramentos de dados não foram utilizadas neste protótipo, há também alguns botões no mouse que podem ser utilizados em trabalhos futuros para dar novas funcionalidades ao dispositivo.

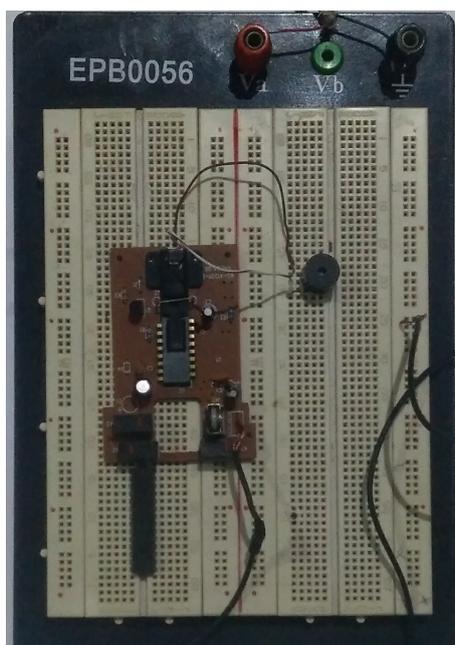


**Figura 8. Protótipo**

## 5. Resultados

Após ligar o protótipo, já foi possível executar suas funções e detectar a presença de algum objeto que passasse pelo sensor. Os resultados dos testes indicam que o protótipo atingiu um resultado válido, pois em 100% dos testes houveram acertos, exceto no caso dos testes com controle remoto. Os testes consistiram em fixar o sensor em espaço de passagem de pessoas e verificar se o mesmo acionava quando alguém passava por este espaço. Após feitos os testes, foi possível notar o acionamento do auto-falante alertando sobre a presença de alguém. O dispositivo foi capaz de detectar os movimentos feitos sobre o sensor, captar os sinais infravermelho do controle remoto, então podemos dizer que o objetivo de construir um dispositivo capaz de detectar presença foi alcançado. Também vale ressaltar que o dispositivo principal reusado seria jogado fora por não ter mais utilidade ou apresentar defeito.

Após a ligação de todos os barramentos e alimentado o circuito, a Figura 9 apresenta o protótipo criado na protoboard que serviu como modelo e teste de execução do protótipo. Então foram soldados os componentes nos seus devidos lugares e executado os testes práticos na bancada.

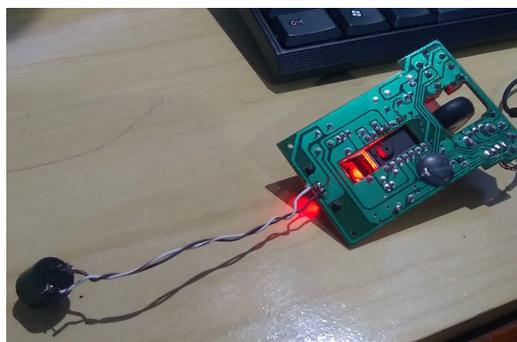


**Figura 9. Protótipo na protoboard**

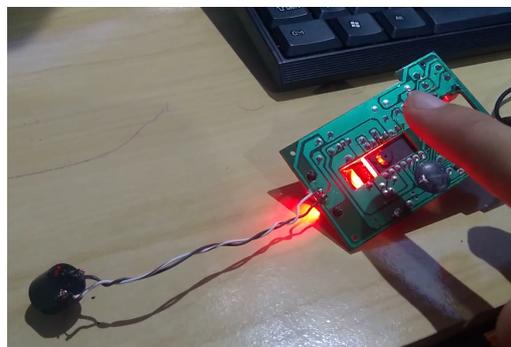
Durante os testes, foi possível detectar erros de leitura nos casos em que os sensores foram expostos por muito tempo ao espectro infravermelho, ficando como proposta para trabalhos futuros procurar as causas que levaram ao erro e implementar um contador para que seja possível definir o número de acionamento. O foco também é torná-lo um produto comercializável ou pelo menos replicável para uso na casa de quem desejar um dispositivo básico. O sensor possui um raio de abertura de 10cm a 15cm, neste intervalo de distância foi possível obter 100% de acertos quando algum objeto passava por cima do sensor.

A Figura 10 apresenta o dispositivo ligado em duas situações de teste. Figura 10(a), o dispositivo ligado e sem a presença de nada, o led fica acionado e há um sinal

sonoro constate e de volume baixo no alto falante e Figura 10(b) ao posicionar o dedo sobre o sensor, foi possível notar um aumento na intensidade da luz e o volume do sinal sonoro aumenta, isso permite indicar a presença.



(a) Protótipo ligado



(b) Dedo passando em cima do sensor

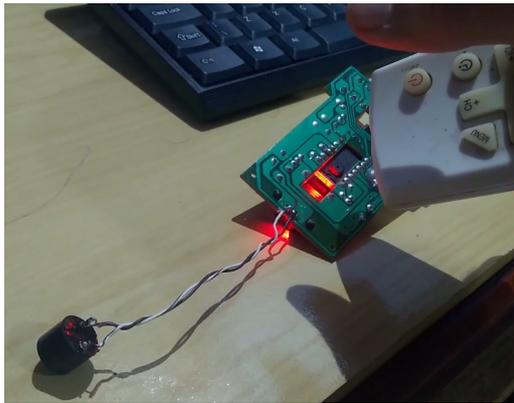
**Figura 10. Sensor ligado e teste de detecção**

A implementação do protótipo foi simples no sentido de não apresentar dificuldades técnicas ou operacionais que pudessem comprometer sua construção. No entanto, os testes identificaram algumas limitações em relação a distância entre o sensor e o objeto, tal observação pode vir a ser solucionado com um estudo mais aprofundado sobre o chip de leitura. Portanto, o trabalho pode servir como fonte de pesquisas voltadas às práticas de reuso, busca por soluções econômicas e ecologicamente sustentáveis aplicadas na produção de novos dispositivos eletrônicos. Neste trabalho foi apresentada uma solução para um dos dispositivos muito usado e que contém muitos materiais que causam danos ao meio ambiente, pois dados de caracterização química mostram que até cerca de 60 elementos da Tabela Periódica se acham presentes nos computadores atuais, alguns bastante tóxicos aos seres vivos [ARTONI 2007].

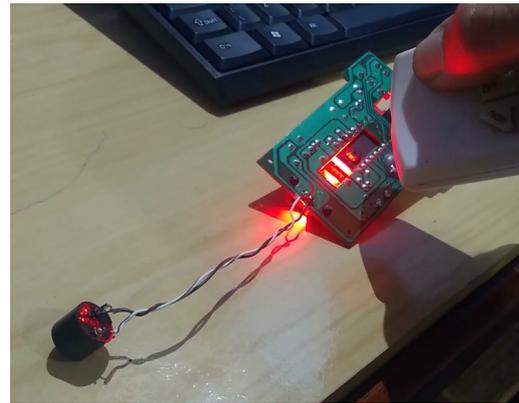
A Figura 11 apresenta o protótipo ligado em duas situações de teste. Na Figura 11(a), o dispositivo ligado com um sinal sonoro baixo e contínuo e led acesso e na Figura 11(b), o botão do controle remoto é pressionado, o sensor do mouse então capta os sinais infravermelhos, isso faz com que o chip mande o comando para aumentar a tensão na saída do led, conseqüentemente aumentando a intensidade de luz e aumentando o volume do autofalante. O teste indica que o dispositivo além de funcionar como sensor de presença, pode vir a ser usado em bancada de eletrônicas onde muitas vezes precisam testar controles remotos de televisores.

A reutilização de componentes de hardware por meios formais ainda está muito recente. A reutilização formal foi abordada apenas por alguns trabalhos que se concentram na definição parcial de processos para realizar a reutilização. Todos esses trabalhos enfatizam a linguagem usada para obter abstração na especificação dos sistemas e aumentar seu potencial de reutilização [de Melo and Barringer 1995].

Por tudo isso, levando em consideração a aplicabilidade e soluções possíveis, espera-se que o trabalho possa servir de base para futuras implementações e que novos projetos possam ser motivados a construir dispositivos eletrônicos de baixo custo, através do reuso de peças de hardware obsoletas que poderiam causar danos ao meio ambiente, conseqüentemente provocando doenças e um alto acúmulo de lixo eletrônico no planeta.



(a) Protótipo ligado



(b) Teste apontando controle remoto infravermelho

**Figura 11. Sensor ligado e teste de detecção do sinal do controle remoto infravermelho**

## 6. Considerações Finais

Existe no mundo da eletrônica diversos chips e muitas vezes construídos para aplicações específicas, como é o caso dos microcontroladores, que são gravados atendendo à especificações a nível de linguagem de máquina, este chips podem facilmente serem regravados e reaproveitados. Também há os chips tipo NPN e PNP que, por possuírem funções genéricas, podem muitas vezes serem substituídos no hardware o qual foram projetados.

Essas facilidades de modularização de hardware podem, de certa forma, contribuir para a redução do lixo eletrônico. Cabe aos fabricantes definirem isso como prioridade no processo de vida dos dispositivos que, por muitas vezes, são construídos com uma vida útil  $x$  e destinado ao lixo comum ao término dela.

## Referências

- ADRIANO SILVA, L. A. et al. (2009). Lixo eletrônico e as perspectivas de uma sociedade de consumo: um estudo exploratório na cidade de natal-rn. *I Jornada Científica de Ferramentas de Gestão Ambiental para Competitividade e Sustentabilidade-JCGA*.
- ARTONI, C. (2007). Perigos escondidos - para onde vai o e-lixo. *seção ambiente*.
- da Silva Oliveira, R., Gomes, E. S., and Afonso, J. C. (2010). O lixo eletroeletrônico: Uma abordagem para o ensino fundamental e médio.
- de Andrade, R. T. G., Fonseca, C. S. M., and da Costa Mattos, K. M. (2010). Geração e destino dos resíduos eletrônicos de informática nas instituições de ensino superior de natal-rn. *HOLOS*, 2:100–112.
- de Melo, A. C. and Barringer, H. (1995). A foundation for formal reuse of hardware. In *Advanced Research Working Conference on Correct Hardware Design and Verification Methods*, pages 124–145. Springer.
- Freeman, P. (1987). A perspective on reusability. *Tutorial: Software Reusability*, pages 2–8.

- Hernandez, É. B. (2005). Macanudo: uma abordagem baseada em componentes voltada a reuso de projetos de hardware.
- Junior, A. (2014). Relatório sobre mouses Ópticos.
- Lee, C.-M., Choi, Y.-H., Ha, J.-H., and Woo, W.-S. (2017). Eco-friendly technology for recycling of cutting fluids and metal chips: A review. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 4(4):457–468.
- MELO, F. H. (2014). Sigmetal: Sistema de gerenciamento de estoque de matéria prima para metalúrgicas usando arduino.
- Nalini, J. E. et al. (2016). *Mercado de reciclagem do lixo no Brasil: entraves ao desenvolvimento*. Novas Edições Acadêmicas.
- Neto, J. Q. F., Bloemhof-Ruwaard, J. M., van Nunen, J. A., and van Heck, E. (2008). Designing and evaluating sustainable logistics networks. *International journal of production economics*, 111(2):195–208.
- Obana, F. Y., Sperotto, L. K., Marinho, M. R., and Dos Santos, R. T. (2018). Reutilização e reciclagem de equipamentos de informática em uma cidade de pequeno porte. *Revista Compartilhar-Reitoria*, 3(1):63–69.
- OLIVEIRA, R. d. S., GOMES, E. S., and AFONSO, J. C. (2010). O lixo eletroeletrônico: uma abordagem para o ensino fundamental e médio. *Química Nova na Escola*, 32(4):240–248.
- RECICLAGEM-CEMPRE, C. E. P. (2015). Cempre review. 2013. *São Paulo: Cempre*.
- Rossini, V. and Sanches, S. H. D. F. N. (2017). Obsolescência programada e meio ambiente: A geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. *Revista de Direito e Sustentabilidade*, 3(1):51–71.
- Santos, F. L., Nascimento, F. M. S., and Bezerra, R. M. (2010). Reduc: A robótica educacional como abordagem de baixo custo para o ensino de computação em cursos técnicos e tecnológicos. In *Anais do Workshop de Informática na Escola*, pages 1304–1313.
- Silva, L. L. d. (2013). Desenvolvimento de uma solução para automação residencial usando a plataforma android e arduino. *Ciência da Computação-Pedra Branca*.