

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC JARAGUÁ
CURSO TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA**

**ADEMI VASCONCELOS MONTEIRO
EDINEZIO LIMA SANTOS
FELIPE SILVA DE ANDRADE RIBEIRO
GRAZIELA DE OLIVEIRA SANTOS
JHONY CARMO DE OLIVEIRA
JOEL SILVA OLIVEIRA DOS SANTOS**

**SISTEMA DE SEGURANÇA CONTRA EXCESSO DE ALTURA,
PARA PREVENÇÃO DE
COLISÃO EM PONTES, TÚNEIS E PASSARELAS.**

**SÃO PAULO
2025**

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC JARAGUÁ
CURSO TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA**

**ADEMI VASCONCELOS MONTEIRO
EDINEZIO LIMA SANTOS
FELIPE SILVA DE ANDRADE RIBEIRO
GRAZIELA DE OLIVEIRA SANTOS
JHONY CARMO DE OLIVEIRA
JOEL SILVA OLIVEIRA DOS SANTOS**

**SISTEMA DE SEGURANÇA CONTRA EXCESSO DE ALTURA,
PARA PREVENÇÃO DE
COLISÃO EM PONTES, TÚNEIS E PASSARELAS.**

Versão final de Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Ensino técnico e qualificação em Eletrotécnica do Centro Paula Souza no estado de São Paulo, para apresentação à banca avaliadora, como exigência para obtenção de certificação de Técnico em Eletrotécnica, sob a orientação dos Professores Esp. Caio Comeron e Professora Juliana Benatti.

SÃO PAULO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Monteiro A; Santos E; Ribeiro F; Santos G; Oliveira J; Santos J;. SISTEMA DE SEGURANÇA DE ALTURA, PARA PREVENÇÃO DE COLISÃO EM PONTES, TÚNEIS E PASSARELAS. (39 páginas) Trabalho de Conclusão de Curso Ensino Técnico Integrado ao Médio com qualificação de Técnico em Segurança do Trabalho do Centro Paula Souza no estado de São Paulo no ano de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Professores Orientadores (Presidentes da banca)

Professor convidado (Titular 1)

Professor Convidado (Titular 2)

DEDICATÓRIA

Agradecemos a todos os familiares e amigos, que sempre estiveram ao nosso lado nos dando força e coragem para enfrentar, os desafios presente nessa jornada.

Aos professores que compartilharam seus conhecimentos e experiências despertando em nós o interesse pela área de estudo, nos motivando a seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos familiares pelo apoio incondicional, pelo incentivo e por sempre acreditarem em nós ao longo da conclusão desse curso.

Ao orientador professor Caio e a coordenadora Juliana Benatti, pela sua valiosa dedicação, paciência e pelos conhecimentos compartilhados, que foram cruciais para o desenvolvimento deste TCC. Aos professores do curso de Eletrotécnica da Etec Jaraguá, por despertaram nosso interesse pela área e por compartilharem o vosso saber. Aos meus colegas, pela parceria, pelas trocas de ideias e pelo apoio mútuo durante esta etapa. Finalmente, agradecemos a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste TCC.

RESUMO

Esse projeto tem por finalidade, trazer soluções que auxiliem no fluxo logístico de transporte de carga dentro da metrópole, propondo desenvolver um sistema de proteção, priorizando a redução de acidentes, envolvendo veículos de cargas, pontes, viadutos e passarelas, minimizando os impactos que afetam o tráfego diário de pedestres.

A cidade de São Paulo por ter um enorme fluxo de veículos em circulação, tem cerca de 7,4 automóveis para cada 10 habitantes, aponta levantamento da CET (companhia de engenharia de tráfego), conseqüentemente um alto número de caminhões que desempenham um papel crucial na cidade, no transporte de cargas, logística, distribuição, construções civil, etc...Em resumo, os caminhões são vitais para o funcionamento diário da cidade, suportando sua economia e infraestrutura. (G1 Globo, 2018).

A capital conta com a maior frota de veículos do Brasil e tem 23 municípios limítrofes que são conectados por ruas, avenidas e rodovias, causando um enorme fluxo de veículos, fazendo com que a cidade fique em constantes adaptações para que possa comportar a demanda, e uma das alternativas tomadas em São Paulo e em diversos lugares do mundo para otimizar vias foram a construção de pontes, que auxilia na ligação de vias e passagens por cima de rios, elas ajudam a reduzir o tempo de viagem e congestionamentos, proporcionando rotas mais diretas.

Sabe-se que para um bom funcionamento da malha viária, existe um bom planejamento de projeto, a fim de garantir a qualidade de fluxo de veículos, e principalmente Segurança de todos usuários, que fazem a utilização das vias.

Os acidentes envolvendo veículos de carga (caminhões) colidindo com pontes, viadutos, túneis e passarelas são um problema frequente em diversas cidades ao redor do mundo. Esses incidentes geralmente ocorrem quando o condutor desconhece ou ignora as restrições de altura das vias, resultando em colisões que podem comprometer a estrutura viária, causando congestionamentos e colocando em risco a segurança de pedestres e outros condutores. Além dos danos estruturais, essas ocorrências podem elevar a custos para reparos, indenizações e interrupções no fluxo de transporte.

O aumento do transporte de cargas faz com que o tráfego de caminhões seja intenso nas rodovias e centros urbanos. No entanto, a falta de sinalização eficaz, e a desatenção dos motoristas, contribui para a incidência desses acidentes. Em muitos casos, as placas informativas existentes não são suficientes para alertar os condutores a tempo, especialmente em situações de baixa visibilidade ou em locais onde a sinalização não é de fácil entendimento.

Diante desse cenário, torna-se essencial o desenvolvimento de soluções tecnológicas que possam diminuir tais ocorrências. O presente estudo propõe a implementação de um sistema de prevenção, composto por sensores de altura baseados em raio laser, letreiros luminosos de alerta e alarmes sonoros e câmera de monitoramento. Esses dispositivos podem detectar, em tempo real, se um veículo ultrapassa o limite de altura permitida e, imediatamente, emitir alertas visuais e

sonoros para que o motorista tome as providências antes de atingir a estrutura ou obstáculo.

A aplicação de tecnologias no trânsito tem apresentado grande eficácia na redução de acidentes e na melhoria da segurança pública. Dessa forma, este trabalho busca explorar como esse sistema pode ser empregado para amenizar os impactos negativos causados pelas colisões em estruturas, contribuindo para um tráfego mais seguro e eficiente.

Caso esse sistema seja realizado de maneira adequada, espera-se que os números de acidentes desse tipo diminuam significativamente, reduzindo o custo operacional e contribuindo para uma maior segurança nas vias. O estudo também discute a viabilidade econômica e técnica da escolha dessas soluções, analisando os benefícios de sua aplicação em diferentes cenários urbanos e rodoviários.

Palavras-chave: 1.SEGURANÇA 2. DESENVOLVIMENTO 3. CAMINHÃO
4.RODOVIAS 5. PONTES 6. VIADUTOS 7. PASSARELAS 8. SISTEMA DE ALTURA

ABSTRACT

This project aims to find solutions to reduce accidents involving cargo vehicles, bridges, viaducts, and walkways.

The city of São Paulo, having a huge flow of vehicles in circulation, has around 7.4 cars for every 10 inhabitants, according to a survey by CET (traffic engineering company), consequently a high number of trucks that play a crucial role in the city, in cargo transport, logistics, distribution, civil construction, etc... In short, trucks are vital for the daily functioning of the city, supporting its economy and infrastructure. (G1 Globo, 2018).

The capital has the largest fleet of vehicles in Brazil and has 23 neighboring municipalities that are connected by streets, avenues and highways, causing a huge flow of vehicles, making the city constantly adapting so that it can accommodate the demand, and one of the alternatives taken in São Paulo and in various places around the world to optimize roads was the construction of bridges, which help connect roads and passages over rivers, they help reduce travel time and congestion, providing faster routes. direct.

This project aims to bring solutions that assist in the logistical flow of cargo transportation within the metropolis, minimizing the impacts that affect people's daily traffic.

It is known that for the road network to function properly, there must be good project planning to ensure the quality of vehicle flow and, above all, the safety of all users who use the roads.

Accidents involving cargo vehicles (trucks) colliding with bridges, viaducts, tunnels and footbridges are a frequent problem in many cities around the world. These incidents usually occur when drivers are unaware of or ignore road height restrictions, resulting in collisions that can compromise the road structure, causing traffic jams and putting the safety of pedestrians and other drivers at risk. In addition to structural damage, these incidents can increase the costs of repairs, compensation and disruptions to the flow of transport.

The increase in cargo transport means that truck traffic is intense on highways and in urban centers. However, the lack of effective signage and driver inattention contribute to the incidence of these accidents. In many cases, existing information signs are not sufficient to alert drivers in time, especially in situations of low visibility or in places where the signs are not easy to understand.

Given this scenario, it is essential to develop technological solutions that can reduce such occurrences. This study proposes the implementation of a prevention system consisting of laser-based height sensors, warning signs, audible alarms, and a monitoring camera. These devices can detect, in real time, if a vehicle exceeds the permitted height limit and immediately issue visual and audible alerts so that the driver can take action before hitting the structure or obstacle.

The application of technologies in traffic has been highly effective in reducing accidents and improving public safety. Thus, this study seeks to explore how this system can be used to mitigate the negative impacts caused by collisions with structures, contributing to safer and more efficient traffic.

If this system is implemented properly, it is expected that the number of accidents of this type will decrease significantly, reducing operating costs and contributing to greater road safety. The study also discusses the economic and technical feasibility of choosing these solutions, analyzing the benefits of their application in different urban and road scenarios.

Keywords: 1 SAFETY. 2 DEVELOPMENT . 3 TRUCK. 4 HIGHWAYS . 5 BRIDGES. 6 VIADUCTS. 7 FOOTBRIDGES. 8 HEIGHT SYSTEM

Lista de Siglas

Descrição	Siglas
Trabalho de Conclusão de Curso	TCC
Companhia de engenharia de tráfego	CET
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	IBGE
Produto Interno Bruto	PIB
Universidade Federal do Paraná	UFPR
Agência Nacional de Transportes Terrestres	ANTT
Conselho Nacional de Trânsito	CONTRAN
Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte	DNIT
Obras de Artes Especiais	OAE
Central de Custódia e de Liquidação Financeira de Títulos Privados	(CETIP)
Universidade Estadual de Campinas	UNICAMP
Universidade Federal do Paraná).	UFPR
Código de Trânsito Brasileiro	(CTB)
Bolsa de Mercadorias & Futuros e Bolsa de Valores de São Paulo	BM&FBOVESP
sigla de Brasil, Bolsa, Balcão	A B3
Tunnel Boring Machine(Máquina de Perfuração de Túneis)	TBMs

ÍNDICE DE FIGURAS

Módulo Sensor de luz LDR digital/analógico arduino noderasp.....	33
Placa Arduino.....	34
Placa Protoboard e Sirene.....	35
Sensor laser de 5 volts.....	36
Sistema Montado para instalação em maquete.....	37
Caminhão de controle remoto para demonstração em maquete.....	38

Sumário

APRESENTAÇÃO	11
1 INTRODUÇÃO	133
1.1 OBJETIVOS	17
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	17
1.3 JUSTIFICATIVA	18
1.4 HIPÓTESES	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 CAUSAS DE COLISÕES ENTRE VEÍCULOS DE CARGAS E PONTES	21
2.2 ÍNDICES DE ACIDENTES ENVOLVENDO VEÍCULO DE CARGA, VIADUTOS, PASSARELAS E TÚNEIS	22
2.3 MEIOS PARA PREVENÇÃO DE ACIDENTES ENVOLVENDO VEÍCULOS DE CARGAS E ESTRUTURAS	23
2.4 TECNOLOGIA APLICADA PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA PROPOSTO NO TRABALHO	24
3. METODOLOGIA	24
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

São Paulo é um município brasileiro, com área 1.521,202 km² e população de 11.451.999 pessoas segundo IBGE. A capital do estado homônimo é o principal centro financeiro, corporativo e mercantil da América do Sul. É a cidade mais populosa do Brasil, do continente americano, da lusofonia e de todo o hemisfério sul. São Paulo é a cidade brasileira mais influente no cenário global, sendo, em 2016, a 11.^a cidade mais globalizada do planeta. (IBGE, 2022)

O município possui o 10.^o maior PIB do mundo, representando, isoladamente, 11% de todo o PIB brasileiro, 34% do PIB do estado, bem como 36% de toda a sua produção de bens e serviços, além de ser sede de 63% das multinacionais estabelecidas no Brasil, sendo ainda responsável por 28% de toda a produção científica nacional em 2005, e por mais de 40% das patentes produzidas no país. A cidade também é a sede da B3 (sigla de Brasil, Bolsa, Balcão), a 5.^a maior bolsa de valores do mundo em capitalização de mercado (dados de 2017), resultado da fusão da Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo (BM&FBOVESPA) com a Central de Custódia e de Liquidação Financeira de Títulos (CETIP).

A cidade é a 8.^a mais populosa do planeta e sua região metropolitana, com cerca de 21 milhões de habitantes, é a 10.^a maior aglomeração urbana do mundo. A capital paulista também possui um caráter cosmopolita, dado que, em 2016, possuía moradores nativos de 196 países diferentes. Regiões ao redor da Grande São Paulo também são metrópoles, como Campinas, Baixada Santista e Vale do Paraíba; além de outras cidades próximas, que compreendem aglomerações urbanas em processo de conurbação, como Sorocaba e Jundiaí. Esse complexo de metrópoles — o chamado Complexo Metropolitano Expandido — chegava a 33 milhões de habitantes em 2017 (cerca de 75% da população do estado e 12% da população do país) formando a primeira megalópole do hemisfério sul, responsável pela produção de 80% do PIB paulista e de quase 30% do PIB. (UNICAMP, 2023)

São Paulo conta com a maior frota de veículos do Brasil e tem 23 municípios limítrofes que são conectados por ruas, avenidas e rodovias, causando um enorme fluxo de veículos, fazendo com que a cidade fique em constantes adaptações para que possa comportar a demanda, e uma das alternativas tomadas em São Paulo e em diversos lugares do mundo para otimizar vias foram a construção de pontes, que auxilia na ligação de vias ou passar por cima de rios, elas ajudam a reduzir o tempo de viagem e congestionamentos, proporcionando rotas mais diretas.

As pontes são estruturas complexas e gigantescas, que unem tecnologia de ponta e preocupação estética, mas nem sempre foi assim. As primeiras pontes surgiram de

forma natural, pela queda de troncos das árvores sobre os rios, criando a possibilidade de passagens à outra margem. O homem aperfeiçoou os “incidentes” naturais e passou a criar outras pontes feitas de troncos, de pedras e pranchas associando-as à outros tantos recursos disponíveis na natureza, como cipós, cordas, pedras e travas feitas com pedaços de madeira, para que estas não fossem derrubadas facilmente permitindo a ida e a volta para o destino.

Há indícios da construção das pontes em arco desde 4000 a.C. na Mesopotâmia e Egito e, mais tarde, na Pérsia e na Grécia (cerca de 500 a.C.). A estrutura mais antiga construída pelo homem e que chegou aos nossos dias foi a ponte de pedra, feita em arco, no Rio Meles, na região de Esmirna, na Turquia, construída no século IX a.C.). (UFPR Universidade Federal Paraná).

Outra alternativa para meios de locomoção foi a construção de túneis, que são frequentemente usados para criar rotas de transporte, como ferrovias e estradas, que atravessam montanhas, rios ou áreas urbanas densamente povoadas. Isso ajuda a reduzir o tempo de viagem e melhora a conectividade.

A origem dos túneis remonta a civilizações antigas, como os egípcios e romanos, que construíram túneis para irrigação, transporte e até mesmo para defesa. Os romanos, em particular, foram mestres na engenharia de túneis e construíram muitos deles para facilitar o transporte de água através de aquedutos.

Com o passar dos séculos, a tecnologia foi evoluindo. Durante a Revolução Industrial, o uso de túneis se expandiu com a construção de ferrovias e sistemas de esgoto. O desenvolvimento de novas ferramentas e técnicas, como a dinamite e máquinas de escavação, permitiu que os túneis fossem feitos em terrenos mais difíceis e em maiores profundidades.

Hoje em dia, os túneis são usados para uma variedade de propósitos, incluindo transporte (como metrô e rodovias), drenagem e até mesmo armazenamento. A engenharia moderna utiliza tecnologias avançadas, como escavadoras tuneladoras (TBMs), que tornam o processo mais eficiente e seguro.

Por São Paulo ter um enorme fluxo de veículos, cerca de 7,4 veículos para cada 10 habitantes, aponta levantamento da CET (companhia de engenharia de tráfego), conseqüentemente um alto número de caminhões que desempenham um papel crucial na cidade, no transporte de cargas, logística, distribuição, construções civil, etc...Em resumo, os caminhões são vitais para o funcionamento diário da cidade, suportando sua economia e infraestrutura.(G1 Globo, 2018)

Para toda essa movimentação do transporte de cargas, se faz presente um órgão que tem o papel de regularizar e fiscalizar o transporte de cargas em caminhões, é a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). A ANTT é encarregada de estabelecer normas e diretrizes para o transporte rodoviário de cargas, garantindo a segurança e a eficiência desse serviço. Além disso, ela também supervisiona as condições das estradas e a atuação dos transportadores. (G1 Globo, 2018)

Em São Paulo, a regulamentação do transporte de cargas é influenciada tanto por leis federais quanto por legislações estaduais e municipais, dentre elas temos o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), o CTB é a base legal que regula o trânsito em todo o Brasil, incluindo São Paulo. Ele estabelece normas gerais sobre o tráfego e o transporte de cargas. Também é regido pela Legislação Municipal, que possui leis específicas que regulam o transporte de cargas, como a Lei nº 14.487/2007, que trata do transporte de carga em áreas urbanas. Ela estabelece regras sobre horários permitidos para circulação de caminhões em determinadas regiões da cidade, especialmente no centro. E já mencionado acima, tem a resolução da (ANTT) Agência Nacional de Transportes Terrestre, também se aplicam em São Paulo e tratam de questões como registro e fiscalização do transporte rodoviário de cargas. (G1 Globo, 2018)

Os acidentes envolvendo veículos de carga (caminhões) colidindo com pontes, viadutos, túneis e passarelas são um problema frequente em diversas cidades ao redor do mundo. Esses incidentes geralmente ocorrem quando o condutor desconhece ou ignora as restrições de altura das vias, resultando em colisões que podem comprometer a estrutura viária, causando congestionamentos e colocando em risco a segurança de pedestres e outros condutores. Além dos danos estruturais, essas ocorrências podem elevar a custos para reparos, indenizações e interrupções no fluxo de transporte.

O aumento do transporte de cargas faz com que o tráfego de caminhões seja intenso nas rodovias e centros urbanos. No entanto, a falta de sinalização eficaz, e a desatenção dos motoristas, contribui para a incidência desses acidentes. Em muitos casos, as placas informativas existentes não são suficientes para alertar os condutores a tempo, especialmente em situações de baixa visibilidade ou em locais onde a sinalização não é de fácil entendimento.

Diante desse cenário, torna-se essencial o desenvolvimento de soluções tecnológicas que possam diminuir tais ocorrências. O presente estudo propõe a implementação de um sistema de prevenção, composto por sensores de altura baseados em raio laser, letreiros luminosos de alerta e alarmes sonoros e câmera de monitoramento. Esses dispositivos podem detectar, em tempo real, se um veículo ultrapassa o limite de altura permitida e, imediatamente, emitir alertas visuais e sonoros para que o motorista tome as providências antes de atingir a estrutura ou obstáculo.

A aplicação de tecnologias no trânsito tem apresentado grande eficácia na redução de acidentes e na melhoria da segurança pública. Dessa forma, este trabalho busca explorar como esse sistema pode ser empregado para amenizar os impactos negativos causados pelas colisões em estruturas, contribuindo para um tráfego mais seguro e eficiente.

Caso esse sistema seja realizado de maneira adequada, espera-se que os números de acidentes desse tipo diminuam significativamente, reduzindo o custo operacional e contribuindo para uma maior segurança nas vias. O estudo também discute a viabilidade econômica e técnica da escolha dessas soluções, analisando os benefícios de sua aplicação em diferentes cenários urbanos e rodoviários.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um sistema integrado de prevenção de acidentes que envolve veículos de carga que colidem com pontes, viadutos, túneis e passarelas devido à altura excessiva. Para isso, a pesquisa propõe a implementação de sensores de altura por raio laser, letreiros luminosos e alarmes sonoros, que atuem de forma preventiva, alertando motoristas antes que ocorra uma colisão.

Esse sistema visa aumentar a segurança viária, reduzindo o número de acidentes que comprometem a infraestrutura das vias, e geram congestionamentos e acarretam custos financeiros elevados com reparos e indenizações. A implementação dessas tecnologias pode oferecer uma solução eficiente para o problema recorrente no trânsito, garantindo maior controle e monitoramento sobre a circulação de veículos de carga em áreas urbanas e rodovias.

Além disso, o estudo busca avaliar a viabilidade técnica e econômica da implementação desse sistema, levando em conta fatores como custo de instalação e manutenção, impacto na redução de acidentes e possíveis ajustes para diferentes cenários. Dessa forma, espera-se que a pesquisa contribua para a criação de estratégias mais eficazes na gestão do tráfego de veículos de carga, criando um ambiente viário mais seguro para motoristas, pedestres e demais usuários das vias.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este estudo se concentra na prevenção de colisões de veículos de carga e de grande porte em estruturas elevadas, analisando a viabilidade técnica e econômica do uso de sensores, letreiros e alarmes sonoros.

1.3 JUSTIFICATIVA

A necessidade de um sistema de segurança que evita acidentes de colisão em estruturas públicas envolvendo, pontes, passarelas e viadutos. Os veículos de carga não tem uma altura padrão para carregamento do mesmo, com efeito à um aumento constante de acidentes, e mediante a estudos, um dos fatores que eleva esses índices, é o horário exacerbado que um motorista fica ao volante, elevando seus níveis de desatenção para as placas que indicam a altura do obstáculo, com isso tivemos a ideia de projetar um mecanismos que chama a atenção do condutor do veículo alertando do perigo de colisão a sua frente. O aumento da ocorrência desses acidentes gera custos elevados em reparos, interdição de vias e atrasos logísticos. A implementação de soluções tecnológicas pode minimizar esses impactos e aumentar a segurança.

1.4 HIPÓTESES

Segundo estatística da Urbes-Trânsito e Transporte, a colisão de caminhões em pontilhões que passam por cima de ruas e avenidas da cidade aumentou 38,46% entre janeiro de 2011 e dezembro de 2012. Pelos registros da autarquia, em 2011 ficaram enroscados nessas estruturas 8 veículos e, em 2012, esse número subiu para 13 caminhões.

Neste mesmo período houve ainda um crescimento de 42,59% no número de multas aplicadas em condutores com veículos de grande porte com excesso de altura. Foram 31 em 2011 e 54 no ano de 2012, o número de caminhões multados por excesso de altura. Não existem dados de anos anteriores porque as ocorrências só passaram a ser registradas pela empresa pública a partir de 2011, antes os acidentes com os pontilhões eram computados apenas como operação de trânsito.

De acordo com a Urbes, apesar dos viadutos e pontilhões terem medidas diferentes, os motoristas incorrem no erro por falta de atenção às sinalizações de trânsito. Já que, segundo a autarquia, perto de todos pontilhões e viadutos em que há restrições de altura para a passagem de caminhões, existem placas de sinalização que advertem e indicam com antecedência o caminho para desvio desses locais de difícil passagem.

O motorista que comete a infração recebe duas multas que, somadas, chegam a R\$276,13, além de onze pontos na carteira de habilitação. A primeira é por bloqueio da via, no qual o infrator paga o valor de R\$191,00 e recebe sete pontos na carteira. Já a segunda, é por transitar em local proibido, em que o condutor paga multa no valor de R\$85,13 e recebe quatro pontos na carteira. (Fonte: Jornal Cruzeiro do Sul Sorocaba e Região).

Se um sistema integrado de sensor de altura, letreiros luminosos e alarmes sonoros for implementado corretamente, a taxa de acidentes dessa natureza pode ser significativamente reduzida.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Acidentes com Veículos de Carga e Estruturas Elevadas

Estatísticas sobre colisões em pontes e viadutos;

Exemplos de casos reais e seus impactos.

2.2 Tecnologias de Prevenção de Acidentes

Funcionamento de sensores de altura por raio laser;

Eficiência de letreiros luminosos como alerta visual;

Uso de buzinas e alarmes sonoros para chamar a atenção dos motoristas.

2.3 Aplicabilidade e Viabilidade Econômica

Análise de custo-benefício das soluções propostas;

Exemplos de implementação em outros países, estados e cidades.

2.1 CAUSAS DE COLISÕES ENTRE VEÍCULOS DE CARGAS E PONTES

Segundo o CONTRAN, a altura mínima de passarelas em vias urbanas é de 4,5 metros e, em área de rodovia, de 5,5 metros.

Já o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) padroniza as alturas de passarelas em: 3,20 m, 4,00 m, 4,80 m, 5,60 m, 6,40 m, 7,20 m e 8,00 m.

Quando falamos de túneis, a altura mínima varia geralmente também em torno de 4,5 metros ou mais, dependendo da categoria da estrada e do tipo de tráfego. É fundamental respeitar essas medidas para garantir a circulação adequada de veículos e a segurança de todos os usuários das vias.

Quando os caminhões batem em viadutos, pontes, passarelas e túneis geralmente está atrelado pelo fato dos condutores não respeitarem as dimensões das estruturas e da carga transportada, de acordo com a resolução do CONTRAN nº 210/2006 que estabelece a altura máxima permitida para veículos é de 4,40 metros. .

Quando as medidas não são respeitadas, isso pode danificar as obras e pôr em risco a segurança dos motoristas e transeuntes.

Uma colisão de caminhões em estruturas públicas também pode ocorrer de diversas formas, sejam elas por, falta de atenção do condutor às placas existentes, excesso de períodos ao volante, causando fadiga ao motorista, seja por problemas mecânicos, distrações como dirigir usando celular ou terceiros.

2.2 ÍNDICES DE ACIDENTES ENVOLVENDO VEÍCULO DE CARGA, VIADUTOS, PASSARELAS E TÚNEIS

Embora não haja números específicos disponíveis, estudos apontam que a deterioração das obras como pontes, viadutos e passarelas aumenta o risco de acidente devido à falta de manutenção adequada.

Veículos de carga estão envolvidos em mais de 12% das mortes por acidentes de trânsito, de acordo com uma análise da FUNDACIÓN MAPFRE.

Acidentes em túneis rodoviários podem ser particularmente graves, com 75% dos acidentes registrados ocorrendo em áreas específicas.

Segundo estatística da Urbes-Trânsito e Transporte, a colisão de caminhões em pontilhões que passam por cima de ruas e avenidas da cidade aumentou 38,46% entre janeiro de 2011 e dezembro de 2012. Pelos registros da autarquia, em 2011 ficaram enroscados nessas estruturas 8 veículos e, em 2012, esse número subiu para Treze caminhões.

Neste mesmo período houve ainda um crescimento de 42,59% no número de multas aplicadas em condutores com veículos de grande porte com excesso de altura. Foram 31 em 2011 e 54 no ano de 2012, o número de caminhões multados por excesso de altura. Não existem dados de anos anteriores porque as ocorrências só passaram a ser registradas pela empresa pública a partir de 2011, antes os acidentes com os pontilhões eram computados apenas como operação de trânsito.

2.3 MEIOS PARA PREVENÇÃO DE ACIDENTES ENVOLVENDO VEÍCULOS DE CARGAS E ESTRUTURAS

Atualmente as estruturas públicas são informadas por placas do tipo R-15, que advertem a altura máxima permitida para veículos que circulam na área. Meio esse que tem se mostrado ineficiente quanto a prevenção dos acidentes.

A implementação de tecnologias de redução de acidentes, análise de risco para manutenção e inspeção de OAE, treinamento de motorista e equipe de manutenção.

É fundamental investir em manutenção preventiva e tecnologias de segurança para reduzir o número de acidentes envolvendo veículos de carga em viadutos, passarelas e túneis. (Revista Digital Ad Normas)

Diante disso, houve a necessidade da criação de um sistema de segurança composto por alerta sonoro, letreiro luminoso informando ao motorista do veículo sobre o excesso de altura de carga do veículo em relação a ponte, e dando a sugestão de desvio de rota para evitar colisão e câmera para registro da ocorrência.

2.4 TECNOLOGIA APLICADA PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA PROPOSTO NO TRABALHO

Este trabalho apresenta uma solução tecnológica inovadora para prevenir acidentes em viadutos, pontes, passarelas e túneis devido a altura excessiva de veículos. A tecnologia aplicada consiste em:

Sensor de Altura: detecta veículos que ultrapassam o limite de altura permitido.

Lembrete Luminoso: Indica ao motorista sobre o excesso de altura, e o orienta para pegar a primeira saída, evitando a colisão.

Giroflex Sonoro: alerta o condutor sobre a altura acima do especificado.

Câmera: registra a placa do veículo para fins de identificação e responsabilização.

A integração dessas tecnologias visa uma abordagem eficaz para garantir a segurança da via e prevenir acidentes.

A solução proposta é uma contribuição significativa pra reduzir os acidentes e danos materiais em pontes, viadutos, passarelas e túneis.

3. METODOLOGIA

Este projeto foi desenvolvido com o objetivo de propor uma solução para a prevenção de acidentes causados por veículos de carga que colidem com pontes, viadutos, túneis e passarelas devido à altura acima do especificado. Para isso, utilizamos uma abordagem baseada em pesquisa teórica e análise de soluções tecnológicas existentes.

Pesquisa Bibliográfica

Inicialmente, realizamos um levantamento de informações sobre acidentes desse tipo, analisando dados baseados em estatística e regulamentação de trânsito e tecnologias de prevenção já utilizadas. Essa pesquisa ajudou a compreender as principais causas de acidentes, e identificar possíveis melhorias no sistema de alerta para os motoristas.

Análise de Estudos de Caso

Foram analisados acidentes reais ocorridos em diferentes cidades e locais, buscando identificar falhas na sinalização existente. Essa análise serviu para compreender os desafios enfrentados pelos motoristas e como um sistema automatizado poderia ser mais eficiente na prevenção desses acidentes.

Escolha e Justificativa da Tecnologia

Com base nas informações obtidas, escolhemos a tecnologia de sensores de altura a laser, combinados com letreiros luminosos, giroflex sonoro de alerta e câmera . O sensor detecta quando um veículo ultrapassa o limite permitido e aciona automaticamente o aviso para o motorista. Essa escolha foi feita considerando a eficiência, o custo-benefício e a confiabilidade dessa tecnologia.

Simulação do Funcionamento

Para validar a eficácia da solução, realizamos uma simulação do funcionamento do sistema. A simulação demonstra como o sensor de altura identifica um veículo acima do permitido e aciona os alertas visuais e sonoros antes que ele chegue à estrutura e sinalize ao motorista para que ele pegue a saída mais próxima. Isso permite avaliar se a proposta realmente pode evitar colisões.

Comparação com Métodos Convencionais

Por fim, comparamos essa solução com os métodos tradicionais de aviso, como placas, faixas e sinalização sem sensores. Essa comparação mostrou que um sistema automatizado tem maior potencial de evitar acidentes, pois o motorista recebe um alerta sonoro e visual de forma imediata, para que assim possa evitar um possível acidente.

3.1 Planejamento e Organização:

PLANEJAMENTO																				
Mês	Fevereiro				Março				Abril				Maio				Junho			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Esboço																				
Levantamento de materiais																				
Compra de materiais																				
Entrega de materiais																				
Parte estrutural																				
Montagem da maquete																				
Instalação de sensor																				
Programação Arduino																				

3.2 Aquisição de Materiais e Componentes

LISTA DE MATERIAIS		QUANTIDADE	PREÇO
Parte Estrutural	1. Arduino uno CH340 com cabo e Barra de Pinos	1	R\$ 59,80
	2. Protoboard 400 pontos	1	R\$ 12,90
	3. Modulo Matriz de Led 8x8 Max 7219	1	R\$ 59,80
	4. Modulo Sensor De luz Ldr	1	R\$ 11,99
	5. Buzzer Ativo 5V	1	R\$ 5,00
	6. Acabamento de Led 40 mm HT-050	1	R\$ 25,90
	7. Kit Jumper Macho X Fêmea	20	R\$ 19,66
	8. Módulo Laser 5V 5mw	1	R\$ 13,83
VALOR TOTAL			R\$ 208,88

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho abordou as complicações dos acidentes envolvendo veículos de carga que colidem em pontes, viadutos, túneis e passarelas, um problema recorrente que acarreta danos estruturais, prejuízos financeiros e riscos à segurança pública. A pesquisa mostrou que a principal causa desses incidentes é a falta de atenção dos motoristas e a falta de sistemas eficazes de alerta e prevenção.

Diante desse cenário, o estudo propôs a elaboração de um sistema baseado em sensores de altura por meio de raio laser, letreiros luminosos, giroflex sonoro e câmera para prevenir tais acidentes. A análise mostrou que esses dispositivos, ao serem integrados, oferecem uma solução eficiente e acessível para alertar os motoristas sobre a incompatibilidade da altura do veículo com a estrutura à frente, permitindo ações corretivas antes que a colisão ocorra.

Além disso, a pesquisa destacou a disponibilidade técnica e econômica dessa abordagem, demonstrando que a aplicação pode reduzir significativamente o número de acidentes, e os custos que acompanham as reparações de infraestrutura e interrupções viárias.

Por fim, este estudo reforça a importância de maior conscientização por parte dos motoristas, investimentos em tecnologia preventiva e regulamentações mais rigorosas para garantir a segurança nas rodovias e vias urbanas. Espera-se que os resultados apresentados possam contribuir para futuras pesquisas e aplicações práticas que aprimorem ainda mais a segurança no trânsito.

REFERÊNCIAS

DECRETO Nº 56.920 de 8 de Abril de 2016. disponível em:
<https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/decreto-56920-de-08-de-abril-de-2016>
(IBGE, 2022) acesso em 15 fev 2025

Cidades e Estados dados IBGE. Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-paulo.html> . acesso 18 mar 2025

História das pontes. Disponível em: <https://itti.org.br/historia-das-pontes/>
(Revista Digital Ad Normas) . acesso 18 mar 2025

Transporte de cargas:Quais fatores motivam o alto número de acidentes.Disponível em:
<https://mundologistica.com.br/artigos/transporte-de-cargas-fatores-motivam-alto-numero-de-acidentes> . acesso 23 mar 2025

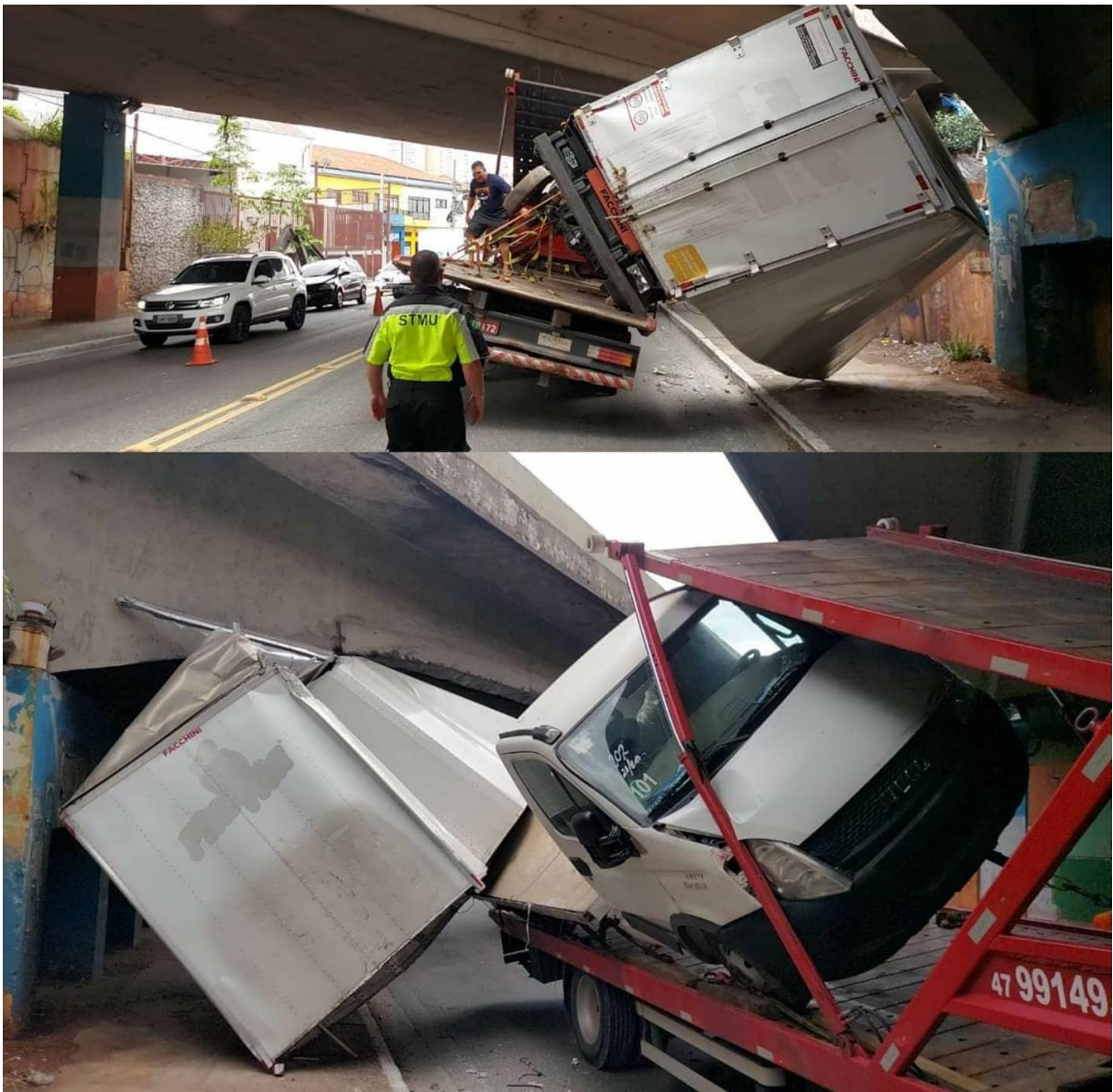
Mudança na legislação de trânsito e o excesso de carga. Disponível em:
<https://brktecnologia.com.br/blog/legislacao-de-transito/> acesso 05 abr 2025

Proteção Perimetral Inteligente: Como Sensores e Alarmes Evitam Invasões Antes que Aconteçam. Disponível em:
<https://eletelseguranca.com.br/2025/protECAo-perimetral-inteligente-como-sensores-e-alarmes-evitam-invasoes-antes-que-acontecam/> . acesso 05 abr 2025

A contribuição da tecnologia para o aumento da segurança viária. Disponível em:
<https://tl.trimble.com/blog/seguranca-viaria-tecnologia/> acesso 17 abr 2025

ANEXOS

Aqui estão os anexos adicionais de imagens reais, que demonstram a real necessidade de um sistema de segurança mais completo e sua importância.



Ginho se choca com viaduto, Fonte :GRU Diário



Fonte:Veja São Paulo ,Caminhão ponte Piqueri(Alex Falcão/Futura/press/Folhapress/)



Fonte:Tribuna Pr;Caminhão com placas de Curitiba não passou por debaixo da ponte Preta

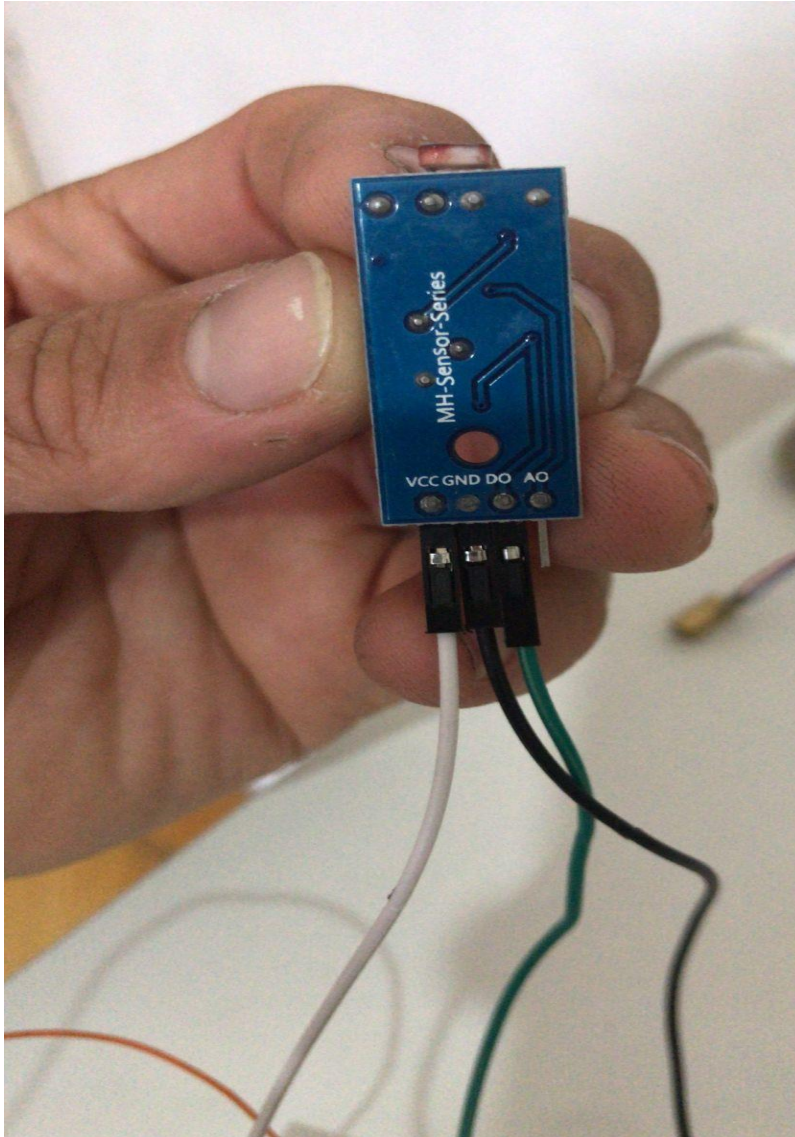


fonte: sbt news, jornal primeiro impacto, caminhão entala no túnel Airton Senna



fonte: G1 São Paulo ,foto por Sp2 caminhão entala em túnel na zona sul de sp e tomba sobre automóvel

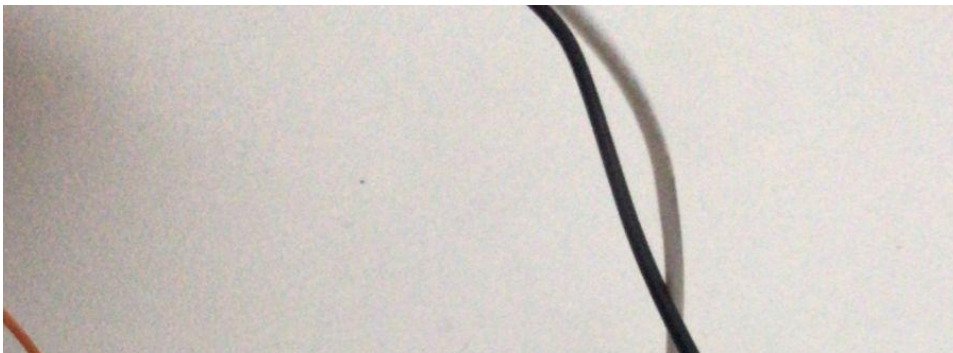
COMPONENTES PARA DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA



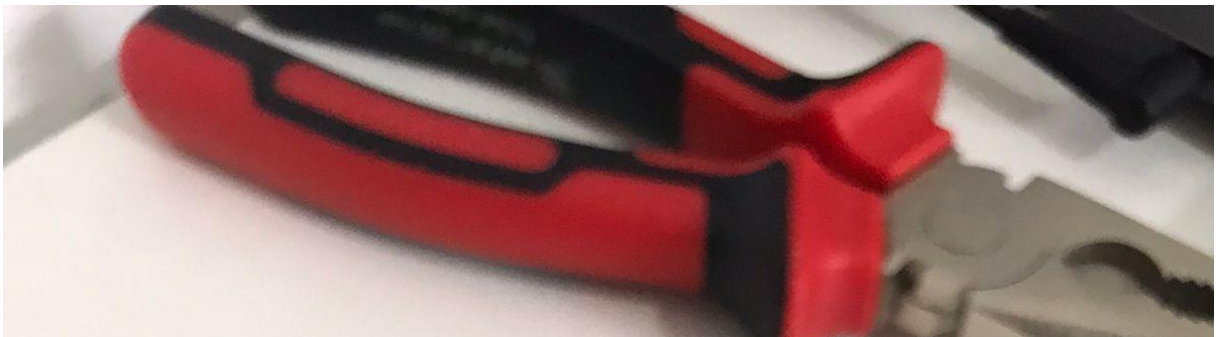
FONTE (Oliveira, Jhony) Módulo Sensor de luz LDR



Fonte:(OLiveira,Jhony) Placa Arduino UNO CH340



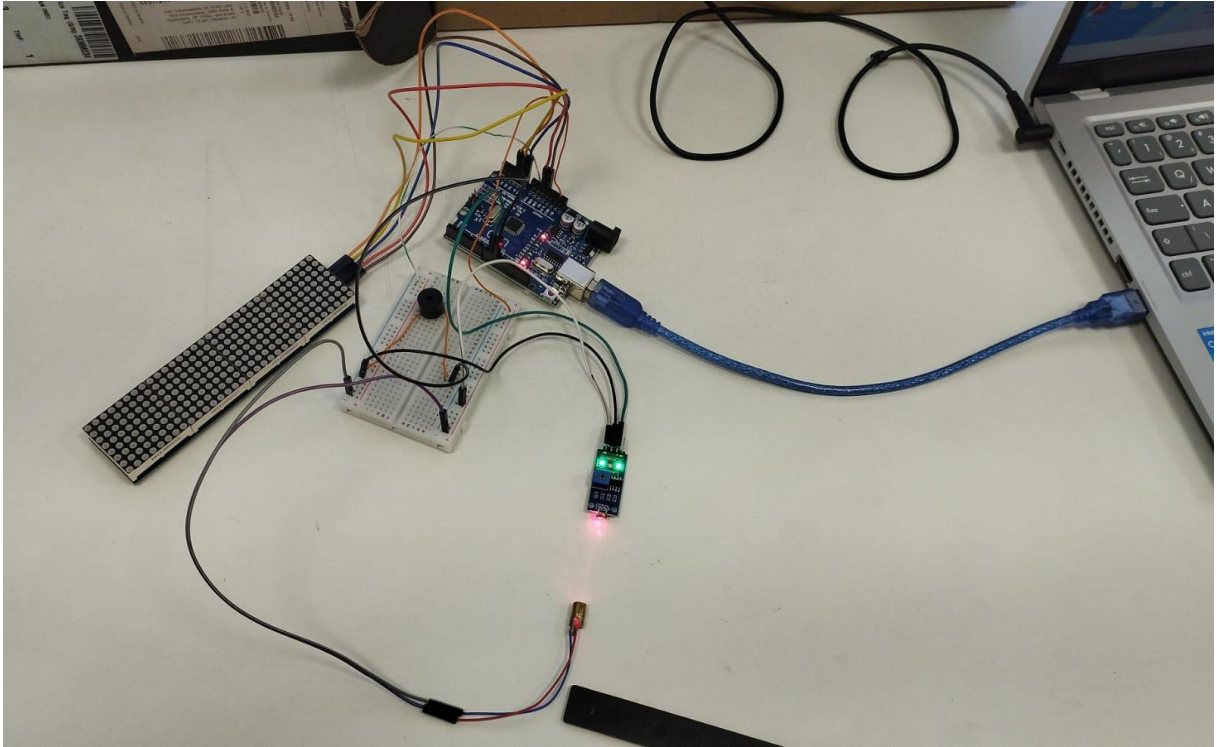
Fonte:(OLiveira,Jhony) Placa Protoboard 400 pontos e Buzzer ativo 5 V



Fonte:(OLiveira,Jhony) Módulo Laser de 5 V 5 mw 650nm 6 mm Arduino Pic



Fonte:(OLiveira,Jhony) Módulo Matriz de Led 8x8



Fonte:(OLiveira,Jhony) Sistema Montado para instalação em maquete.



Fonte:(mercado livre) Caminhão de controle remoto para demonstração em maquete