



CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO JUDAS TADEU – CSJT

LUIZ FELIPE DE CARVALHO CARPANEDO
MATHEUS MENEZES MENDONÇA
RENIER PAIVA GOMES

**AUTOMATIZAÇÃO DOS BICICLETÁRIOS NO CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO
JUDAS TADEU – CAMPUS UNIMONTE**

Santos

2021



CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO JUDAS TADEU – CSJT

LUIZ FELIPE DE CARVALHO CARPANEDO
MATHEUS MENEZES MENDONÇA
RENIER PAIVA GOMES

**AUTOMATIZAÇÃO DOS BICICLETÁRIOS NO CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO
JUDAS TADEU – CAMPUS UNIMONTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro
Universitário São Judas Tadeu – CSJT, como exigência
parcial para a aprovação do Curso de Engenharia
Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Tognotti Zauber

Santos

2021

LUIZ FELIPE DE CARVALHO CARPANEDO
MATHEUS MENEZES MENDONÇA
RENIER PAIVA GOMES

**AUTOMATIZAÇÃO DOS BICICLETÁRIOS NO CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO
JUDAS TADEU – CAMPUS UNIMONTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro
Universitário São Judas Tadeu – CSJT, como exigência
parcial para a aprovação do Curso de Engenharia
Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Tognotti Zauber

BANCA EXAMINADORA

Nome do examinador: Simone Maria Viana Romano

Titulação: Mestre em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade Paulista

Nome do examinador: Marco Antônio Simões

Titulação: Doutor em Ciências Sociais

Instituição: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Local: Centro Universitário São Judas Tadeu – Campus Unimonte

Data da aprovação: 08/06/2021

RESUMO

Este projeto tem o objetivo de aprimorar o artigo entregue em 2020 dos alunos de Engenharia mecânica na implementação de um sistema de trava fixa como solução para modernização dos bicicletários instalados atualmente no Centro Universitário São Judas Tadeu – campus UNIMONTE, localizada na cidade de Santos, litoral de São Paulo. Em fevereiro de 2020 o surto de covid-19 chegou ao Brasil, gerando novos questionamentos em vários aspectos, dentre eles a forma de locomoção de sua população. Tendo em vista que a melhor profilaxia no momento é o distanciamento social, a bicicleta ressurgiu como um meio de transporte mais atrativo e seguro frente a opções de transporte coletivo para curtas e médias distâncias, principalmente em cidades planas como é a cidade de Santos. O projeto visa aprimorar o atual bicicletário, melhorar a experiência do usuário utilizando a interface com um aplicativo e reforçar a segurança do conjunto, oferecendo uma trava automatizada para cada vaga do bicicletário. O sistema de travas foi redesenhado em um software em 3D com simulação das cargas aplicadas no sistema para futura implementação no local. Nesta simulação foi avaliada a resistência mecânica do conjunto, indicando se há pontos de atenção referente aos esforços nos ganchos. Foi desenvolvido um aplicativo para realizar a comunicação com o arduíno que comandará o sistema de travas, o que proporcionará a consulta prévia de vagas disponíveis aos usuários nos bicicletários instalados no local através de um sensor de presença projetado para ser instalado acima de cada gancho que receberá uma bicicleta. O projeto ainda estimou os custos para implementação do novo sistema, tendo como base o menor dos bicicletários existentes na universidade, com 11 vagas disponíveis. A simulação de cargas demonstrou que a estrutura projetada suportará o peso de todas as bicicletas e o projeto demonstrou um custo de implantação relativamente baixo, além disso a simulação do funcionamento do sistema e do aplicativo foi satisfatória, com um layout amigável ao usuário no *smartphone*. É possível concluir que o projeto de bicicletário proposto melhorará consideravelmente a experiência do aluno da universidade que utiliza a bicicleta como meio de transporte e pode inclusive aproveitar boa parte da estrutura já presente na universidade.

Palavras-chave: Trava. Bicicletários. Aplicativo.

ABSTRACT

This project aims to improve the article delivered in 2020 by mechanical engineering students in the implementation of a fixed lock system as a solution for the modernization of bike racks currently installed at Centro Universitário São Judas Tadeu - UNIMONTE campus, located in the city of Santos, on the coast from Sao Paulo. In February 2020, the outbreak of covid-19 arrived in Brazil, generating new questions in several aspects, among them the form of locomotion of its population. Bearing in mind that the best prophylaxis now is social detachment, the bicycle resurfaces as a more attractive and safe means of transport in the face of public transportation options for short and medium distances, especially in flat cities such as the city of Santos. The project aims to improve the current bike rack, improve the user experience using the interface with an application and reinforce the security of the set, offering an automated lock for each parking space in the bike rack. The locking system was redesigned in 3D software with simulation of the loads applied in the system for future implementation on site. In this simulation, the mechanical strength of the set was evaluated, indicating whether there are points of attention regarding the efforts on the hooks. An application was developed to carry out the communication with the Arduino that will control the locking system, which will provide prior consultation of available spaces to users in the bike racks installed on site through a presence sensor designed to be installed above each hook that will receive a bicycle. The project also estimated the costs for implementing the new system, based on the smallest of the bike racks existing at the university, with 11 places available. The load simulation demonstrated that the projected structure would support the weight of all bicycles and the project demonstrated a relatively low cost of implantation, in addition the simulation of the operation of the system and the application was satisfactory, with a user-friendly layout on the smartphone. It is possible to conclude that the proposed bike rack project will considerably improve the experience of the university student who uses the bicycle as a means of transport and can even take advantage of a good part of the structure already present at the university.

Key-words: Lock. Bike racks. Prototype.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	7
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1 Bicicletas	10
2.2 Bicletários	12
2.3 Tipos de travas para bicicletas	13
2.4 Materiais de construção mecânica	17
2.5 Bicletários já existentes na universidade	20
2.6 <i>Customer experience</i>	22
2.7 Protótipo da trava em escala real	23
2.8 Estudo dos componentes elétricos e eletrônicos	26
2.9 Diferentes tipos de linguagens de programação e banco de dados	33
3 METODOLOGIA	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1 Componentes elétricos e eletrônicos para adequação do bicicletário	39
4.2 Projeto do bicicletário com o sistema de travas	43
4.3 Simulação de cargas no bicicletário com o sistema de travas	49
4.4 Desenvolvimento do aplicativo Bikelock	51
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

No segundo semestre de 2019 foi realizada uma vistoria nos bicicletários presentes no Centro Universitário São Judas Tadeu – campus UNIMONTE, na qual foi identificado que não havia a presença de travas disponíveis para os usuários. Como resultado da vistoria, foi desenvolvido um projeto visando a modernização dos bicicletários.

Tal projeto realizado com base na edificação que abriga a universidade, que na ocasião dispunha de 3 bicicletários constituídos de aço e alumínio com um total de 81 vagas dispostas em ganchos simples apenas para suporte suspenso das bicicletas e travamento no caso de o ciclista possuir um cadeado, resultou no desenvolvimento de um protótipo em escala real e desenhado de modo que pudesse aproveitar parte da estrutura presente no local.

Foi realizado um primeiro esboço em 3D para a materialização da ideia e criou-se o modelo da trava sendo acionada por uma válvula solenoide para travamento e controlada por uma placa Arduino com o auxílio de um relé. Após o desenvolvimento de uma trava em escala real e o aprimoramento do sistema com a adição do arduino, a leitura será realizada por QR Code constante em cada uma das travas e o relé servirá para a comunicação do sistema. Além disso o sistema contará com um sensor que ficará voltado para cada um dos ganchos que receberá uma das bicicletas, a fim de detectar se a vaga está ou não ocupada e reportar ao arduino, que enviará o comando para a válvula solenoide ativar ou desativar, liberando o cilindro que envolverá o gancho para ser erguido e o usuário assim conseguir retirar a sua bicicleta da vaga anteriormente utilizada.

Surgiu a necessidade de aprimorar o chamado *customer experience* por meio da adição de um sensor de presença fixado nos ganchos do bicicletários em conjunto com a continuidade no desenvolvimento de um aplicativo para o controle do sistema, dando maior visibilidade aos usuários da ocupação em tempo real do bicicletário, direcionando os usuários para a portaria mais próxima do bicicletário disponível no momento.

O panorama da mobilidade urbana nas metrópoles brasileiras tem se tornado cada vez mais crítico, com muitas cidades brasileiras não recebendo muitos investimentos em transporte público, além do que durante muito tempo foram atingidas por um aumento explosivo da motorização individual, o que culminou por determinar, em grande medida, a maneira como ocorrem os deslocamentos em grandes centros urbanos atualmente.

De acordo com dados do site da prefeitura de Santos, litoral de São Paulo, em dezembro de 2020 a cidade de Santos, no litoral de São Paulo, contava com 33 ciclovias em uso, totalizando 58,3 quilômetros de extensão. Se fosse possível traçar em linha reta a malha ciclo viária de Santos, seria possível chegar até São Bernardo do Campo/SP, cidade vizinha à capital paulista.

A área insular de Santos possui 39,4 km² de extensão e concentra boa parte da malha de ciclovias. Além de todo o aspecto de desenvolvimento e expansão de ciclovias no município (foram investidos segundo a prefeitura de Santos 24,4 milhões de reais nos últimos 7 anos em ciclovias), trata-se de uma cidade litorânea com boa parte de seu território plano, o que incentiva ainda mais a utilização da bicicleta tanto para o lazer quanto para meio de transporte.

A Companhia de Engenharia de Tráfego de Santos estimou em agosto de 2020 que eram realizadas em média 35.000 viagens de bicicletas todos os dias no município de Santos, o que é um número significativo considerando que a população estimada na cidade é de cerca de 434 mil pessoas, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Estando, portanto, a universidade em um município que propicia todas as condições favoráveis para utilização da bicicleta, a tendência de utilização em larga escala dos bicicletários da universidade se comprova no dia a dia (antes da pandemia de covid-19), com bicicletários lotados, alunos passando de portaria em portaria para saber se tinha vaga em algum outro bicicletário.

Em fevereiro de 2020 a pandemia de covid-19 chegou ao Brasil, com a melhor profilaxia contra a doença sendo o distanciamento social, que culmina em evitar aglomerações em ônibus ou metrô nos grandes centros urbanos, tornando a

bicicleta um meio de transporte mais atrativo e seguro frente a opções de transporte coletivo para curtas e médias distâncias.

Desta forma, surgiu o interesse em dar continuidade ao estudo preliminar realizado no segundo semestre de 2019 com o objetivo geral de aprimorar o artigo entregue em 2020 dos alunos de Engenharia mecânica na implementação de um sistema de trava fixa como solução para modernização dos bicicletários instalados atualmente no Centro Universitário São Judas Tadeu – campus UNIMONTE, localizada na cidade de Santos, litoral de São Paulo.

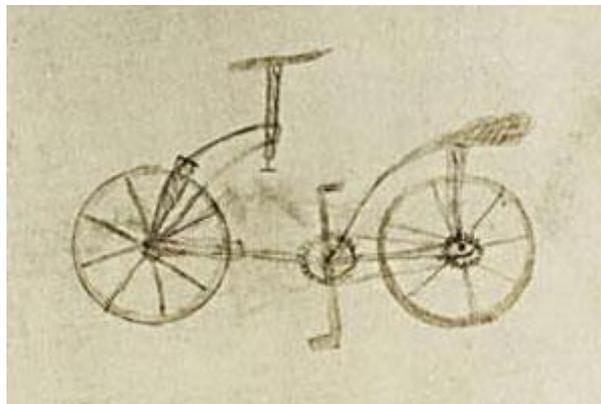
Para alcançar esse objetivo, alguns objetivos específicos serão realizados, tais como: desenhar em 3D todo o sistema de travas; analisar a simulação realizada em um software com a aplicação de cargas referentes a lotação do bicicletário; desenvolver um aplicativo que fará interface entre o usuário e o bicicletário; e estimar o custo necessário para adequação do bicicletário existente no bloco central da universidade São Judas Tadeu – Campus Unimonte.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Bicicletas

O primeiro esboço de projeto parecido com uma bicicleta é do italiano Leonardo da Vinci, estima-se que tenha sido feito no ano de 1490, porém só foi descoberto em 1966 por monges italianos. Neste desenho, representado na Figura 1, estão as principais características da bicicleta: duas rodas, sistema de direção e propulsão pela corrente e um selim, porém o posicionamento do eixo de direção faz com que a bicicleta se dobre ao meio, o que dificultaria manter o equilíbrio.

Figura 1 – Desenho de bicicleta de Leonardo da Vinci



Fonte: <http://www.escoladebicicleta.com.br/historiadabicicleta> - Acesso em 10/05/2021

O "celerífero", uma invenção do Conde de Sivrac, marca o primeiro objeto parecido com uma bicicleta já criado. Construído todo em madeira, por duas rodas alinhadas, uma atrás da outra, unidas por uma viga onde se podia sentar. Apesar disso, não possuía um sistema de direção, só uma barra transversal fixa à viga que servia para apoiar as mãos. A brincadeira consistia em empurrar ou deixar correr numa descida para pegar velocidade e assim tentar manter-se equilibrado de maneira muito precária por alguns metros. De acordo com os desenhos existentes, era um conjunto muito pesado e rígido, e por conta do piso irregular das ruas e estradas de terra, devia pular e ser muito desconfortável ao passageiro, além de não possuir freio e sistema de direção.

Figura 2 – Celífero do Conde de Sivrac

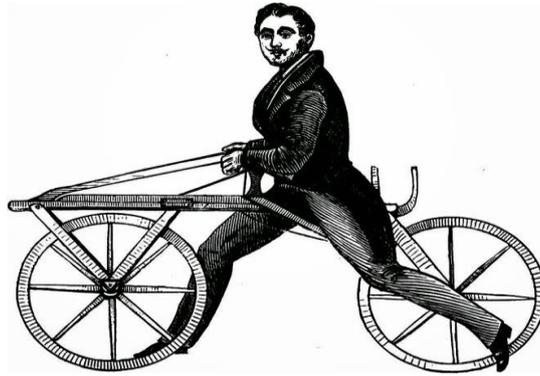


Fonte: <https://www.mobikers.com.br/comportamento/cultura/pedalando-nem-sempre-pela-historia-como-surgiu-a-bicicleta> - Acesso em 10/05/2021

O celerífero foi aprimorado pelo engenheiro agrônomo e florestal alemão Barão Karl von Drais em 1817. Ele instalou em um celerífero um sistema de direção que permitia fazer curvas e com isto manter o equilíbrio da bicicleta quando em movimento. A invenção conhecida como "draisiana" continha ainda um rudimentar sistema de freio e ajuste de altura do selim para facilitar o seu uso por pessoas de diversas estaturas.

O princípio para movimentar a draisiana era bastante simples: sentado no selim e com os pés apoiados no chão bastava sair andando ou correndo até que se chegasse ao equilíbrio. A partir daí o condutor levantava os pés até que fosse necessário mais impulso para manter a velocidade e o equilíbrio. A invenção foi patenteada em 12 de Janeiro de 1818, em Baden e em outras cidades européias, incluindo Paris.

Figura 3 – A bicicleta draisiana



Fonte: <https://draisiana.com> - Acesso em 10/05/2021

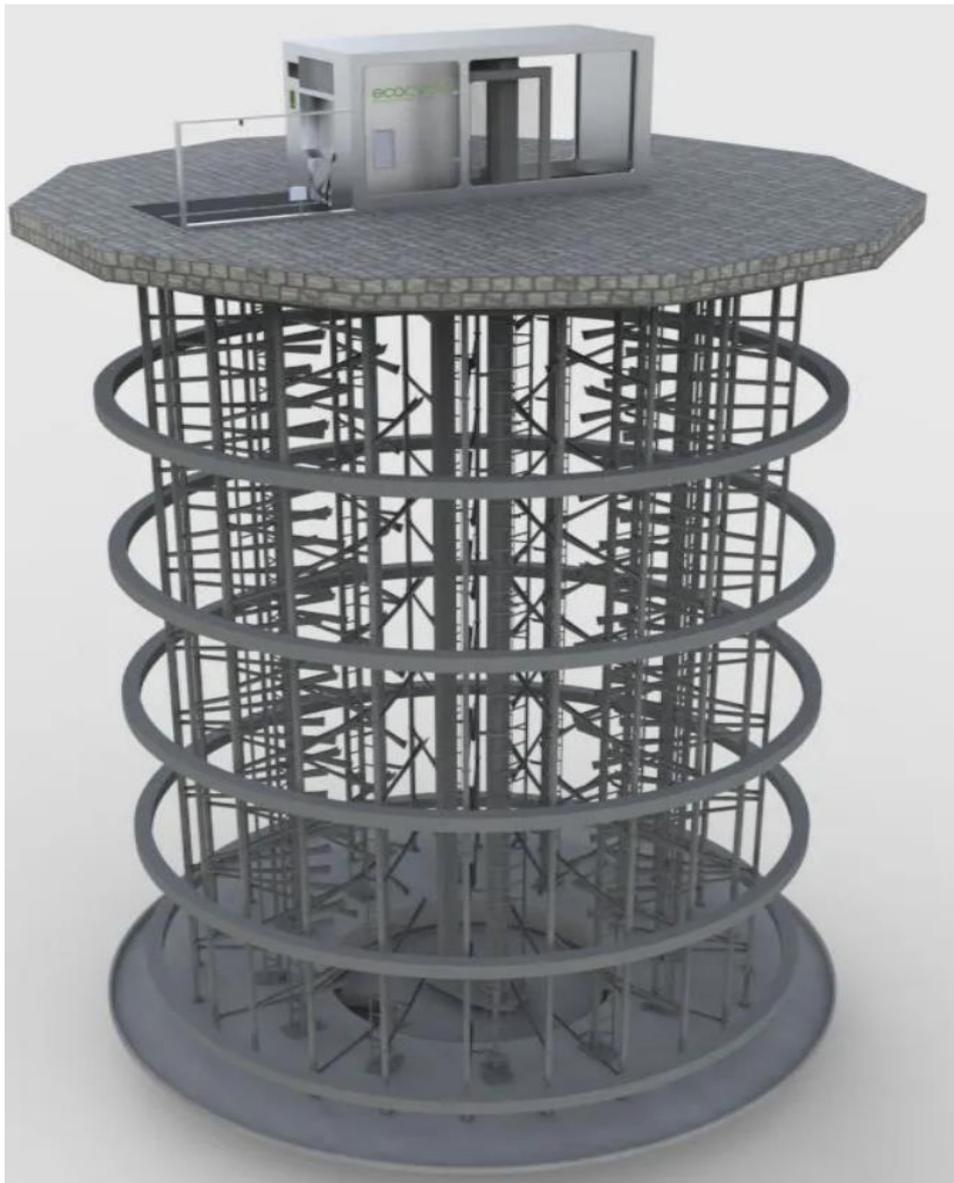
As bicicletas evoluíram, ganharam pedais, correntes de transmissão, pneus emborrachados com câmaras de ar para melhorar o conforto do usuário referente ao piso irregular, ficaram mais leves com quadros de alumínio ou fibra de carbono.

2.2 Bicicletários

A popularização das bicicletas fez com que surgisse a necessidade de armazenamento deste meio de transporte, tanto em residências, quanto em locais públicos ou privados de grande concentração de pessoas. Esta armazenagem pode ser feita de diversas maneiras diferentes, porém, de forma genérica, quando se há alguma limitação de espaço, a principal saída é armazenar de forma vertical as bicicletas, sendo penduradas em ganchos suspensos em uma forma mais difundida principalmente nas áreas residenciais.

Já em áreas públicas ou privadas que concentram grande quantidade de pessoas, mesmo o armazenamento vertical em ganchos pode ser limitante demais, sendo necessária a implementação de sistemas mais complexos com mais de um pavimento ou até mesmo subterrâneo, como é o caso da solução proposta pelo bicicletário automatizado da britânica Ecocycle que pode ser instalado de forma subterrânea, com capacidade de armazenamento de até 204 bicicletas no modelo Blow desenvolvido pela marca.

Figura 4 – Modelo Blow de bicicletário automatizado da fabricante Ecocycle



Fonte: <https://ecocycle.com/models> - Acesso em 10/05/2021

2.3 Tipos de travas para bicicletas

De acordo com Gomes et al., (2019) há no mercado uma grande variedade de modelos de travas disponíveis, de tamanhos, preços e grau de confiabilidade variados, sendo que os tipos de travas mais comuns encontrados nas lojas físicas e virtuais serão explorados e detalhados a seguir.

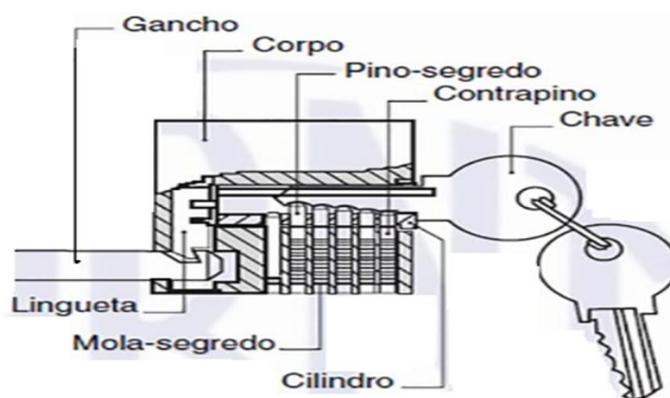
Figura 5 – Cadeado de cabo de aço



Fonte: <https://www.centauro.com.br/cadeado-para-bicicleta-com-chave-atrivo-bi081-888634.html> - Acesso em 10/05/2021

Ainda segundo Gomes et al., (2019) o primeiro cadeado representado na Figura 5, é simples, com chave, composto de cabo de aço e silicone, sendo uma das opções mais baratas e menos seguras disponíveis no mercado. Com diâmetro do cabo variando de 8mm à 25mm, possui um mecanismo de trava com chave, porém, pode ser facilmente cortado com o auxílio de alicates de corte. Tal trava possui um mecanismo semelhante ao de um cadeado de porta, conforme demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Mecanismo de trava do cadeado



Fonte: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=259865> - Acesso em 10/05/2021

De acordo com Gomes et al., (2019) uma das travas mais difundidas na sociedade brasileira é composta pela combinação de correntes com cadeado, no entanto, trata-

se de uma opção mais pesada e difícil para se carregar. A Figura 7 representa uma trava feita de aço temperado de alta resistência e revestida com uma capa protetora em nylon com a espessura dos elos da corrente variando de 4mm à 8mm. O seu mecanismo de trava é semelhante ao cadeado de cabo de aço, porém pode ser facilmente rompida pois seu perfil facilita o engate do alicate e conseqüentemente a ruptura da trava, sendo também uma das mais baratas opções. O que pode dificultar sua ruptura é utilizar formas de correntes mais arredondas, porém mesmo assim são muito mais frágeis do que em comparação com as travas em U.

Figura 7 – Cadeado de corrente



Fonte: <https://www.ciadopedal.com.br/cadeados/4655-8145-cadeado-chave-com-corrente-8x900mm-blue.html> - Acesso em 10/05/2021

Segundo Gomes et al., (2019) há modelos menos difundidos como a trava em aço ultra temperado emborrachado, conforme mostra a Figura 8. Este modelo proporciona maior resistência contra impactos e alicates de construção civil de grande capacidade, furadeiras, cinzéis e objetos que possam comprometer a integridade do miolo ou do cadeado em si. Trata-se de um sistema que combina a segurança da trava em U com a flexibilidade dos cadeados de cabo de aço. O miolo conta com chave codificada e possui um sistema duplo de travamento do cilindro, que impede o uso de cinzéis e furadeiras. O seu preço de venda é cerca de dez vezes maior que o cadeado simples, o que dificulta sua utilização por boa parte dos ciclistas.

Figura 8– Trava de aço temperado



Fonte: <https://www.mxbikes.com.br/cadeado-abus-bordo-lite> - Acesso em 10/05/2021

De acordo com Gomes et al., (2019) a trava em U é considerada a mais segura, possuindo um peso considerável (entre 800g e 2kg). Fabricado em aço endurecido, o cadeado possui formato de arco de duplo encaixe, cuja espessura da manilha pode variar de 5 a 18mm. Devido ao alto grau de segurança, é uma das opções mais caras disponíveis. Em comparação ao cadeado mais simples, enquanto o de cabo de aço demanda até 3 segundos para ser rompido, um cadeado do tipo “U” pode demorar até 2 minutos. Uma das travas mais utilizadas é da marca kryptonite, conforme mostra a Figura 9.

Figura 9 – Trava em U da marca Kryptonite



Fonte: <https://www.americanas.com.br/produto/40918558/cadeado-trava-bicicleta-kryptonite-u-keeper-12ls> - Acesso em 10/05/2021

2.4 Materiais de construção mecânica

Para Silva et al (2016), com a modificação de parâmetros específicos em modelos 3D é possível à alteração de diversos aspectos na forma do produto. Por exemplo, de acordo com a demanda e com o espaço disponível, pode-se alterar o número de bicicletas suportadas pelo bicicletário. Isso acelera o processo de geração de alternativas fazendo com que a definição da melhor proposta seja rapidamente identificada.

Callister (2008, apud Scheleski 2014) preconiza que selecionar materiais é uma das tarefas mais importantes de um engenheiro, decisões inapropriadas sobre a utilização de materiais podem causar desastres, tanto do ponto de vista econômico quanto de segurança.

Ainda de acordo com Scheleski, existem diversas ferramentas disponíveis no mercado para a seleção de materiais, variando de simples catálogos até softwares com sistemas de buscas multicritérios. Dentre as ferramentas, o autor destaca os sites Matweb, Cambridge Engineering Selector e Materioteca, pois permitem acesso gratuito a um banco de dados com mais de 100 mil tabelas com propriedades de materiais. Outro destaque dado é ao livro ASM Material Handbook por ser uma grande fonte de dados sobre materiais. Por fim, indica os mapas de propriedades desenvolvidos por Ashby, que são diagramas com diversos resumos e correlações das propriedades dos materiais de modo compacto, mostrando a faixa abrangida por cada família e classe de material.

Dantas (2015) em seu trabalho sobre um suporte móvel para estacionamento de bicicletas em Brasília, fez um levantamento de características como o material, processo de produção, nível de segurança e a resistência a intempéries de 5 tipos comuns de suportes de bicicletas. Segundo a autora, os materiais constituintes dos suportes resumem-se em alumínio, ferro ou aço e os processos de produção englobam o corte, dobra e a soldagem dos metais. A respeito da segurança para evitar furtos, o único tipo de suporte que não apresentou segurança significativa foi o constituído em alumínio devido a facilidade de ser movido. Por fim, a autora conclui

que todos os suportes analisados resistem a intempéries devido ao material constituinte e/ou pintura anticorrosiva aplicada.

Dias (2012) destaca que alguns dos materiais principais no uso do mobiliário urbano são os materiais metálicos, não somente para propriedades estruturais, mas como material presente nas superfícies utilitárias dos mobiliários urbanos.

Segundo Ashby & Johnson (2011, apud Dias 2012) os aços são divididos entre aços carbono, inoxidáveis e de baixa liga, e mudam de acordo com suas ligações químicas, que são as seguintes:

- Aços-carbono: Ligas de ferro com carbono, que varia de 0,25% a 1,6%
- Aços inoxidáveis: Ligas de ferro com cromo, níquel e outros metais;
- Aços de baixa liga: Ligas de ferro com carbono, com tratamento especial de resfriamento rápido, que confere a ele propriedades específicas, como maior dureza e tenacidade.

Segundo o Grupo Aço Cearense (2017) O aço liga é um produto com larga utilização na construção civil e na indústria. É um material composto por ligas de ferro e carbono e é utilizado na fabricação dos mais diferentes produtos, dentre eles eletrodomésticos, veículos, materiais de construção, entre outros. O aço é popular e com vasta aplicabilidade, sendo suas propriedades mecânicas um dos fatores que o faz ser tão utilizado. Essas propriedades (dureza, tenacidade, limite de escoamento, deformação, fadiga) variam de acordo com os diferentes tipos de aço e as suas composições.

A classificação do aço carbono segue as condições relacionadas a ABNT NBR – 6215 (2011) da seguinte forma:

- Baixo Carbono: Teor menor que 0,25% C;
- Médio Carbono: Teor entre 0,25% e menor que 0,6% C;
- Alto Carbono: Teor acima de 0,6% C.

As ligas metálicas têm grande utilização, pois a adição de outros elementos químicos, geram novas oportunidades de aplicabilidade e melhorias dos materiais em diversas áreas, como o níquel por exemplo que eleva a resistência à corrosão e resistência mecânica da liga metálica.

Silva et al (2016) também desenvolveu um trabalho importante sobre o dimensionamento de um bicicletário, onde utilizou o aço de baixo teor de carbono com uma bitola padrão disponível no mercado de 32 mm de diâmetro e 2 mm de parede. Segundo Silva, esse material foi escolhido por ser de fácil manuseio e curvatura, tanto manual quanto mecânico.

Os sistemas de classificação de aços especiais para construção mecânica SAE/AISI (normas americanas) e ABNT (normas brasileiras), utilizam em geral quatro algarismos na forma ABXX onde A e B são números que identificam os principais elementos de liga presentes no aço e seus teores, dados em porcentagem em peso. Assim, quando os dois primeiros algarismos na designação são AB = 10, os aços são simplesmente ao carbono; quando são AB = 11, os aços são de usinagem fácil com alto enxofre; quando são AB = 40, os aços são ao molibdênio, com 0,25% de molibdênio e assim por diante (Gerdau, 2020).

Por exemplo, um aço muito utilizado na fabricação de molas helicoidais e semielípticas é o aço 5160, sendo AB = 51, correspondente a um aço com 1,0% Cr. Os algarismos XX presentes no final da designação, indicam a porcentagem em peso de carbono na composição química do aço, multiplicado por 100. Assim um aço 1045 é um aço carbono, contendo no máximo 1% Mn (10XX) e 0,45% em peso de carbono em sua composição química. Quando a designação termina com XXX, o teor de carbono é igual ou ultrapassa 1,0 %. É o caso do aço para rolamento 52100, também conhecido como “aço prata”, de elevada dureza e alta resistência ao desgaste e à fadiga de contato, cuja composição química é 1,45% Cr e 1,0 %C. O sistema de classificação SAE/AISI/ABNT utiliza uma lógica que permite saber se se trata de um aço de baixo, médio ou de alto carbono, simplesmente conhecendo os valores XX (% de carbono x 100) no final da designação (Gerdau, 2020).

Existem outros sistemas de classificação de materiais e normas, dentre os quais é possível destacar a ASTM (Sociedade Americana para Testes e Materiais, em inglês), um órgão estadunidense de normalização que desenvolve e publica normas técnicas para uma ampla gama de materiais, produtos, sistemas e serviços. Dentre estas normas, a norma ASTM A-36 indica as propriedades mecânicas requeridas e propriedades químicas aceitáveis para a produção de um determinado tipo de aço estrutural, que foi apelidado de A-36 devido a norma que rege a sua comercialização.

O aço ASTM A- 36 é indicado para aplicação em componentes estruturais onde as propriedades físicas são bem definidas para permitirem sua utilização em projetos que exijam dobramento e boa soldabilidade. Quando fabricados em chapas de aço possuem resistência intermediária e são aplicadas em componentes estruturais variados, desde os mais comuns até os mais elaborados tais como: Pontes, locomotivas, estruturas de máquinas, galpões, edifícios etc. (Tenax, 2021).

2.5 Bicletários já existentes na universidade

O trabalho desenvolvido por Gomes et al., (2019) com a análise das características dos bicicletários existentes na edificação que abriga a universidade São Judas Tadeu – Campus Unimonte na cidade de Santos/SP serviu como base para o presente artigo. Segundo os autores, a edificação conta com três bicicletários espalhados pela universidade, com um total de 81 vagas disponíveis para que os alunos possam acomodar as suas bicicletas. Os três possuem uma estrutura de suporte que mantém as bicicletas na posição vertical em ganchos suspensos. O primeiro bicicletário possui 27 vagas, o segundo e menor, dispõe de apenas 11 ganchos e no terceiro são 43 vagas, conforme a Figura 10.

Figura 10 – Bicicletários da universidade São Judas Tadeu – Campus Unimonte



Fonte: Do Autor (2019)

Quanto a segurança das bicicletas, é possível observar pelas imagens que os bicicletários não possuem qualquer sistema ou método para travamento, sendo possível prendê-las apenas se o ciclista estiver em posse de algum tipo de trava ou de um cadeado simples, já que alguns dos ganchos possuem uma corrente soldada junto ao seu corpo. Com isso, devido ao fato do local ser uma área fechada e privada, alguns ciclistas preferem deixar suas bicicletas suspensas nos ganchos sem o uso de travas. O sistema possui em dois bicicletários (1 e 2), ganchos compostos por aço de aproximadamente $\frac{1}{2}$ " (diâmetro de $\cong \text{Ø } 12,7\text{mm}$) e seção de $126,68\text{mm}^2$, enquanto que o terceiro e mais novo deles é confeccionado em alumínio oco de $\frac{5}{8}$ " (diâmetro de $\cong \text{Ø } 15,87\text{mm}$) e seção de $197,81\text{mm}^2$, sendo as estruturas de suporte feitas do mesmo material dos ganchos. A Figura 11 ilustra o perfil de cada gancho citado, sendo os bicicletários 1 e 2 compostos pelo gancho da esquerda e o bicicletário 3 pelo gancho da direita (GOMES, R. et al., 2019, p. 6).

Figura 11 – Ganchos dos bicicletários



Fonte: Do Autor (2019)

2.6 Customer experience

O conceito do que é o “objeto de consumo” está sofrendo evolução ao longo dos anos, adquirindo novos significados e valores: de commodities a produtos, de produtos a serviços e, agora, de serviços a experiências.

A experiência do usuário nos bicicletários atualmente montados na universidade é frustrada no momento em que necessita ir em diversas portarias de acesso à universidade, para conseguir armazenar sua bicicleta ou com o sentimento de insegurança para possíveis furtos de sua bicicleta, caso não possua uma trava pessoal em mãos, pois apesar dos bicicletários ficarem dentro da universidade, são passíveis de furtos.

De Oliveira (2019) destaca que há décadas que a indústria de entretenimento vem rompendo esse paradigma e apontando tendências. Complexos de lazer como o Walt Disney World são um bom exemplo. Em entrevista à Harvard Business Review, em 2000, Michael Weisner, ex-CEO da The Walt Disney Company, destacou: “Se você olhar para o rosto das pessoas, verá que a Disney ainda sabe como encantar as pessoas, retirá-las de suas vidas estressantes ou ocupadas demais e conduzi-las por experiências repletas de encantamento e empolgação” (DISNEY INSTITUTE, 2011).

Ainda segundo De Oliveira (2019), Morris Holbrook e Elizabeth Hirschman em 1982 foram creditados com o pioneirismo na visão de que o estudo do comportamento do consumidor não poderia ignorar o papel das experiências. Para eles, as atividades de lazer, a estética, os significados simbólicos, as emoções e os aspectos multissensoriais proporcionados pelos produtos, entre outras facetas da experiência de consumo, não poderiam mais ser ignorados pelos pesquisadores, que, até então, tinham focado sua atenção em modelos de processamento de informações no processo de decisão e compra do consumidor (Holbrook e Hirschman, 1982). Eles argumentavam que consumidores obtêm prazer e experiências positivas no consumo de produtos, e era sistematicamente ignorado pelos pesquisadores.

Holbrook e Hirschman (1982) destacam o conjunto de sensações internas e percepções do consumidor no contato com a organização ofertante ou na experiência de marca. Com esse alerta de Holbrook e Hirschman, *customer experience* passaria, gradativamente, a abandonar sua condição de coadjuvante, ainda que, nos primeiros momentos, não houvesse uma conceituação adequada do termo.

O livro *The Experience Economy – work is theatre & every business a stage*, é apontado por autores (SUNDBO E DARMER, 2008; GREENBERG, 2010) como um marco fundamental na definição de *customer experience*. A conceituação de Pine e Gilmore (1999) é a de que serviços são usados como palco, e produtos como apoio para engajar os consumidores em eventos memoráveis, pelos quais a organização pode cobrar. Sua premissa é de que os consumidores dão maior valor para experiências do que para produtos e serviços, e a progressão em direção à oferta de experiências obedeceria a uma tendência natural na evolução dos mercados. Essa evolução se refletiria na própria natureza da oferta. Bens são tangíveis e serviços são intangíveis, mas a natureza das experiências é diferente, são memoráveis.

2.7 Protótipo da trava em escala real

A trava foi mecanicamente desenvolvida para minimizar seus custos de implementação com o aproveitamento do máximo da estrutura presente atualmente

nos bicicletários da universidade. Os bicicletários 1 e 2, constituídos de aço, não devem ser refeitos, apenas o bicicletário 3 que deve ser inteiramente remodelado devido a sua estrutura ser feita de alumínio e estar comprometida por diversos fatores, entre eles não possuir capacidade mínima para suportar o peso total das bicicletas, quando está com alta taxa de ocupação, apresentando sinais de deflexão (GOMES, R. et al., 2019, p. 7).

O protótipo foi desenvolvido fora das dependências da universidade, sendo preciso recriar além da trava, a barra superior e o gancho, a fim de não mexer na estrutura já existente na universidade, gerando a necessidade de se trabalhar com soldagem de peças de aço (GOMES, R. et al., 2019, p. 8). Foram utilizados os seguintes materiais para confecção do protótipo:

- Barra de aço com diâmetro de $\frac{1}{2}$ ”;
- Tubo de aço com diâmetro de $\frac{3}{4}$ ”;
- Tubo de aço de perfil 60x60mm;
- Solenoide de 220v;

Segundo Gomes et al., (2019), no protótipo ainda foi instalado um pino para travamento do cilindro na parte superior, a fim de evitar que ele abaixe involuntariamente pelo efeito gravitacional, bem como foi instalado um gancho na parte inferior para auxiliar no processo de levantar o cilindro.

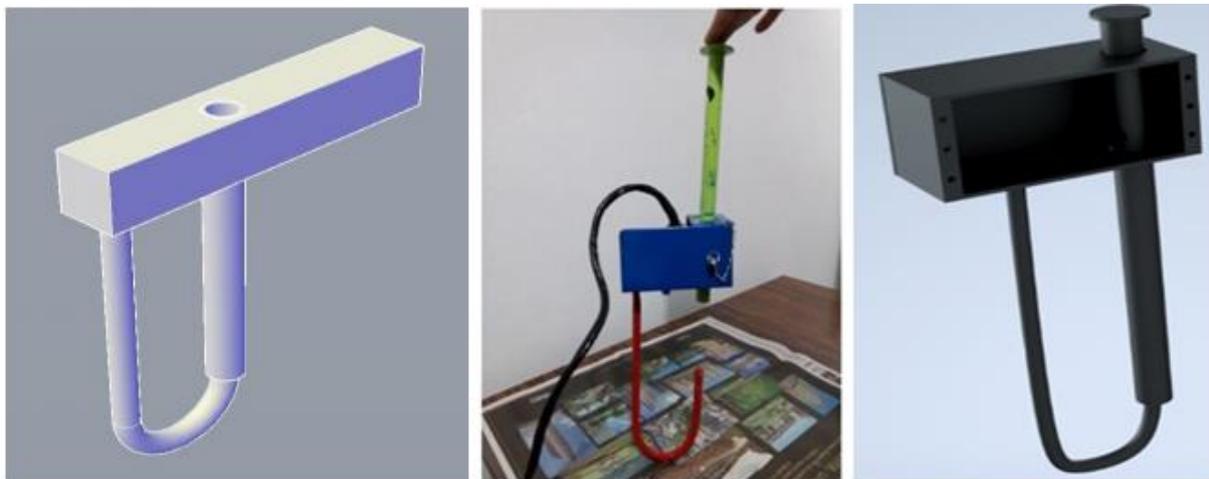
Figura 12 – Materiais utilizados para confecção da trava (esquerda), solda realizada na barra superior (centro) e pino para travamento (direita).



Fonte: Do Autor (2020)

Segundo Gomes et al, (2020), a modelagem tridimensional da trava foi feita com base no protótipo desenvolvido no estudo anterior para criação do protótipo. Deste modo, foi desenhado com as mesmas dimensões e design do protótipo, porém com a presença dos furos para fixação das tampas frontal e traseira e aberturas para a passagem dos fios e facilitar possíveis manutenções. O software CAD 3D utilizado foi o Autodesk Inventor Professional 2021, que é um modelador de peças mecânicas de ótima qualidade, porém, qualquer programa equivalente poderia ser usado para o desenho das peças e montagem. A Figura 13 mostra a evolução do projeto de travas do bicicletário.

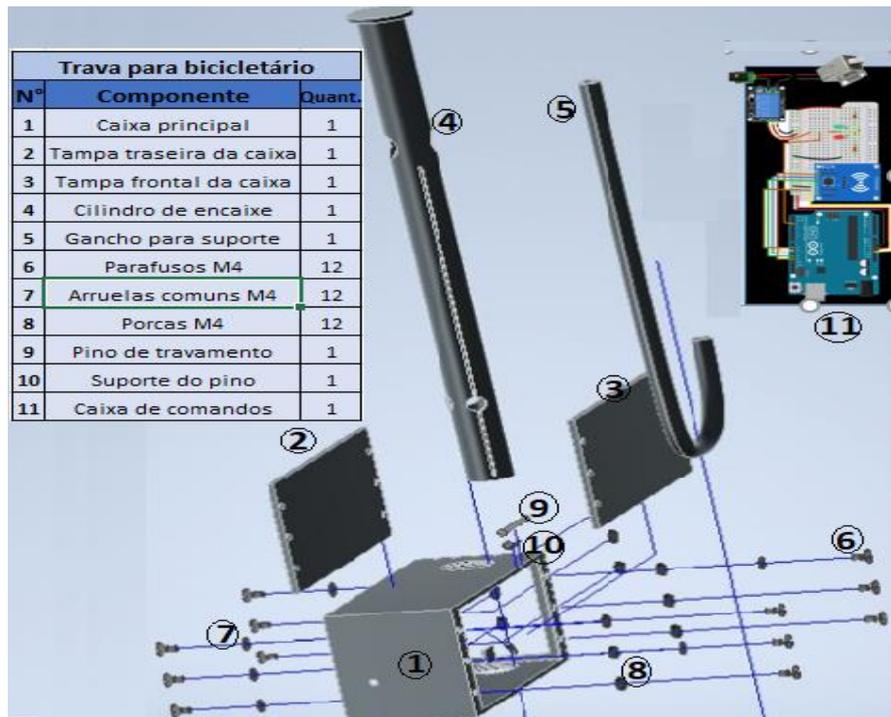
Figura 13 – Evolução do Protótipo de travas – primeiro esboço do projeto (esquerda), protótipo (centro) e segunda modelagem (direita).



Fonte: Do Autor (2020)

Ainda segundo Gomes et al, (2020), os componentes mecânicos da trava foram desenhados em vista expandida, com detalhamento dos componentes para melhor entendimento da montagem da trava. A Figura 14 mostra esse nível de detalhamento com indicativo de nomes e quantidade de cada componente.

Figura 14 – Vista expandida dos componentes mecânicos da trava



Fonte: Do Autor (2020)

2.8 Estudo dos componentes elétricos e eletrônicos

Após desenvolvimento do protótipo simplificado em escala real, surgiu a necessidade de automatizar a sua comunicação, implementando alguns componentes elétricos para atuar no sistema de travamento do bicicletário.

O Arduino, um tipo de plataforma de prototipagem eletrônica, surgiu em diversos projetos recentes para sanar um grande problema encontrado na realização de experimentos práticos, que é a complexidade envolvida na montagem da infraestrutura do experimento e, conseqüentemente, o tempo necessário para fazê-lo, além da experiência em si dos desenvolvedores. Ao permitir uma rápida prototipagem, estas plataformas podem ser pensadas não só como ferramenta de projeto, mas também como ferramentas de aprendizado (FONSECA & VEGA, 2011).

Para usuários leigos em eletrônica a principal dificuldade para o uso dos microcontroladores é a necessidade de construir os circuitos eletrônicos e desenvolver a programação. Neste sentido, o uso da plataforma comercial como o

“Arduino” surge como uma alternativa a esta limitação (KAMOGAWA & MIRANDA, 2013).

A plataforma de desenvolvimento Arduino é dito uma plataforma de computação física no qual sistemas digitais ligados aos sensores e aos atuadores são capazes de medir variáveis no ambiente físico, realizar cálculos numéricos e tomar decisões lógicas no ambiente computacional gerando novas variáveis no ambiente físico (ARAÚJO et al, 2012). Sendo que o Arduino é uma placa programável que possui um ambiente próprio de desenvolvimento e utiliza uma linguagem de programação simples, podendo ser configurado após a comunicação da placa com um computador através de um cabo USB (Porta Serial Universal) e que pode funcionar ligado a um adaptador de corrente alternada para corrente contínua ou bateria.

Solenoides são dispositivos eletromecânicos baseados no deslocamento causado pela ação de um campo magnético gerado por uma bobina e são muito utilizados na construção de outros dispositivos, como é o caso das válvulas para controle de fluidos (Da Silva & Do Lago, 2001).

Segundo Cunha (2009), o relé é um dispositivo elétrico destinado a produzir modificações súbitas e predeterminadas em um ou mais circuitos elétricos de saída, quando alcançadas determinadas condições no circuito de entrada, que controla o dispositivo. Assim, o relé não interrompe o circuito principal, mas atua no seu sistema de manobra. Esse equipamento, quando ligado a uma instalação permite o funcionamento de outros aparelhos conectados ao mesmo ou em outro circuito elétrico que estejam ligados ao relé, devido a uma alteração nas condições do equipamento pela passagem da corrente elétrica. Ele faz o papel de uma chave automática comutadora que atua pela alteração de algumas variáveis predeterminadas como temperatura, corrente elétrica, ar e campo magnético.

Ainda de acordo com Cunha (2009), na década de 1950 apareceram os relés de estado sólido, também chamados de SSR. Diferente dos eletromecânicos, que têm contatos que se movimentam durante a operação do relé, o que naturalmente reduz a vida útil do dispositivo pelo desgaste das peças, o relé de estado sólido é um

dispositivo eletrônico que não tem partes móveis para funcionar, utiliza elementos da elétrica, eletrônica, ótica dos materiais semicondutores e dos componentes elétricos.

Segundo Gomes et al, (2020), o sistema de trava passará por um controle de ações sobre o solenoide e isso passa principalmente pela escolha da plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única apropriada para o bicicletário. Foram listados no Quadro 1 alguns dos modelos mais comuns disponíveis no site do Arduino com as especificações e preços disponíveis no site oficial, bem como a média de preços no mercado brasileiro através do site Mercado Livre.

Quadro 1 – Preços médios de modelos de placas de Arduino

Placa	Portas digitais	Portas PWM	Portas analógicas	Memória	Frequência de processamento	Tensão de operação	Alimentação	Tamanho (mm) C x L	Preço U\$S (Arduino)	Preço R\$ (Mercado Livre)
UNO REV3	14	6	6	32 KB	16 MHz	5V	7-12V	68,6 x 53,4	\$23.00	R\$ 45,12
NANO	22	6	8	32 KB	16 MHz	5V	7-12V	45 x 18	\$20.70	R\$ 29,95
LEONARDO	20	7	12	32 KB	16 MHz	5V	7-12V	68,6 x 53,3	\$20.70	R\$ 60,00
MICRO	20	7	12	32 KB	16 MHz	5V	7-9V	48 x 18	\$20.70	R\$ 38,95
NANO EVERY	13	5	8	48 KB	20 MHz	5V	7-21V	45 x 18	\$10.90	R\$ 28,75
NANO 33 BLE	14	14	8	1MB	64 MHz	3.3V	21V	45 x 18	\$20.20	-
NANO 33 BLE SENSE	14	14	8	1MB	64 MHz	3.3V	21V	45 x 18	\$31.10	-
DUE	54	12	2	512 KB	84 MHz	3.3V	6-16V	101,52 x 53,3	\$40.30	R\$ 135,00
MEGA 2560 REV3	54	15	16	256 KB	16 MHz	5V	6-20V	101,52 x 53,3	\$40.30	R\$ 120,24

Fonte: Do Autor (2020)

Ainda de acordo com Gomes et al, (2020), pretende-se usar para os bicicletários 2 e 3 uma placa com maior quantidade de entradas e saídas (54 pinos) e que possa ser alimentada por uma fonte de 24V, portanto, dentre os modelos tabelados optou-se pelo modelo Mega 2560 REV3, conforme a Figura 15.

Figura 15 – Plataforma modelo Mega 2560 REV3



Fonte: <https://www.clubedohardware.com.br/topic/1412907-qual-a-cor-da-placa-arduino> - Acesso em 10/05/2021

Segundo Gomes et al, (2020), a placa do Arduino pode ser alimentada via USB ou por uma fonte de alimentação externa através de um conector Jack. É recomendado para fonte externa uma tensão entre 7v a 24v, sendo assim, considerou-se uma fonte com entrada de 110-240v e saída de 24vcc para a alimentação da placa do Arduino. Com a placa do Arduino energizada, serão utilizadas suas saídas de 3.3v para fazer a alimentação do sensor RFID ou QR Code e a de 5v junto do GND para a alimentação do módulo relê. Será incorporado também um módulo relê de 1 canal 5v, para que juntamente com uma fonte de alimentação externa, de entrada 110-240v e saída 24vcc, ligada em série com o contato NA (Normal Aberto) do módulo relê, realize a alimentação da válvula solenoide da trava. Algumas das interligações são realizadas na placa Protoboard de 400 pinos, apenas para a junção dos contatos.

De acordo com Gomes et al, (2020), todos estes componentes eletrônicos ficarão em um painel de comando próximo a trava, ao qual será ligado um cabo de 1x3x2,5mm² de 110-240v para alimentar tanto a fonte de alimentação da placa Arduino quanto a fonte que é ligada em série com o contato NA do módulo relê para suprir a solenoide, através de uma tomada próximo ao local de funcionamento. Como apenas a solenoide ficará distante deste comando, instalada na base da trava, um cabo de 1x2x1,5mm² da saída do módulo relê e da fonte 24vcc será interligado à solenoide por um borne sindal. Após realizar todas as ligações

necessárias, a programação do Arduino será feita através do programa sketch, instalando a biblioteca MFRC522 ao mesmo, junto a placa Arduino conectada via USB ao computador.

De acordo com Dos Reis (2018), um Sensor em Eletrônica é um dispositivo que capta e converte um fenômeno físico, como temperatura, umidade ou luminosidade, em um sinal elétrico. Desta forma, os sensores fazem parte da interface entre o mundo físico e o mundo dos dispositivos eletrônicos, como os computadores e redes de dados. Geralmente, a saída obtida em um sensor é uma grandeza elétrica como uma pequena tensão, corrente ou ainda uma alteração em um valor de resistência elétrica, que é enviada a um circuito eletrônico para processamento, sendo muito comum o uso de microcontroladores para esse fim.

Segundo Engerey (2017), há sensores para diferentes aplicações. Os tipos de sensores industriais podem ser: Sensores de Pressão, Sensores de Temperatura, Sensores de Nível, Sensores de Vazão e ainda os mais comuns: indutivo, capacitivo, fotoelétrico, magnético e ultrassônico.

Ainda segundo Engerey (2017), o funcionamento dos sensores é baseado em uma alteração no ambiente (aproximação, calor, luz, etc.). Por isso é infinita a quantidade de soluções que se pode ter com os sensores, tudo é uma questão de análise e estudo. Importante salientar a escolha de sensores com precisão e qualidade.

A RTI automação (2018), uma empresa integradora de sistemas centrada no fornecimento de produtos e soluções para a automação industrial e controle de processos fundada em 1987, publicou uma matéria em fevereiro de 2018 classificando os tipos e as aplicações de alguns sensores industriais, descritos a seguir:

- **Sensores de Pressão:** de acordo com a RTI automação (2018), são utilizados em ambientes de fabricação de produtos mais robustos. Existem modelos com alta resolução, display, amplificador a parte e invólucros compactos, bem como diversos tipos de saída e faixas de pressão. Esses dispositivos eletrônicos podem ser ainda voltados para pressão diferencial,

com *bargraph*, *display* duplo e anticorrosivo. Além disso, há versões para ar comprimido, gases ou líquidos (mesmo para os corrosivos);

- **Sensores Ultrassônicos:** de acordo com a RTI automação (2018), oferecem transmissor de sinal ultrassônico com detecção e processamento da intensidade de retorno por tempo, para a detecção de objetos e formas. Emitem pulsos ultrassônicos de forma cíclica caso um objeto, no campo desejado, reflita os respectivos pulsos. Já o eco resultante é recebido e convertido em um sinal elétrico. Há modelos com saída digital simples ou dupla, analógico em tensão ou corrente. Também existem versões específicas para a detecção de folha dupla;
- **Sensores Magnéticos:** de acordo com a RTI automação (2018), são capazes de detectar partes e peças de máquinas automatizadas, além dos produtos fabricados nas linhas de produção;
- **Sensores Fotoelétricos:** de acordo com a RTI automação (2018), utilizam um chaveamento de saída (on/off), por meio de um transmissor de luz e um receptor. São usados na automação de diversas máquinas industriais, incluindo embalagens, controles de produção, entre outras. Destacam-se por prover informações sobre o contraste ou luminescência, distância, retro reflexivo, cor e área monitorada. Também podem garantir a segurança humana, intensificando a proteção dos dedos, mãos e braços do operador da máquina. Para tanto, incluem um controlador de segurança com Classe de Proteção 4;
- **Sensores Capacitivos:** de acordo com a RTI automação (2018), são aplicados para identificar tipos de massa. Detectam materiais não metálicos, como plásticos, madeiras, resinas entre outros. Podem ainda monitorar o nível de líquidos e materiais sólidos;
- **Sensores Indutivos:** de acordo com a RTI automação (2018), são conhecidos como sensores de proximidade, há modelos modernos equipados com iluminação traseira para prover mais visibilidade na comutação, bem como facilitar e agilizar a identificação de eventuais problemas na manufatura.

Detectam componentes metálicos, sejam em ferro, aço e aço inox, alumínio ou latão;

- **Sensores de Fibras Ópticas:** de acordo com a RTI automação (2018), além dos modelos de fibra, há os microprocessados. Há ainda lentes opcionais para inúmeras aplicações. Adicionalmente, possuem sistema de detecção de fibra por barreira ou fotossensor;
- **Sensores a Laser:** de acordo com a RTI automação (2018), são em comparação com os sensores fotoelétricos tradicionais, os sensores a laser oferecem sensibilidade e precisão superiores. Existem modelos tubulares que podem ser utilizados em diversos processos de produção;
- **Sensores Magnéticos:** de acordo com a RTI automação (2018), são projetados para identificar o campo magnético de um ímã, o qual pode ser considerado um acionador magnético. Dentre as suas aplicações está o monitoramento de cilindros pneumáticos ou de válvulas lineares;
- **Sensores de Imagens:** de acordo com a RTI automação (2018), dispõem de lente, sensor de imagens, LEDs, display LCD e ainda de um processador em um único invólucro;
- **Sensores Transdutores Lineares:** de acordo com a RTI automação (2018), podem ser utilizados em locais arriscados para o operador, como nos ambientes onde há agentes contaminantes ou pó. Por isso, esses sensores têm alta resistência mecânica a vibrações e a choques. Ao mesmo tempo, contribuem para preservar e aumentar a vida útil das peças, minimizando o seu desgaste;
- **Sensores de Proximidade:** de acordo com a RTI automação (2018), são capazes de detectar materiais condutores elétricos, realizando o chaveamento sem a necessidade de algum corpo metálico tocá-lo (sejam em bobinas de relés, contadores, ou circuitos lógicos).

2.9 Diferentes tipos de linguagens de programação e banco de dados

Segundo o site Digital Dev uma linguagem de programação é um método padronizado para expressar instruções para um computador, ou seja, é um conjunto de regras sintáticas e semânticas usadas para definir um programa de computador. Uma linguagem permite que um programador especifique precisamente sobre quais dados um computador vai atuar, como estes dados serão armazenados ou transmitidos e quais ações devem ser tomadas sob várias circunstâncias.

De acordo com ESEG (2019) os principais tipos de linguagens de programação são: java, javascript, python, php, sql e ruby.

A linguagem de programação Java é orientada a objeto e segundo ESEG (2019), surgiu por volta de 1995, prometendo ser rápida, segura, confiável e multiplataforma. Isso porque os programas criados em Java não ficam em código nativo da plataforma. Em vez disso, são compilados para uma forma intermediária chamada de *bytecode* e são executados por meio de uma máquina virtual. Desta forma, um programador que desenvolve um sistema em Java faz esse processo uma só vez, podendo executá-lo posteriormente em qualquer plataforma que ofereça suporte para a linguagem.

De acordo com ESEG (2019), ao acessar a conta virtual de um banco em um computador ou mesmo alguns aplicativos da Receita Federal do Brasil, por trás deste sistema está um dos maiores exemplos da aplicação dessa tecnologia. Essa linguagem por vezes é vista como complexa para ser aprendida, contudo esta dificuldade surge devido aos conceitos de orientação a objetos, que podem não ficar claros inicialmente.

Já a linguagem JavaScript de acordo com ESEG (2019) é a linguagem de programação mais usada pelos programadores, representando mais do que 69% do mercado. Com ela, é possível fazer com que todas as funções desenvolvidas interajam com os usuários, melhorando sua experiência com a plataforma ou sistema. Um exemplo do cotidiano é ao abrir algum álbum de fotografia, conseguir interagir com as páginas, como se estivesse manuseando um livro, ou então, ao navegar em um mapa, ampliá-lo ou expandi-lo para ter acesso a melhores imagens.

Apesar de existir há décadas, a linguagem de programação Python ganhou alcance no mercado de TI há pouco tempo devido a facilidade de integração com diversas plataformas. De acordo com ESEG (2019), essa linguagem tem como principal objetivo favorecer a legibilidade e a produtividade do sistema, com códigos de fácil manutenção e baixa quantidade de caracteres especiais. Além de ser uma linguagem de alto nível, conta com uma biblioteca imensa e bons *frameworks*, facilitando a vida do profissional.

Segundo ESEG (2019) a linguagem C é muito difundida no ambiente acadêmico, uma vez que dá origem a diversas linguagens de programação, como C++ e C#. É com este tipo de linguagem que estudantes aprendem a lógica de criação de algoritmos, por ser intuitivo e de fácil aprendizado. Não é necessário montar um ambiente local na máquina para executá-lo, afinal, grande parte dos sistemas operacionais já o utilizam como base.

De acordo com ESEG (2019) a linguagem php possui o código aberto, por isso muitos profissionais já contribuíram para aprimorá-lo. Além disso o php também é rico em *frameworks*, que auxiliam no desenvolvimento dos softwares, de modo a simplificá-los. Entre os softwares que se baseiam na linguagem php e são mais utilizados no mercado estão: Laravel, Symfony, Zend, Phalcon, CakePHP, Yii e CodeIgniter.

Já a *Structured Query Language* (mais conhecida como SQL), segundo ESEG (2019) tem como principal função manipular bancos de dados de um modo ágil e descomplicado. Cada um dos seus bancos de dados possui uma sintaxe padrão, que é aumentada por cada programador em seu benefício. Por essa razão, a sua portabilidade é um pouco mais difícil.

Segundo ESEG (2019) a SQL tem alguns subtópicos:

- DML: para acessar e manipular as informações dos bancos de dados, são comumente utilizados os comandos SELECT, INSERT, DELETE e UPDATE;

- DDL: a fim de alterar as estruturas em que os dados estão inseridos, o profissional responsável pelo sistema de banco de dados (conhecido como DBA) utiliza dos comandos CREATE, ALTER e DROP;
- DCL: nesse caso, GRANT e REVOKE são os comandos usados para atribuir ou revogar privilégios de acesso aos usuários.

A linguagem de programação Ruby, por fim, segundo ESEG (2019), utiliza símbolos (a exemplo de @ e \$) e não precisa de declarações de variáveis, o que possibilita aos profissionais de TI identificar facilmente o papel de cada função. O resultado é uma linguagem cuja leitura é natural, e a escrita, simplificada.

Já a comunicação entre o arduíno e o aplicativo será feita via Wi-Fi, já que a universidade conta com internet aberta para utilização dos alunos.

3 METODOLOGIA

Neste projeto a modelagem tridimensional da trava foi feita em um software CAD 3D com base no protótipo desenvolvido no estudo feito em 2019 e no aprimoramento do projeto realizado em 2020. Para a seleção de materiais do projeto do bicicletário final, optou-se em manter a ideia de utilizar um material com módulo de elasticidade (módulo de Young) na faixa de 200 GPa, limite de escoamento mínimo de 190 MPa e densidade de cerca de 7,9 g/cm³ para fácil manuseio e curvatura, resistência à nevoa salina boa ou superior devido ao local de instalação ser em uma cidade litorânea, além de baixo custo de mercado.

As bicicletas possuem diferentes tamanhos e modelos, porém tendo em vista que a estrutura básica para o bicicletário já está montada, em uso, e atende aos usuários na questão de espaçamento das bicicletas e altura dos ganchos, o projeto analisou o peso do conjunto, uma vez que serão adicionados elementos mecânicos e eletrônicos ao bicicletário, para tal foi considerado um peso médio de 16kg de uma bicicleta padrão e utilizado nos cálculos 20kg de massa total da bicicleta, caso o usuário possua algum tipo de acessório (cesta frontal, cadeirinha para crianças) ou até mesmo queira utilizar uma trava extra em sua bicicleta.

Apesar das diversas ferramentas disponíveis no mercado para a seleção de materiais foi dispensada a triagem geral, isto é, não foram analisados os grupos das espumas, compósitos, polímeros, materiais naturais e das cerâmicas. Direcionou-se a seleção para a classe dos metais e suas ligas de modo direto, tendo em vista que além do módulo de elasticidade e densidade atenderem os requisitos, o estudo e análise de outros autores concluíram que os materiais metálicos são os principais constituintes dos suportes de bicicletas mais comuns e que os processos de produção destes englobam o corte, dobra e a soldagem de metais. A Tabela 1 sumariza os limites mínimos a serem considerados para o aço A36, que convergem para o material requerido no projeto.

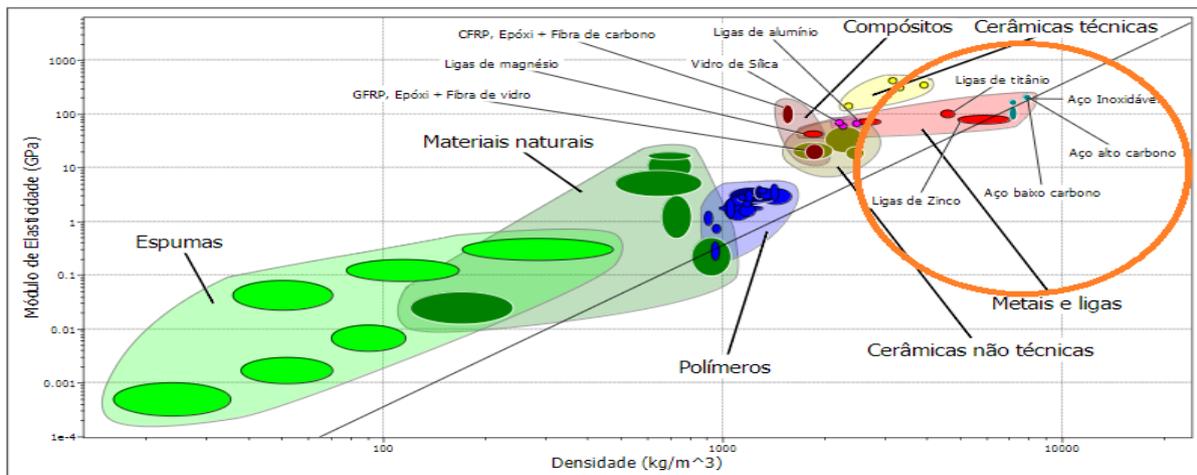
Tabela 1 – Limites mínimos de resistência e escoamento do aço ASTM A36

Tração				Compressão			
Tensão máxima (MPa)		Tensão Escoamento (MPa)		Tensão máxima (MPa)		Tensão Escoamento (MPa)	
Mínimo		Mínimo		Mínimo		Mínimo	
400	550	195	259	1700	200	200	305

Fonte: FLECK, Emanuela (2018)

Outro motivo desta escolha é a pretensão de aproveitar boa parte da estrutura presente no atual bicicletário da Universidade, apenas com adaptações (cortes) para o funcionamento do projeto. Conforme destaque no mapa de Ashby ilustrado na Figura 16, os materiais elegíveis são: as ligas de Zinco, aço de baixo e alto carbono, aço inoxidável e as ligas de titânio (GOMES, R. et al., 2020, p. 7).

Figura 16 – MPM Densidade vs Módulo de Elasticidade



Fonte: Adaptado de Scheleski, apud CES Edupack 2014

A escolha do Arduino foi feita com base nos dados disponibilizados site do Arduino e preços no mercado brasileiro. A escolha desta plataforma surgiu como um elemento facilitador para o desenvolvimento do projeto, tendo em vista que o próprio site do Arduino oferece suporte para a configuração da placa, tutoriais e um acervo com as

especificações de todas as placas existentes, além de fóruns paralelos disponíveis na internet para auxílio aos projetistas e a facilidade de acesso às placas (GOMES, R. et al., 2020, p. 7).

O desenvolvimento do aplicativo para testes de gerenciamento do sistema, devido a pandemia a simulação do aplicativo não terá ligação física com o protótipo, porém a programação estará pronta para ser utilizada futuramente.

Após a inserção da linguagem de programação, configuração da plataforma e montagem do protótipo, o Arduino proporcionará o funcionamento da trava proposta para o bicicletário de modo que acessando o aplicativo mencionando e-mail e uma senha de cadastro, através de um QR Code constante na trava que será alocada a bicicleta, o usuário possa travar ou destravar o sistema, com a possibilidade de consulta prévia de vagas disponíveis por bicicletários.

O software para desenho em 3D utilizado foi o Autodesk Inventor Professional 2021, pois além de ser um software que foi aplicado no desenvolvimento de alguns projetos nas aulas da disciplina de Tópicos Especiais II, o que facilitou a familiaridade com a ferramenta, levou-se em conta também o fato deste software possibilitar a simulação de um ensaio de aplicação cargas ao longo da estrutura desenhada.

Além dos componentes mecânicos e elétricos já dimensionados em projetos anteriores, foi acrescentado um sensor para melhorar a experiência do usuário, trabalhando em conjunto com um aplicativo desenvolvido em caráter de teste para a gestão do sistema de travas, criando visibilidade online do status em tempo real de ocupação dos diversos bicicletários espalhados pela universidade, otimizando a escolha pela portaria de acesso mais próxima que contenha vagas disponíveis.

O sistema proposto possui um detalhamento dos componentes elétricos e mecânicos, com base nas opções disponíveis no mercado aliado a capacidade esperada de cada um dos bicicletários analisados, desta forma o presente trabalho realizou uma estimativa de custo necessário para implementação do projeto no

segundo bicicletário, o menor dos três implantados na universidade, com 11 vagas disponíveis, aproveitando boa parte da infraestrutura já existente no local.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Componentes elétricos e eletrônicos para adequação do bicicletário

Foi selecionado um sensor ultrassônico para possibilitar ao arduíno o sinal de retorno que indique a presença de bicicleta em cada uma das travas que compõem o bicicletário, pois os modelos ultrassônicos trabalham com um tempo mais longo de identificação do objeto em comparação com outros tipos de modelos, tais como o de laser por exemplo. Além disso foi possível constatar que sensores ultrassônicos são utilizados em larga escala para identificar vagas ocupadas em estacionamentos de veículos automotores em shoppings centers, como o Shopping Praiamar em Santos/SP.

O modelo escolhido foi o JSN-SR04T pois possui funcionamento simples, no qual emite sinais ultrassônicos que refletem no objeto a ser atingido e retornam para o sensor, necessitando de uma dada distância do alvo e utilizando a informação do tempo de trânsito do sinal. É, portanto, utilizado para medir distâncias, sendo largamente utilizado em veículos automotores para auxiliar o motorista na direção segura do veículo, podendo ser aplicado na prevenção de acidentes como sensor de colisão, auxiliando o estacionamento do veículo como sensor de ré ou até mesmo integrando o sistema *park assist*.

No bicicletário será utilizado para determinar se existe uma bicicleta ocupando a referida vaga no bicicletário. Neste sensor, mediante prévia programação, é possível escolher a distância na qual se torna funcional o seu aviso. O sensor será posicionado na parte inferior da barra central, apontado para baixo à fim de identificar o pneu da bicicleta apoiado no gancho, emitindo seu sinal ultrassônico, o qual será programado com a variável de distância máxima do gancho que é de 25cm.

Se a informação de retorno para o sensor for de um objeto localizado a uma distância inferior à 25cm da posição do sensor, o sensor dará um retorno informando que não possui nenhum objeto naquele espaço, ou seja, nenhuma bicicleta no gancho, este ciclo de envio de sinais se repete a cada 2 segundos, caso retorne à informação ao sensor de que existe algum objeto em um espaço menor do que 25cm de distância, ele mudará o aviso, que significa que temos uma bicicleta no gancho, dando a informação de vaga ocupada.

O sensor JSN-SR04T ilustrado na Figura 17 dentre as opções pesquisadas no mercado, se destacou por algumas características, tais como: resistência a água (permitindo a sua utilização em ambientes com uma certa umidade como quintais e áreas externas com pouca ou sem cobertura); possuir um cabo de 2,5 metros de comprimento (possibilitando que o sensor fique a uma certa distância do microcontrolador); precisão de 1mm (podendo assim detectar o pneu da bicicleta com alta precisão); confiabilidade (75° de ângulo máximo de medição, sendo mais que o suficiente para sua aplicação); distância de detecção mínima de 20cm (se mostrando suficiente para detecção do pneu) e baixo valor de aquisição (em relação aos sensores disponíveis no mercado, com preço médio segundo o site Baú da Eletrônica de R\$ 82 reais e compatível com a placa arduino).

Figura 17 – Sensor JSN-SR04T



Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1484715237-sensor-ultrassnico-jsn-sr04t-a-prova-dagua-com-modulo> - Acesso em 10/05/2021

Já o Quadro 2 detalha as especificações técnicas do modelo de sensor escolhido, com informações extraídas do site de compras Mercado Livre.

Quadro 2 – Especificações técnicas do sensor JSN-SR04T

MODELO	JSN-SR04T
TENSÃO DE OPERAÇÃO	3 a 5V DC
CORRENTE DE OPERAÇÃO	< 8mA
FREQUENCIA DE ULTRASSOM	40KHz
PRECISÃO	+/- 1mm
ÂNGULO DE MEDIÇÃO MÁXIMA	75°
TEMPERATURA DE OPERAÇÃO	-20°C a 70°C
DIÂMETRO DO SENSOR	22mm
DIMENSÕES DO MÓDULO (CxLxA)	42 x 29 x 17 mm
COMPRIMENTO DO CABO	2,5 m

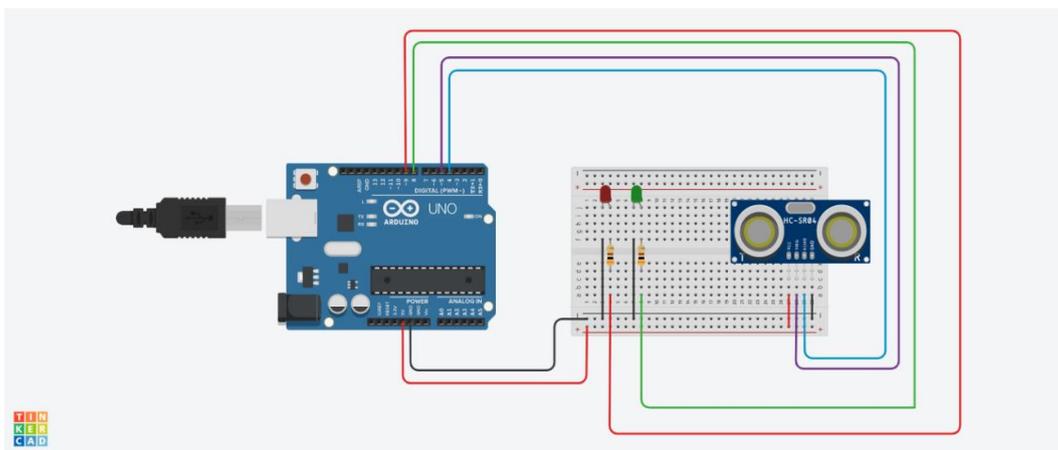
Fonte: Do Autor adaptado de Mercado Livre - Acesso em 10/05/2021

Foram realizados testes de aplicabilidade no programa Tinkercad, da plataforma Autodesk, para simular o funcionamento do sensor em conjunto com o arduino, utilizando as medidas reais do sistema.

O teste realizado simulando a aplicabilidade estimada para o uso do sensor no bicicletário, no qual o sistema mantém uma luz verde acesa no retorno do sinal indicando que há algum objeto posicionado a uma distância igual ou maior que 25cm, ou seja, vaga disponível, assim que algum objeto for detectado a menos que 25cm a luz verde se apaga e se acende uma luz vermelha que significa a indicação de vaga ocupada. Na Figura 18 é possível notar o circuito montado, no qual foram utilizados os seguintes componentes:

- 1 placa Arduino ligada a uma alimentação USB;
- 1 sensor ultrassônico;
- 1 lâmpada led verde;
- 1 lâmpada led vermelho,
- 2 resistores para a ligação das lâmpadas led.

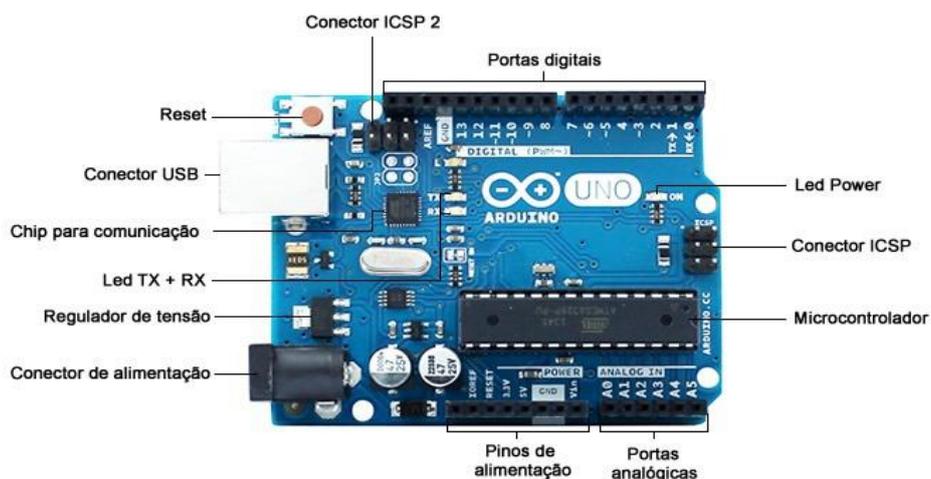
Figura 18 – Modelo esquematizado da simulação realizada no software Tinkercad



Fonte: Do Autor 2021

A programação será realizada em conjunto com um microcontrolador Arduino, para o bicicletário 2, que contém 11 vagas, escolhendo-se o modelo de arduino Uno R3 (em destaque na Figura 19), pois possui 13 portas digitais e 5 analógicas, além de custo relativamente baixo tendo em vista que um único arduino seria capaz de controlar todo o bicicletário do bloco central da universidade, ele ainda possui vasta gama de sensores compatíveis e é de fácil programação. De acordo com o site Eletrogate o valor médio desta placa arduino é de R\$ 74,90 reais.

Figura 19 – Microcontrolador Arduino Uno R3



Fonte: <https://www.professorakeila.com.br/2017/04/04-principais-componentes-do-arduino-uno.html> - Acesso em 10/05/2021

4.2 Projeto do bicicletário com o sistema de travas

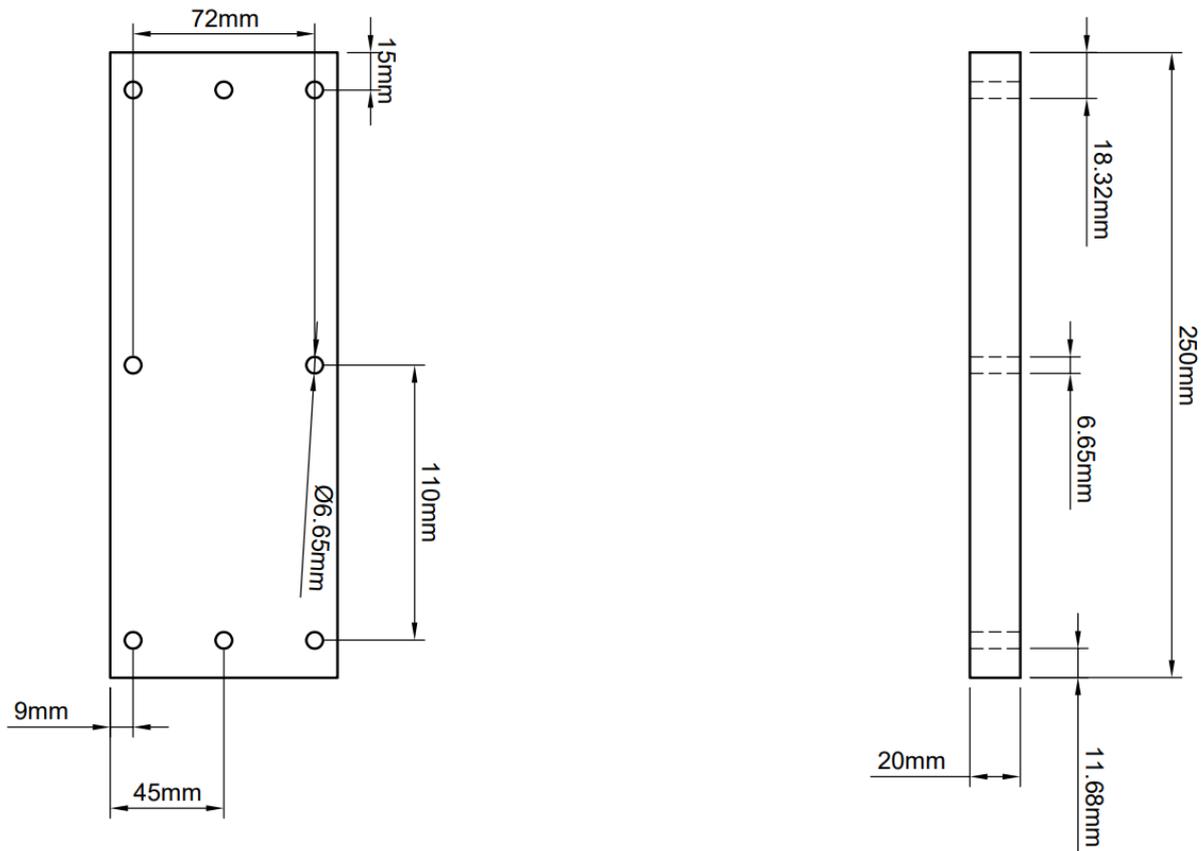
A modelagem em 3D de uma das travas já está presente nos projetos anteriores apresentados, com o primeiro esboço servindo de inspiração para a criação do protótipo de uma das travas em escala real e o segundo esboço em 3D detalhou melhor os componentes mecânicos e eletrônicos do sistema, porém ainda com foco em uma só trava. Já que a universidade dispõe de 3 bicicletários, optou-se por estudar a adequação do menor deles, que fica no bloco central e dispõe de 11 vagas para bicicletas.

Foram realizadas as medições no bicicletário existente e foi possível constatar que a barra quadrada existente no bicicletário número 2, com capacidade instalada para armazenar até 11 bicicletas, mede 70mmx60mm e que o comprimento do gancho mede 248,66mm com aproximadamente $\frac{1}{2}$ " (diâmetro de $\cong \varnothing 12,7\text{mm}$) e seção de 126,68mm². Com isso o bicicletário 2 foi desenhado no software Autodesk Inventor Professional 2021 com 6 das 11 travas e aos poucos se adicionou os elementos complementares da automação proposta, como a furação para a barra principal, cilindro trans passante que acoplará no gancho para travamento e furo para colocação do sensor de presença no sistema completo.

Foi extraído do software no qual foi realizado o desenho em 3D do bicicletário 2 com os novos componentes mecânicos propostos, além das vistas destas peças que integram o sistema de travamento, a fim de detalhar as adequações necessárias a serem realizadas no bicicletário existente na universidade.

A Figura 20 mostra a placa para fixação do bicicletário na parede da universidade, com a utilização de parafusos M6 nos furos das chapas de aço ASTM A-36 de 20mm de espessura e dimensões totais de 90mm por 250mm.

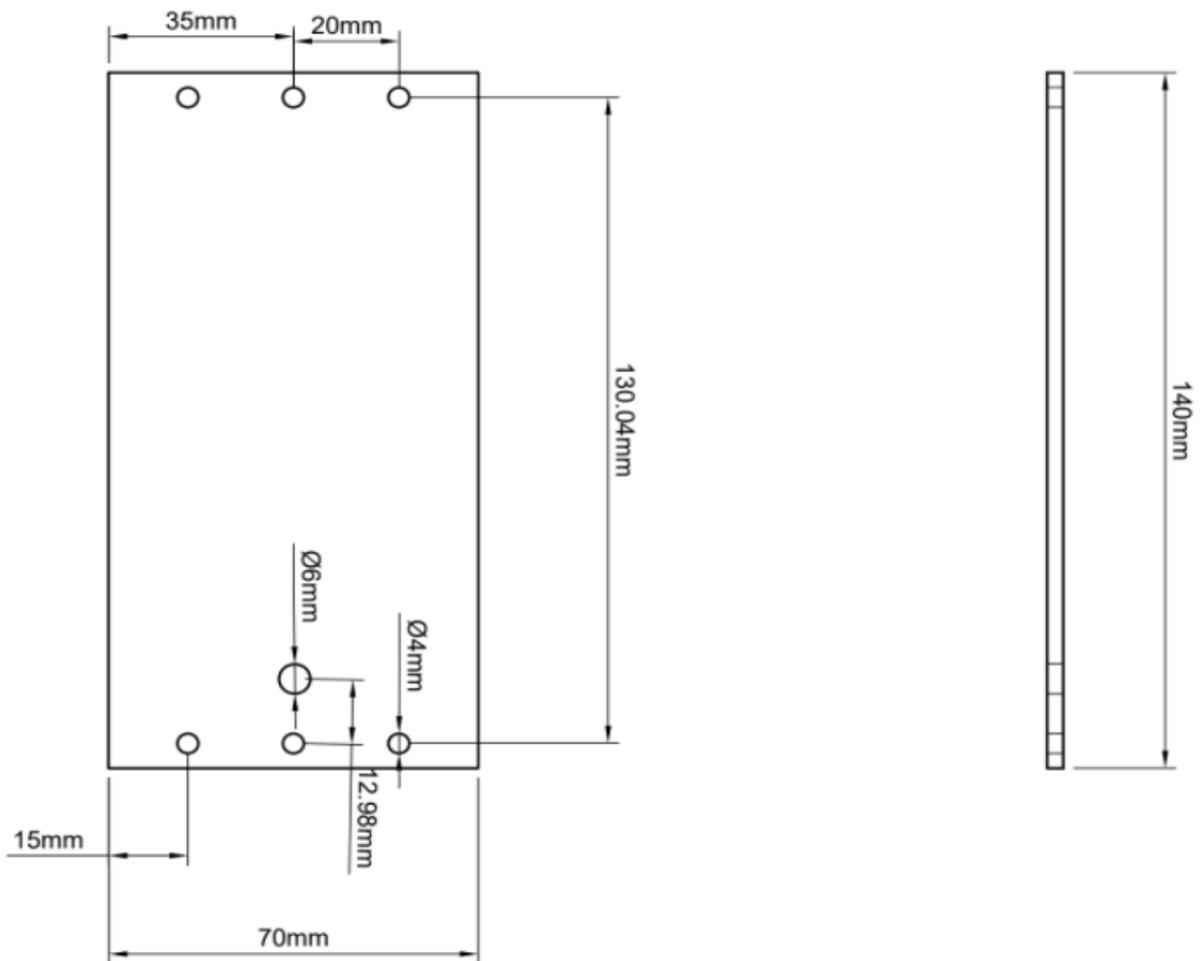
Figura 20 – Vistas da chapa de aço que fixa o bicicletário na parede



Fonte: Do Autor 2021

Já a Figura 21 mostra as vistas da placa que compõe a barra quadrada central que será cortada em retângulos e furada para receber parafusos M4, porcas e arruelas para facilitar uma possível manutenção futura dos componentes elétricos e eletrônicos que serão instalados por dentro da barra quadrada. Além disso a placa possui um furo de 6mm para alocar o pino para travamento do cilindro, a fim de evitar que ele abaixe involuntariamente pelo efeito gravitacional.

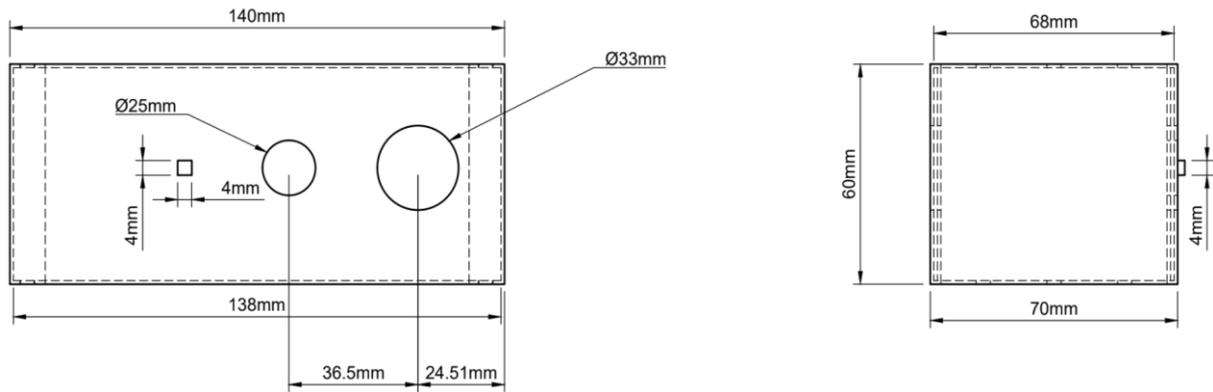
Figura 21 – Vistas da placa da barra quadrada central



Fonte: Do Autor 2021

A Figura 22 evidencia a parte inferior e lateral da placa da barra quadrada, com um furo de 33mm que servirá para o cilindro que envolverá a ponta do gancho de cada trava consiga transpassar a barra quadrada central. Já o furo de 25mm abrigará o sensor de presença ultrassônico modelo JSN-SR04T, de 22mm de diâmetro (módulo de 29mm de diâmetro), que ficará direcionado para baixo à fim de buscar a presença de bicicleta no gancho. Por fim o quadrado de 4mmx4mm denota o ponto de contato de solda do gancho com a barra quadrada central.

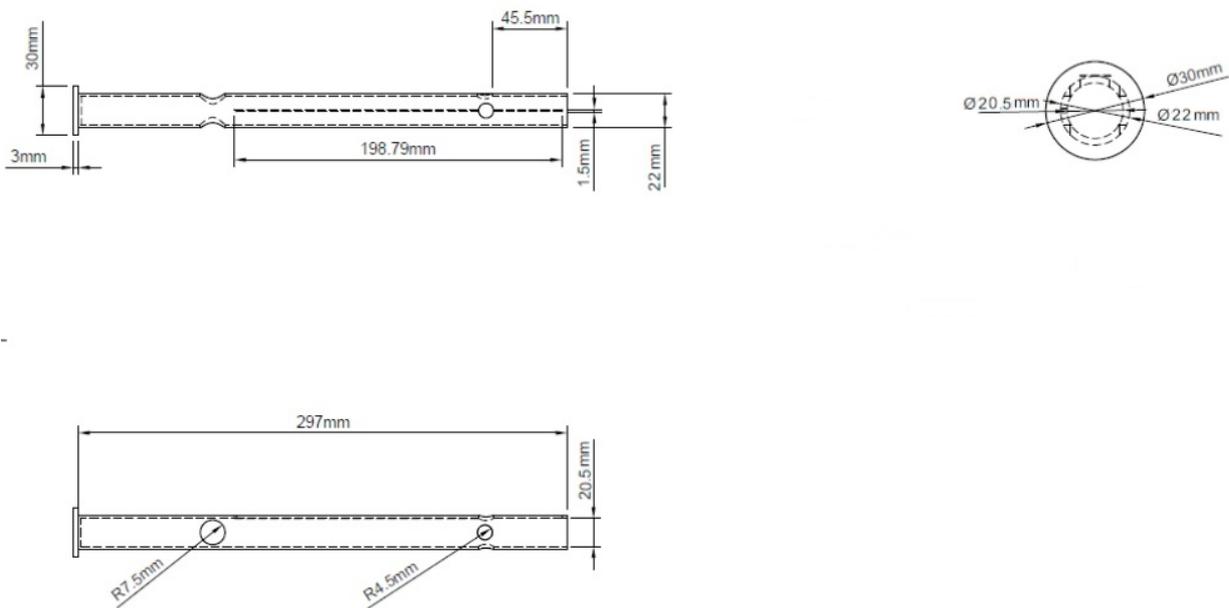
Figura 22 – Vista inferior e lateral da placa da barra quadrada central



Fonte: Do Autor 2021

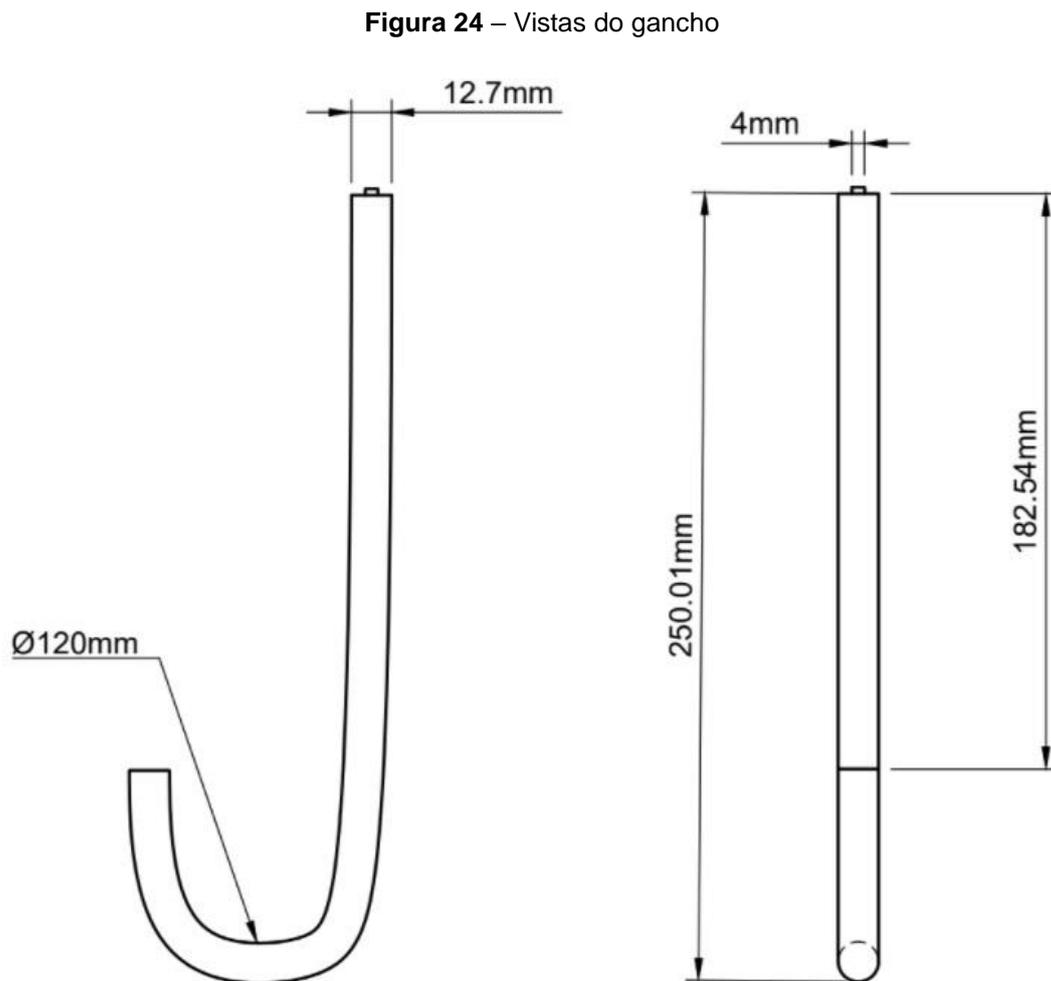
A Figura 23 mostra as vistas do cilindro que transpassa a barra quadrada central e envolve o gancho de cada trava, além de receber o travamento do solenoide.

Figura 23 – Vistas do cilindro que envolve o gancho de cada trava



Fonte: Do Autor 2021

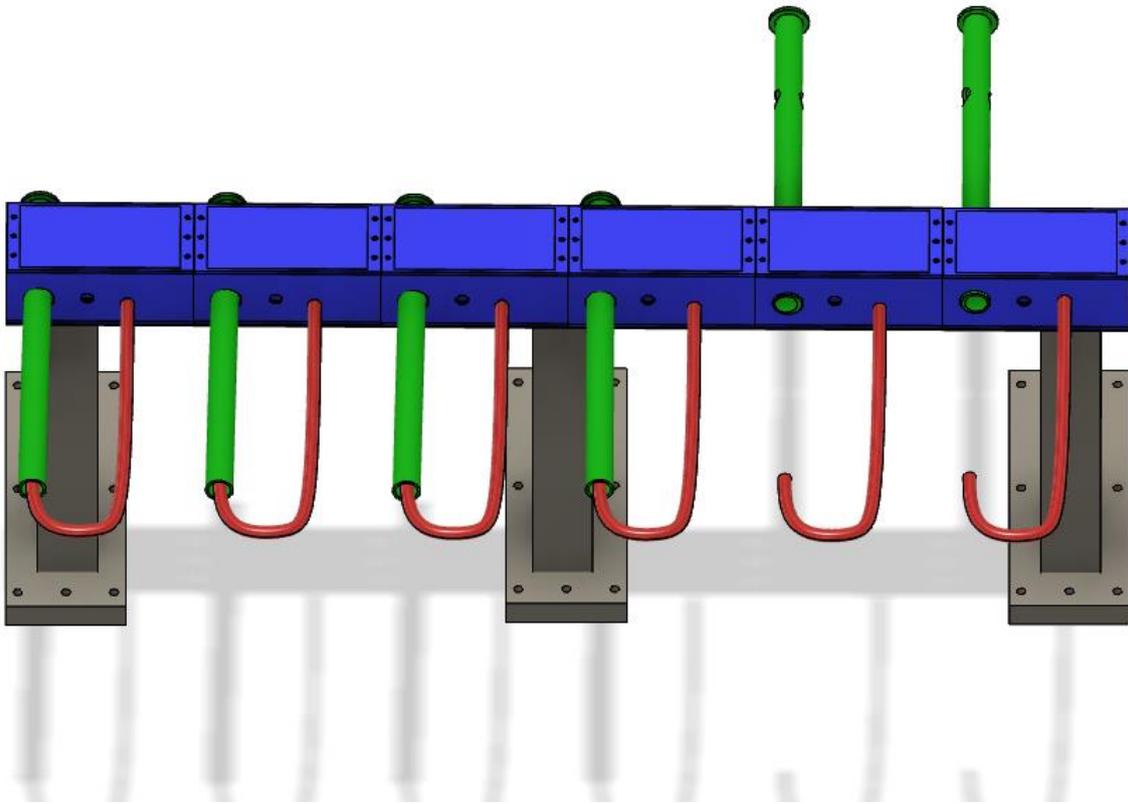
A Figura 24 mostra as vistas dos ganchos nos quais serão apoiadas as bicicletas para posteriormente serem travadas com o auxílio do cilindro mostrado na Figura 25 e da válvula solenoide. Os ganchos do projeto mantiveram as medidas do bicicletário 2, existente na faculdade, a fim de otimizar os custos do projeto, aproveitando a estrutura existente na universidade.



Fonte: Do Autor 2021

A Figura 25 mostra um detalhamento do desenho em 3D feito de 6 travas do conjunto proposto. O furo na parte de baixo da barra, centralizada no gancho, receberá o sensor ultrassônico que ficará voltado para baixo a fim de identificar a presença de bicicleta na trava.

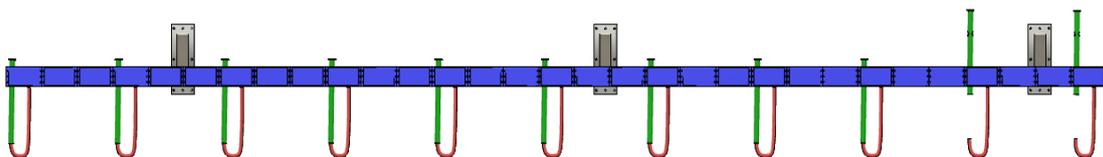
Figura 25 – Desenho em 3D de 6 travas em detalhe



Fonte: Do Autor 2021

Já a Figura 26 evidencia o novo modelo completo do bicicletário 2, com as duas travas do lado direito destravadas e com cilindro erguido para o encaixe da bicicleta. Com um total de 11 vagas disponíveis e seguindo as medidas do bicicletário 2 já implementado na universidade.

Figura 26 – Desenho em 3D do bicicletário 2 com as adaptações sugeridas



Fonte: Do Autor 2021

Foi realizado o levantamento dos custos dos componentes necessários para realizar a adequação proposta no bicicletário 2 (11 vagas disponíveis) já existente na universidade e construiu o Quadro 3 com base nessa breve pesquisa de preços feita no dia 14 de maio de 2021 nos sites Aladim Metais, Baú da Eletrônica, Cetti Materiais Elétricos, Eletrogate, Loja Elétrica Ltda, Soluções Usiminas, Vida de Silício e Mercado Livre.

Quadro 3 – Custos por peça para adequar o bicicletário 2

Descrição	Dimensões (CXLXA)	Qtde	Valor médio unitário	Total
Protoboard 400 Pontos	80,3x50,5x10,0mm	1	R\$ 12,90	R\$12,90
Chapa de Aço	3000x1200x0,80mm	2	R\$381,23	R\$762,46
Arruela	M4x2mm	132	R\$ 0,10	R\$13,20
Parafusos	M4x10mm	132	R\$ 0,79	R\$104,28
Cilindro de encaixe (tubo)	6000x22,22x1,5mm	1	R\$ 73,57	R\$73,57
Pinos de travamento (lingote)	4x450mm	3	R\$ 12,25	R\$36,75
Suporte de pino de travamento (Tubo)	6000x22,22x1,5mm	1	R\$ 73,57	R\$ 73,57
Caixa de comandos	400X300X200mm	1	R\$ 334,85	R\$334,85
Arduíno Uno R3	68,58mm x 53,34mm	1	R\$ 74,90	R\$74,90
Sensores ultrassônico JSN-SR04T	42x29x17mm	11	R\$ 82,00	R\$902,00
Solenóide 12v	28x16x19mm c/ 30mm curso	11	R\$78,47	R\$863,17
Módulo relê 1 canal 5v	43x17x19mm	11	R\$ 14,90	R\$164,01
Fonte (24v, 5A e 120W)	125X4X130mm	1	R\$ 387,40	R\$387,40
Total			R\$ 3.803,06	

Fonte: Do Autor 2021

4.3 Simulação de cargas no bicicletário com o sistema de travas

Foi feita uma simulação no programa Autodesk Inventor Professional 2021 da nova trava já com os componentes incorporados ao sistema, com foco no bicicletário 2, com 11 vagas no total. Nesta simulação foram utilizadas todas as dimensões aferidas pelo no bicicletário 2, existente na universidade, e definiu no programa o material de fabricação da estrutura em aço ASTM A-36, conforme definido em projeto. Em cada um dos ganchos foi considerada uma carga simulando uma bicicleta apoiada, porém em uma breve pesquisa nos principais sites de varejo do Brasil foi possível notar que o peso médio de uma bicicleta pode variar muito.

A fim de obter um valor base para o peso a ser aplicado em cada gancho, observou-se que o peso médio de uma bicicleta aro 29 com um quadro de cerca de 19 polegadas (recomendada para pessoas de estatura de 1,80m à 1,90m) é de 16kg, somando-se a esta massa se considerou que é possível a bicicleta possuir acessórios como cesta frontal, cadeirinhas de crianças ou até mesmo travas extras pessoais do usuário para reforçar a segurança em prender a bicicleta. Tendo isso em vista a massa considerada para aplicar em cada gancho foi de 20kg no total, adotando a gravidade como 9,81 m/s², o peso aplicado foi de 196,20 N por gancho. A tensão de escoamento mínima requerida é de 195 MPa para ruptura na tração do aço ASTM A-36, portanto considerou-se na simulação um fator de segurança máximo de 1,5, tendo em vista que é um potencial risco a causar acidentes em usuários do bicicletário, com base no Quadro 4 retirado da norma 8400:2019 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Quadro 4 – Fator de segurança com base na solicitação

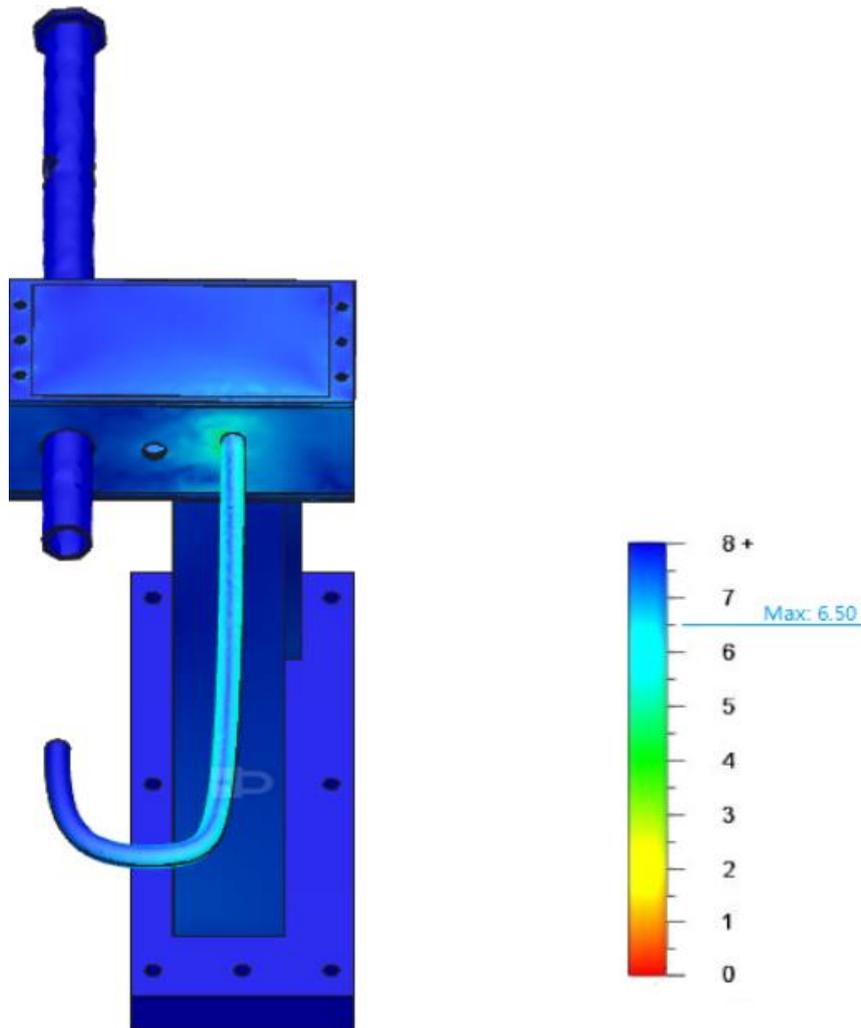
Casos de solicitação	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Tensão admissível σ_a	$\frac{\sigma_e}{1,5}$	$\frac{\sigma_e}{1,33}$	$\frac{\sigma_e}{1,1}$

Fonte: NBR 8400 (2019)

A Figura 27 mostra um detalhamento da simulação feita em uma das travas do bicicletário, na qual é possível notar que o ponto mais sensível à deformação apontada na simulação foi a solda do gancho na barra quadrada central do bicicletário, porém mesmo assim não foi apontada uma solicitação acima da tensão admissível de 130Mpa (já considerando o fator de segurança de 1,5), representada pela cor amarela na legenda ao lado da figura, a ponto de inviabilizar a instalação do cilindro e demais itens incorporados no bicicletário original. O ponto máximo apontado no ensaio foi de 6.50, bem acima da tensão admissível de

aproximadamente 2.50 representada na escala da legenda ao lado do gráfico. Contudo uma vez que será reaproveitada a estrutura presente no local, não foi possível determinar exatamente o tipo de solda realizada no bicicletário.

Figura 27 – Simulação de ensaio de cargas em uma das travas



Fonte: Do Autor 2021

4.4 Desenvolvimento do aplicativo Bikelock

Foi desenvolvida a programação de um aplicativo para realizar a interface com o usuário do bicicletário e simulou a atuação deste aplicativo por meio de um software. Tradicionalmente os aplicativos disponíveis no mercado visam a utilização pelo maior número possíveis de usuários de *smartphones*, por isso são desenvolvidos

para duas plataformas principais: android e IOS (plataforma utilizada pela Apple). Visando a criação de aplicativos para a plataforma Android, é preciso que o desenvolvedor domine a linguagem de programação chamada JAVA, para com ela conseguir criar apps com a ajuda do Android sdk que, segundo o Android Aprendiz, o Android SDK ou Kit de Desenvolvimento de Software para Android é um pacote com diversas ferramentas utilizadas pelo Android Studio e pelos desenvolvedores Android, incluindo componentes como o SDK Tools, Build Tools e o Platform Tools.

Já para a criação de aplicativos para a plataforma IOS, é necessário que o desenvolvedor domine a linguagem de programação chamada Objective-C e utilize a ajuda do IOS sdk para criar os aplicativos, que segundo a Apple, oferece aos desenvolvedores a mesma riqueza de Application Programming Interfaces (APIs) e de ferramentas que a Apple utiliza para criar suas aplicações nativas para os seus *smartphones* (iPhone).

Importante notar que, por não ser possível garantir que os usuários dos bicicletários utilizarão telefones apenas de uma das duas plataformas citadas, torna-se interessante desenvolver os dois conjuntos de aplicativos, um em Java para Android e outro em Objective C para IOS, por isso foi utilizada uma tecnologia híbrida de desenvolvimento chamada IONIC.

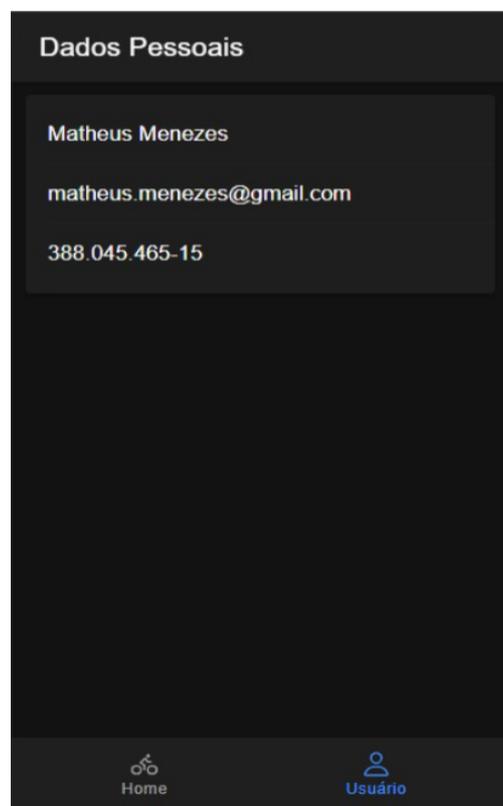
Segundo o site Rota Máxima a estrutura do IONIC permite que o desenvolvedor crie interfaces de usuário móveis com aparência e comportamento nativos muito semelhantes aos aplicativos Android e iOS. O *typescript* permite que se desenvolva uma lógica complexa para processar dados do usuário para então fornecer uma experiência com muita interatividade. Além disso, o IONIC fornece todos os mecanismos para permitir que o aplicativo se comunique com os principais sistemas em execução nos servidores da Internet. É possível criar aplicativos para dispositivos móveis com as tecnologias citadas e depois distribuí-los por meio das lojas de aplicativos Applestore e Playstore, de Apple e Google, respectivamente.

Além disso, ao precisar fazer uma atualização ou *upgrade*, será possível trabalhar com um único código em uma única plataforma, evitando trabalho dobrado e

ineficácia nas manutenções. Em resumo o IONIC é um *framework*, ou seja, um conjunto de códigos prontos com diversas funções que podem ser utilizadas no desenvolvimento de sites de código aberto, o que abre a possibilidade de se construir aplicativos moveis híbridos, ou seja, tanto para Android quanto para IOS.

Com a utilização do IONIC, foi possível chegar a uma prévia de como será a funcionalidade do app que foi nomeado de Bikelock, o qual para se ter acesso basta fazer um pré cadastro, de forma rápida, fornecendo dados básicos como nome completo, número do CPF e um e-mail, no qual se pede posteriormente uma verificação rápida de usuário e cadastro de senha. A Figura 28 mostra a tela de dados pessoais de um usuário criado para testes do aplicativo.

Figura 28 – Tela do aplicativo Bikelock com dados pessoais do usuário



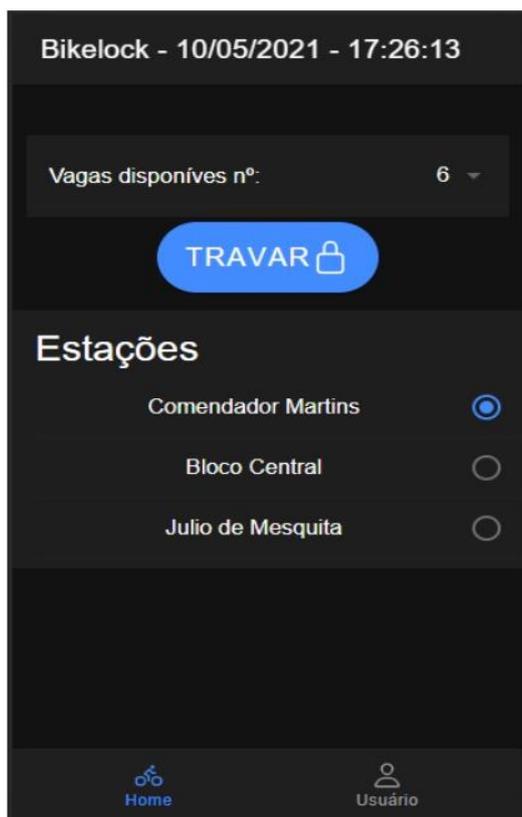
Fonte: Do Autor 2021

Após o usuário inserir estas informações já poderá usufruir dos bicicletários e suas travas. Para conseguir visualizar as vagas disponíveis, primeiro o usuário deverá

selecionar qual bicicletário quer checar a ocupação. Os bicicletários no aplicativo foram nomeados de acordo com a sua localização na universidade, sendo o bicicletário 1 nomeado como Comendador Martins (rua de acesso a portaria na qual se encontra instalado o bicicletário), o bicicletário 2 é nomeado como Bloco Central, já que fica neste bloco, dentro da universidade. Por fim o bicicletário 3 é nomeado Júlio de Mesquita, que é a rua que dá acesso a portaria que abriga este bicicletário.

Ao selecionar o bicicletário e visualizar suas vagas disponíveis, o usuário deverá se dirigir ao bicicletário e trava de sua preferência e, de acordo com a numeração constante em cada uma das travas (numeração sequencial, iniciando no bicicletário número 1), o usuário deverá, com o auxílio do seu smartphone, apontar a câmera do seu celular para o QR Code existente em cada uma das travas e clicar na tecla “Travar” em destaque na cor azul, conforme demonstrado na Figura 29.

Figura 29 – Tela inicial do aplicativo Bikelock para visualizar vagas por bicicletário e travar a bicicleta



Fonte: Do Autor 2021

Após o usuário posicionar sua bicicleta na vaga e travar, a tela inicial do aplicativo passará a informar apenas a vaga que ele está ocupando, mencionando o bicicletário que contempla a vaga. O aplicativo só permite que seja ocupada uma única vaga por cadastro e o número do CPF constante no cadastro impedirá que um usuário crie dois perfis com e-mails e senhas diferentes para ocupar mais de uma vaga no sistema. A Figura 30 mostra a tela inicial do aplicativo durante o período no qual uma trava estiver ocupada pelo usuário do sistema.

Figura 30 – Tela inicial do aplicativo Bikelock para destravar a bicicleta no bicicletário correspondente



Fonte: Do Autor 2021

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em decorrência da pandemia de coronavírus, não foi possível realizar a montagem final do protótipo com todos os componentes eletrônicos presentes, uma vez que o distanciamento social impediu o encontro dos autores deste trabalho. Contudo apesar do protótipo não ter sido alterado fisicamente, o detalhamento em 3D realizado no programa Autodesk Inventor Professional 2021 do projeto de alteração por completo do bicicletário 2 da universidade, localizado no bloco central, facilita sua implementação, dando maior visibilidade da distribuição e detalhamento das peças por meio das vistas destacadas delas, bem como organiza melhor os processos de alteração necessários no bicicletário, conforme proposto no projeto.

A análise dos materiais em conjunto com a simulação de cargas rodada no sistema Autodesk Inventor Professional 2021, considerando o peso de uma bicicleta de 20kg de massa também corroborou que é possível utilizar a infraestrutura já instalada no bicicletário instalado no bloco central da universidade São Judas Tadeu – Campus Unimonte, servindo como ponto de atenção o ponto de solda entre o gancho e a barra quadrada central.

O aplicativo por sua vez possui grande valia para visualização de vagas disponíveis previamente a chegada do aluno ao campus da universidade, proporcionando maior assertividade no acesso ao bicicletário com vagas disponíveis de sua escolha, contribuindo assim para melhorar a experiência do usuário do bicicletário tanto na visualização da ocupação do sistema quanto na questão de segurança contra possíveis furtos, uma vez que o bicicletário 2 em específico não fica próximo de uma portaria de acesso tal como os outros dois bicicletários existentes na universidade e, portanto, não conta com a presença constante de um funcionário da universidade próximo do local no qual a bicicleta é armazenada.

A demanda de desenvolvimento do aplicativo iniciou com a criação de uma tela inicial de cadastro e recuperação de senhas em um ambiente de testes, evoluindo para a criação, mesmo que em caráter inicial, de uma identidade visual e nome do aplicativo, bem como aprimoramento da programação possibilitando a escolha da

trava após a seleção do bicicletário de sua preferência e uma vez definida a trava, a tela do aplicativo muda com a opção de destravar apenas a trava que está em uso, indicando o bicicletário a qual ela pertence. Esta programação foi realizada em um *framework* chamado IONIC que inicialmente foi programado no sistema Android, mas que pode facilmente ser rodado no sistema iOS, caso surgir o interesse de implementação do projeto proposto na universidade.

Foi realizada uma breve pesquisa online (potencializada pelas restrições impostas devido a pandemia de coronavírus), na qual foi estimado o custo médio total de R\$ 3.803,06 para adequar o bicicletário do bloco central conforme proposta de automatização do projeto, o que significa uma média de R\$ 345,73 por trava existente (total de 11 ganchos no bicicletário atual).

Caso seja de interesse a instalação da automação sugerida no projeto, os outros dois bicicletários necessariamente deverão passar por algumas adequações prévias, pois são modelos diferentes entre si. O primeiro bicicletário, da portaria principal (Rua Comendador Martins), possui ganchos fixos, porém não estáticos, de forma que eles não possuem um eixo fixo soldado na barra central para que o cilindro envolva o gancho de forma uniforme, conforme indicado no protótipo desenvolvido para o bicicletário 2, desta forma será necessário soldar o gancho por completo na barra central à fim de deixá-lo estático quando uma bicicleta for apoiada.

O maior bicicletário da universidade, alocado próximo da entrada do bloco B5 (Rua Júlio de Mesquita) necessita ser completamente remodelado, tendo em vista que seu perfil é feito de alumínio, sem a devida resistência mecânica, que reflete em diversas avarias apontadas, como flexão da barra central do bicicletário, deslocamento das suas colunas de sustentação da parede e alguns ganchos que sofreram deformação ou até mesmo inexistem, dado o grau de fragilidade do material levando em conta o peso que deveria suportar. A sugestão é de reinstalar este maior bicicletário totalmente, utilizando aço ASTM A-36 com as dimensões constantes no detalhamento do projeto, apenas considerando mais ganchos, devido ao maior espaço disponível no local, que contém 43 vagas para os usuários no total.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8400: Equipamentos de elevação e movimentação de carga - Regras para projeto**. Rio de Janeiro, 2019.

Aladim Metais Barras e Perfis. **Chapa De Aço 22 Fina Frio 3000x1200x0,80 Emb.1 Pç**. Disponível em: <<https://www.aladimmetais.com.br/produto/chapa-de-aco-22-fina-frio-3000x1200x0-80>>. Acesso em: 10 maio 2021.

Android Aprendiz. **Android SDK**. Disponível em: <<https://www.androidpro.com.br/blog/android-studio/android-sdk>>. Acesso em: 10 maio 2021.

Apple. **iPhone SDK: mais de 250 mil downloads**. Disponível em: <<https://www.apple.com/br/newsroom/2008/06/09iPhone-SDK-Downloads-Top-250-000>>. Acesso em: 10 maio 2021.

ARAUJO, I. B. Q. et al. **Desenvolvimento de um protótipo de automação predial/residencial utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino**. Anais: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Cobenge. Belém – PA: UFPA, 2012. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/7/artigos/103723.pdf>>. Acesso em 15 outubro 2020.

Arduino. **What is Arduino**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc>>. Acesso em 09 outubro 2020.

ASHBY, M. F.; JOHNSON, Kara. **Materiais e design: arte e ciência da seleção de materiais no design de produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. 346 p.

Baú da Eletrônica Componentes Eletrônicos. **Sensor Ultrassônico JSN- SR04T a Prova D'água**. Disponível em: <<https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-ultrassonico-jsn-sr04t-a-prova-d-agua.html>>. Acesso em: 10 maio 2021.

CALLISTER, W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 7ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CES. **Cambridge Engineering Selector - Edupack 2013 (software)**. Reino Unido.

Cetti Materiais Elétricos. **Fonte de alimentação industrial 24VCC 5A 120W WEG PSS24-W/5**. Disponível em: <<https://www.cetti.com.br/fonte-de-alimentacao-industrial-24vcc-5a-120w-weg-pss24-w-5>>. Acesso em: 10 maio 2021.

DANTAS, Ana Beatriz Albertini. **Suporte móvel para estacionamento de bicicletas para a cidade de Brasília**. Relatório - Instituto de Artes Departamento de Design. 2015. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/10972/1/2015_AnaBeatrizAlbertiniDantas.pdf>. Acesso em 15 novembro 2020.

Digital Dev. **Linguagens de programação.** Disponível em: <<http://www.digitaldev.com.br/linguagens-de-programacao>>. Acesso em: 9 maio 2021.

DE OLIVEIRA, Marcelo. **Aplicação de customer experience: um estudo com foco no setor automotivo do Brasil.** Tese de Doutorado em Ciências da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil, 2019.

DIAS, André Moreira. **Desenvolvimento de um Paraciclo Semiprivado. Monografia - Centro Universitário Ritter dos Reis.** Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://www.um.pro.br/prod/_pdf/000137.pdf>. Acesso em 15 novembro 2020.

Disney Institute. **O jeito Disney de encantar os clientes: do atendimento excepcional ao nunca parar de crescer e acreditar.** São Paulo: Saraiva, 2011.

Eletrogate. **Protoboard 400 Pontos.** Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/protoboard-400-pontos>>. Acesso em: 10 maio 2021.

Eletrogate. **Uno R3 com Cabo Usb para Arduino.** Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/uno-r3-cabo-usb-para-arduino>>. Acesso em: 10 maio 2021.

Engerey Painéis Elétricos. **Tipos e aplicações de sensores na indústria.** Disponível em: <<http://www.engerey.com.br/blog/tipos-e-aplicacoes-de-sensores-na-industria>>. Acesso em: 22 abril 2021.

ESEG – Faculdade do grupo Etapa. **Linguagens de programação: quais são as principais e como dominá-las.** Publicado em 25 junho 2019. Disponível em: <<https://blog.eseg.edu.br/linguagens-de-programacao>>. Acesso em: 10 maio 2021.

FLECK, Emanuela. **Análise da resistência do aço quando submetido à temperaturas elevadas.** Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil pela Universidade FEEVALE. Novo Hamburgo, Brasil, 2018.

FONSECA, E. G. P.; VEGA, A. S. **Tutorial sobre introdução a projetos utilizando o kit de desenvolvimento Arduino.** Anais: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Cobenge. Blumenau – SC: FURB, 2011. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/8/sexsoestec/art1677.pdf>>. Acesso em 15 outubro 2020.

GREENBERG, P. **CRM at the Speed of Light: Social CRM strategies, tools, and techniques for engaging your customers.** New York: McGraw-Hill, 2010.

GOMES, R. et al. **Travas para os bicicletários da universidade São Judas Tadeus campus Unimonte.** Santos, 2019. Disponível em: <<https://drive.google.com/drive/folders/1fTHae9GjEgkhFwt5KgXdFrdgKV1n8Vhk?usp=sharing>>. Acesso em 15 novembro 2020.

GOMES, R. et al. **Aprimoramento de travas para os bicicletários no centro universitário São Judas Tadeu – Campus Unimonte.** Santos, 2020. Disponível em: <<https://drive.google.com/drive/folders/1fTHae9GjEgkhFwt5KgXdFrdgKV1n8Vhk?usp=sharing>>. Acesso em 15 abril 2021.

HOLBROOK, M. B.; HIRSCHMAN E. C. **The experiential aspects of consumption: Consumer fantasies, feelings, and fun.** Journal of Consumer Research, 132-140, 1982.

KAMOGAWA, Marcos. **Uso de hardware de código fonte aberto “Arduino” para acionamento de dispositivo solenóide em sistemas de análises em fluxo.** Artigo científico publicado na Sociedade Brasileira de Química em Julho, 2013.

Loja Elétrica Ltda. **Caixa Montagem 400x300x200mm CL403020.** Disponível em: <<http://www.lojaeletrica.com.br/caixa-montagem-400x300x200mm-cl403020,product,2140300000114,dept,5002.aspx>>. Acesso em: 10 maio 2021.

Mercado Livre. **Dc 12 V Push-pull Tipo Eletroímã Solenóide Quadro Aberto.** Disponível em: <<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1787776369-dc-12-v-push-pull-tipo-eletoim-solenoid-quadro-aberto>>. Acesso em: 10 maio 2021.

Mercado Livre. **Kit Arruela M3, M4, M5, M6, M8, M10, M12 - 100 cada.** Disponível em: <<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1085839099-kit-arruela-zincada-m3-m4-m5-m6-m8-m10-m12-100-cada>>. Acesso em: 10 maio 2021.

Mercado Livre. **Parafuso Máquina Cabeça Panela Phillips M4 X 10mm.** Disponível em: <<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1543476141-parafuso-maquina-cabeça-panela-phillips-m4-x-10mm-20-pecas>>. Acesso em: 10 maio 2021.

Mercado Livre. **Tarugo Barra Inox 304 Redondo 4 Mm X 45cm C/ 4 Pcs.** Disponível em: <<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1507316060-tarugo-barra-inox-304-redondo-4-mm-x-45cm-c-4-pcs>>. Acesso em: 10 maio 2021.

PINE, B. J.; GILMORE, J. H. **The experience economy: Work is theater & every business a stage.** Boston: Harvard Business School Press, 1999.

Rota Máxima. **5 razões para desenvolver APPs com IONIC.** Disponível em: <<https://www.rotamaxima.com.br/5-razoes-para-desenvolver-apps-com-ionic>>. Acesso em: 10 maio 2021.

RTI Automação. **Os principais tipos de sensores e suas aplicações na indústria.** Publicado em 07 fevereiro 2018. Disponível em: <<https://www.rtiautomacao.com.br/os-principais-tipos-de-sensores-e-suas-aplicacoes-na-industria>>. Acesso em: 21 abril 2021.

SCHELESKI, Samuel. **Seleção de materiais agrícolas no projeto de máquinas Agrícolas. Dissertação - Universidade de Passo Fundo.** 2014. Disponível em: <<http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/379/1/2014SamuelScheleski.pdf>>. Acesso em 15 novembro 2020.

SILVA, A.; SOUZA, D. **UFERSA vai de bike: desenvolvimento de um sistema de compartilhamento de bicicletas para a mobilidade no campus.** Mossoró, UFRS, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4959/1/ArthurAAS_ART.pdf>. Acesso em 15 novembro 2020.

SILVA, L. S. et al. **O uso do conceito paramétrico aplicado a uma inovação no mobiliário urbano: estudo de caso bicicletário.** SIGraDi 2016, XX Congresso the

Iberoamerican Society of Digital Graphics. Buenos Aires, 2016. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/sigradi2016/515.pdf>>. Acesso em 15 novembro 2020.

Soluções Usiminas. **Tubo de Aço Industrial Redondo**. Disponível em: <<https://maissolucoes.usiminas.com/produto/tubo-de-aco-industrial-redondo/2932738-2303435>>. Acesso em: 10 maio 2021.

Tenax Aços Especiais. **ASTM A36**. Disponível em: <<https://www.tenax.com.br/tenax/produtos/acos-para-construcao-mecanica/astm-a36>>. Acesso em: 23 abril 2021.

Vida de Silício. **Módulo Relé 1 Canal 5V**. Disponível em: <<https://www.vidadesilicio.com.br/modulo-rele-1-canal-5v>>. Acesso em: 13 maio 2021.