

**CENTRO PAULA SOUZA
ESCOLA TÉCNICA MARTIN LUTHER KING
TÉCNICO EM MECATRÔNICA - ETIM**

AUDITT

**SÃO PAULO
2º SEMESTRE DE 2023**

GUILHERME MANCINHO ANDRADE

AUDITT
Técnico em Mecatrônica

Monografia apresentada à banca avaliadora do Curso Técnico de Mecatrônica da Escola Técnica Estadual Martin Luther King, como requisito parcial à obtenção do título de Técnico em Mecatrônica.

Orientador: Prof. Me. Eng. Paulo Roberto Murger Nogueira

SÃO PAULO
2º SEMESTRE DE 2023

GRUPO

DIEGO PEREIRA MELO

GIOVANNA MÜLLER DOS ANJOS

GUILHERME MANCINHO ANDRADE

GUILHERME SILVA VIDAL DE SOUSA

HERICK FERREIRA DA COSTA

IGOR GENEROSO SOUZA

STEPHANY RODRIGUEZ ALI DA SILVA

ANDRADE, Guilherme Mancinho; **ANJOS**, Giovanna Müller dos; **COSTA**, Herick Ferreira da; **MELO**, Diego Pereira; **SILVA**, Stephany Rodriguez Ali da; **SOUSA**, Guilherme Silva Vidal de; **SOUZA**, Igor Generoso de.

Monografia apresentada à banca avaliadora do Curso Técnico de Mecatrônica da Escola Técnica Estadual Martin Luther King, como requisito parcial à obtenção do título de Técnico em Mecatrônica.

Orientador: Prof. Me. Eng. Paulo Roberto Murger Nogueira

Aprovado em: 13/12/2023

Orientador: Prof. Me. Eng. Paulo Roberto Murger Nogueira

Assinatura: _____

Banca Examinadora

Professor: _____

Assinatura: _____

Professor: _____

Assinatura: _____

Professor: _____

Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedicamos esta monografia a todos os espectadores e usuários do auditório da ETEC MARTIN LUTHER KING, na intenção de instigar a curiosidade no que se refere às mudanças por nós empregadas no local, e ao Prof. Me. Eng. Paulo Roberto Murger Nogueira, que esteve nos auxiliando desde o início até o término de nosso Trabalho de Conclusão do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, pela riqueza de sua criação; e aos professores, pela inspiração textual e instrução na localização dos referenciais teóricos nos quais os conteúdos abordados por esta monografia se encontravam. Em especial, ao pai do integrante do grupo Igor Generoso de Souza, por sua participação na solução de alguns problemas ocorridos e à comunidade escolar como um todo pela ajuda financeira na arrecadação de fundos para o custeamento de parte do projeto, aqui incluídos também nossos amigos e familiares.

“É no palco, sob a luz do refletor, que o sonho vira realidade”.

Iolanda Brazão

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão do Curso Técnico de Mecatrônica Integrado ao Ensino Médio teve como objetivo promover melhorias no auditório escolar da Escola Técnica Estadual Martin Luther King, onde nosso grupo inseriu um sistema automatizado para o controle da luz e do som de que o lugar necessitava. Assim, foi elaborado o **Auditt - Auditório Inteligente**, como uma real demonstração dos conhecimentos adquiridos nas várias áreas da Mecatrônica estabelecidos na grade curricular do curso técnico. Agora, o ambiente do auditório escolar passa a contar com uma estrutura técnica modernizada. A preservação desse espaço, de tamanha importância para alunos e professores, poderá finalmente ser incentivada mais facilmente, motivada pela certeza da continuidade de uma qualidade de luz e som que por nós foi articulada. A modernização técnica pode levar uma perspectiva diferente às atividades realizadas por todos naquele lugar da instituição acadêmica, o que contribuirá também para melhorar a satisfação de seus atuais e futuros usuários.

Palavras-chave: auditório, controle, luz, Mecatrônica, som.

ABSTRACT

*This Completion Work of the Technical Course of Mechatronics Integrated to High School aimed to promote improvements in the school auditorium of the Martin Luther King State Technical School, where our group inserted an automated system for controlling the light and sound the place needed. Thus, the **Auditt - Smart Auditorium** was created, as a real demonstration of the knowledge acquired in the various areas of Mechatronics established in the curriculum of the technical course. Now, the school auditorium environment has a modernized technical structure. The preservation of this space, of such importance for students and teachers, can finally be encouraged more easily, motivated by the certainty of continuity of a quality of light and sound that we articulated. Technical modernization can bring a different perspective to the activities carried out by everyone in that place of the academic institution, which will also contribute to improving the satisfaction of its current and future users.*

Keywords: auditorium, control, light, Mechatronics, sound.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Lâmpada Halógena ECP PAR 38 100W/220V.....	22
Figura 2 – Embalagem da Lâmpada Halógena ECP PAR 38 100W/220V.....	22
Figura 3 – Canhão Refletor PAR 38 – Porta Gelatina com Bandoor.....	23
Figura 4 – Tela Inicial do Aplicativo Blynk.....	24
Figura 5 – Caixa de Som WLS S10.....	26
Figura 6 – ESP32.....	28
Figura 7 – Aba de Programas do Site Arduino IDE.....	29
Figura 8 – Servomotor MG90S.....	30

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 JUSTIFICATIVA	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 RELEVÂNCIA	15
4 PERTINÊNCIA	16
4.1 Primeiro Ano	16
4.1.1 Desenho Auxiliado por Computador	16
4.1.2 Eletricidade e Instalações Elétricas	16
4.1.3 Mecanismos Mecatrônicos	17
4.1.4 Segurança Ambiental do Trabalho	17
4.2 Segundo Ano	17
4.2.1 Automação II	17
4.2.2 Circuitos Elétricos Eletrônicos e Analógicos	18
4.2.3 Eletrônica Digital	18
4.2.4 Resistência e Ensaio dos Materiais	18
4.3 Terceiro Ano	19
4.3.1 Automação III	19
4.3.2 Linguagem de Programação para Mecatrônica	19
4.3.3 Planejamento e Desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em Mecatrônica	19
4.3.4 Sistemas de Acionamento Eletrônico	20
4.4 Ensino Médio - Base Comum (1º, 2º e 3º ano)	20
4.4.1 Língua Portuguesa	20
4.4.2 Língua Inglesa	20
5 ÁREAS ABORDADAS PELO PROJETO MECATRÔNICO – ALGUNS PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES	21
5.1 Iluminação	21
5.1.1 Sobre A Lâmpada Escolhida	21
5.2 Wi-Fi e IoT	23
5.3 Acústica	24
5.4 Resistência e Ensaio dos Materiais	26
5.5 Linguagem de Programação e Microcontroladores	27
5.6 Acionamentos Elétricos	29
5.6.1 O Trabalho com Servomotores	29
5.6.2 Aplicação da Fonte de Tensão	31
6 VIABILIDADE	32
CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
APÊNDICE	40

INTRODUÇÃO

A aproximação de artistas com o seu público foi, desde a Antiguidade, uma questão de primazia. As artes cênicas desenvolveram-se a partir de construções colossais (como o Coliseu, feito pelos romanos) para o entretenimento, tendo o seu auge no Século III a.C. Nos espaços cênicos da Grécia Antiga, por exemplo, também aconteciam manifestações artísticas, em locais abertos ou fechados, de maneira a compor os cenários das expressões culturais daquela civilização. Essas construções, além de conquistarem a atenção popular de milhares de espectadores, apresentavam estruturas capazes de ampliar a qualidade da visibilidade e da acústica, sendo estes os recursos essenciais para a propagação das mensagens que as linguagens cênicas (como a dança, circo e outras manifestações) pretendiam comunicar.

Durante a Revolução Científica, que ocorreu num período de mudanças filosóficas incorporadas pelos artistas renascentistas, tivemos um avanço nos estudos relacionados ao som, os quais proporcionaram a sua definição como fenômeno acústico. A iluminação, por sua vez, foi importante fonte de inspiração e elemento de composição dos movimentos artísticos presentes na época, ganhando, no Iluminismo, maior apreciação de seus pensadores e seguidores, tornando-se objeto de investigação no que se refere aos seus ideais.

Com o aprimoramento da luz elétrica por Thomas Edison, em 1879, ocorreram novas configurações dos espaços de disseminação das práticas artísticas, que permitiram a integração de som e iluminação e possibilitou o surgimento de novas formas de uso desses locais, como também surgiu o interesse por parte das indústrias no investimento de técnicas para melhorias na área. Tais técnicas foram aperfeiçoadas por tecnologias que se apropriaram de equipamentos eletrônicos e dispositivos projetados para controle e manipulação dos efeitos sonoros e luminosos gerados, com o intuito de criar uma experiência artística completa pelo funcionamento de seus elementos principais.

A utilização de espaços fechados, que tornam som e iluminação isolados do ambiente externo, viabiliza a implementação de atribuições tecnológicas aproveitando-se da própria estrutura do local. O auditório, um dos nomes dados a esse tipo de lugar, apresenta possibilidades de aumento da qualidade da iluminação e de acústica, na medida em que o investimento nessas áreas esteja

atrelado ao conforto que se deseja alcançar, oriundo do desenvolvimento de mecanismos de ordenação e organização desses elementos examinados previamente numa avaliação de certos parâmetros e limites impostos pelos próprios locais em que são utilizados.

Dados os conhecimentos dos procedimentos que podem ser aplicados, juntamente aos abordados no decorrer do curso de Mecatrônica, foi articulada a materialização da ideia de um projeto dentro das dependências da ETEC MARTIN LUTHER KING, mais especificamente envolvendo o auditório escolar. Essa conciliação de conhecimentos foi sendo aplicada como uma forma de atender a crescente frequência de utilização do auditório escolar para práticas de diversos gêneros, sobretudo artísticos, possibilitando a transição de um espaço acadêmico de divulgação dessas práticas em outro, cujos recursos disponíveis, agora melhorados, possam contribuir na concretização de atividades extracurriculares, culturais, artísticas etc. com desempenho tecnológico significativo a todos os seus usuários.

A automatização de canhões de luz e a substituição e o reparo de caixas de som (realizações nas quais o grupo focou) serviram para estimular em nós um caráter técnico, profissional e criativo na promoção de soluções para defeitos, inconformidades e inadequações no sistema de som e iluminação anteriormente disposto pela escola, fazendo-nos adquirir habilidades profissionais fundamentais para o encerramento de um ciclo de descobertas na área e para o destaque de um Trabalho de Conclusão de Curso em Mecatrônica conferido em seus requisitos de elaboração e finalização.

1 JUSTIFICATIVA

Na atualidade, temos um amplo mercado de artes, tanto na parte cênica, quanto na parte técnica envolvida, como: projeção de luz, manutenção de maquinário, cenário, engenharia de som e gravação e, reconhecendo a integração das matérias, estudadas no Curso de Mecatrônica, com os serviços presentes em apresentações e shows no auditório, viu-se cada vez mais a necessidade da aplicação de automatização para essas atividades, além da constante manutenção.

Voltando ao cenário de apresentações de peças de teatro e shows musicais, os pontos que mais se devem ressaltar no meio técnico são a iluminação e o som - elementos essenciais para a imersão total do público e para intensificar a alta performance dos próprios artistas.

Observando o aumento gradual da frequência de atividades e palestras realizadas no auditório, juntamente com a busca de um tema para o projeto de Trabalho de Conclusão de Curso com os integrantes do grupo, concluímos que seriam benéficas a reforma e a automatização dos equipamentos do auditório de nossa escola, a fim de melhorar a utilização e a qualidade das apresentações e outras práticas nele desenvolvidas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O projeto **Auditt** teve como principal objetivo automatizar o sistema de som e iluminação do auditório da ETEC Martin Luther King, visando a uma melhor experiência em apresentações diversas e palestras que acontecem no local.

2.2. Objetivos Específicos

Com base nas disciplinas do currículo, no conhecimento adquirido ao longo do Curso Técnico de Mecatrônica e em recursos que buscamos aprender - como a tecnologia aplicada à área audiovisual - a execução do projeto objetivou, além de reformar e automatizar os equipamentos do auditório escolar para inserção

de melhores tecnologias, aplicar os conhecimentos adquiridos durante o curso; testar nossas competências e habilidades como profissionais; trabalhar em conjunto com outros colegas, promovendo nossa socialização e uma simulação do mundo do trabalho; cumprir uma das exigências do curso que é a elaboração de um protótipo para apresentar ao final do processo, demonstrando nosso aprendizado.

3. RELEVÂNCIA

A execução do projeto ***Auditt - Auditório Inteligente*** teve como prioridade a automatização dos equipamentos do auditório da ETEC Martin Luther King, visto que, no decorrer dos últimos anos, houve uma ampla criação de projetos extracurriculares relacionados à cultura, e percebemos que necessitavam de uma melhor qualidade na estrutura técnica audiovisual para uma maior qualidade dos ensaios e apresentações. Assim, decidimos testar nossos conhecimentos em melhorias no próprio ambiente escolar para que futuros alunos possam usufruir e também constatar o que poderão realizar com seus estudos, além de deixarmos nossa memória na escola em que convivemos por três anos.

4. PERTINÊNCIA

No decorrer do Curso Técnico de Mecatrônica, nós nos deparamos com diversas disciplinas que nos capacitaram para as exigências do mercado de trabalho na indústria da Mecatrônica e vários conceitos ensinados nas aulas encontram-se aplicados neste trabalho, tornando-o desta forma pertinente aos assuntos ministrados e à área estudada.

4.1. Primeiro Ano

4.1.1. Desenho Auxiliado por Computador

O desenho técnico através de *softwares* provenientes da *Autodesk* funcionou como um auxiliar para o dimensionamento e a estética deste projeto, estruturando visualmente a localização dos objetos que foram automatizados.

4.1.2. Eletricidade e Instalações Elétricas

Essa foi a matéria mais importante dentro do primeiro ano para a automatização do auditório, pois este componente curricular nos ensina os fundamentos da Elétrica como, por exemplo, a Lei de Ohm, juntamente com um de seus principais componentes – resistores e capacitores. O entendimento desses assuntos está diretamente ligado ao projeto, uma vez que o conserto da caixa de som dependia da análise de seu circuito e da troca de componentes elétricos danificados.

4.1.3. Mecanismos Mecatrônicos

Mecanismo é um sistema mecânico transformador de movimento, transformando um ou mais movimentos de entrada disponíveis em um ou mais movimentos de saída desejados. O **Auditt** é um projeto que utilizou um sistema mecatrônico para a realização de seus movimentos autônomos com a resposta aos comandos da programação que perpassa por sua circuitaria, além de integrar elementos de fixação que o constituem (porcas, parafusos, pinos etc). A presença deles foi indispensável para se manter a estabilidade e a segurança das estruturas com que trabalhamos.

4.1.4. Segurança Ambiental do Trabalho

Todo projeto precisa de uma avaliação prévia sobre os possíveis riscos de acidente que determinada atividade ou local de trabalho podem causar. Não sendo diferente neste, pudemos identificar riscos mecânicos e solucioná-los com o uso correto de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual).

4.2. Segundo Ano

4.2.1. Automação II

Nessa matéria foi feito o aprofundamento do estudo do acionamento de motores, realizado na medida em que nos apropriamos dos conceitos de funcionamento dos dispositivos elétricos de acionamento, possibilitando a transmissão de movimento, que só se dá pelo entendimento e utilização de *softwares* simuladores. As ligações elétricas feitas serviram para que os servomotores pudessem ser acionados, e, como existem várias possibilidades de acionamento, uma pesquisa mais elaborada sobre o assunto foi necessária para decidir qual seria a mais adequada para utilização neste projeto.

4.2.2. Circuitos Elétricos, Eletrônicos e Analógicos

Essa disciplina é a continuação direta da matéria de Eletricidade e Instalações Elétricas, apresentando-nos novos componentes, como diodos e leds, e suas utilidades dentro de circuitos elétricos, tendo sido eles pertinentes à área do projeto.

4.2.3. Eletrônica Digital

Essa matéria foi relevante para entendermos a lógica de circuitos lógicos combinatórios presentes no funcionamento dos dispositivos eletrônicos que usamos em nosso cotidiano. Mesmo que não tenhamos utilizado uma

protoboard com circuitos neste projeto, apenas o conhecimento de que a transmissão e o recebimento de dados estão acontecendo tornou-se, por si só, um motivo para incluirmos a Eletrônica Digital como parte importante para o nosso projeto.

4.2.4. Resistência e Ensaio dos Materiais

Esse componente curricular apresenta os conceitos de dureza dos materiais, cálculos referentes às linhas dos esforços e o encontro do centro de gravidade de determinado material ou objeto. Tais conceitos se aplicaram de forma direta ao projeto, já que foi com o conhecimento deles que as caixas de som foram instaladas, por meio de suportes, ficando suspensas de maneira que aumentassem a qualidade e a distribuição do som no auditório.

4.3. Terceiro Ano

4.3.1. Automação III

A robótica tem tomado cada vez mais espaço dentro da indústria. O entendimento sobre os tipos de movimento e graus de liberdade de um robô são cada vez mais exigidos, juntamente com a capacidade de fazer sua programação. Essa matéria é destinada para o aprendizado desses conceitos, tendo sido estes pertinentes ao projeto por deixá-lo mais autônomo.

4.3.2. Linguagens de Programação e Microcontroladores para Mecatrônica

Atualmente, existem várias linguagens de programação em que o programador aprende diversos comandos que a máquina entende para assim automatizar processos. Na matéria em específico, é utilizada a linguagem C++ na programação de microcontroladores como ESP32 e Arduino, tendo sido muito importante ao projeto, pois através de um ESP32 com a programação adequada foi feito o controle do canhão de luz.

4.3.3. Planejamento e Desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em Mecatrônica

A ideia desse componente curricular é unir todo o aprendizado adquirido durante o curso e colocá-lo em prática em um projeto pertinente à área de Mecatrônica. Se não fosse por ela, a elaboração e o desenvolvimento do **Auditt** não existiriam.

4.3.4. Sistemas de Acionamento Eletrônico

Essa disciplina é a continuação direta da matéria de CEEA (Circuitos Elétricos Eletrônicos e Analógicos), apresentando novos componentes, tais como os transistores, e suas utilidades dentro de circuitos elétricos, tendo sido eles pertinentes ao projeto.

4.4. Ensino Médio – Base Comum (1º, 2º e 3º ano)

4.4.1. Língua Portuguesa

A língua portuguesa é o sistema linguístico pelo qual nos comunicamos e interagimos com o mundo ao nosso redor. O que usamos de mais relevante da matéria que estuda a nossa língua materna para o nosso projeto priorizou a clareza das ideias, buscou evitar a ambiguidade e fazer certa apuração no vocabulário adquirido, por meio de uma seleção lexical com a utilização de recursos gráficos, dentre outras coisas fundamentais para o processo de comunicação que externalizou as ideias do projeto.

4.4.2. Língua Estrangeira Moderna – Inglês

O estudo dessa disciplina serviu como forma de garantir a acessibilidade linguística (no que se refere aos não falantes de língua portuguesa) aos recursos digitais referentes à parte de iluminação e som do auditório da escola, pela troca

do idioma nacional para um considerado universal, que é o inglês. Além disso, conhecimentos integrados ao processo de programação, que é totalmente estruturado no uso/escolha de palavras de língua inglesa, nortearam-nos para a aplicação de uma linguagem de programação no controle dos comandos que foram executados.

5. ÁREAS ABORDADAS NO PROJETO MECATRÔNICO – ALGUNS PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES

5.1. Iluminação

A invenção da lâmpada de Thomas Edison, em 1879, marcou a transição cultural de toda uma era. A visibilidade humana ganhou naquela época e até hoje ampliação em seu campo. A partir dessa deslumbrante evidência da ascendente revolução tecnológica, foi possível a observação da parte visível do espectro eletromagnético da luz estendida, mesmo que minimamente quando comparado ao total tamanho dele estabelecido por comprovações de experimentos físicos. A lâmpada existe atualmente em enorme diversidade de formatos e funcionalidades, dentro das categorias: incandescente, de descarga e led. Precisou-se de uma apuração criteriosa a respeito de qual lâmpada teria a melhor eficiência para este projeto.

5.1.1. Sobre a Lâmpada Escolhida

Por se tratar de um dispositivo elétrico com grande potencial de iluminação para ambientes de grandes portes, a lâmpada Halógena ECP PAR 38 100W/220V (figura 1) foi escolhida para o projeto, a fim de que, quando encaixada no canhão de luz (figura 3), possa produzir um fluxo luminoso da luz emitida que será redirecionada, passando a abranger outras regiões do palco do auditório, além daquela cuja angulação já é pré-determinada pelas especificações da lâmpada.

A incidência de uma trajetória luminosa da luz refletida em diferentes pontos acontece sob a influência da atuação do movimento programado de eixos de servomotores acoplados individualmente em cada uma das 4 abas refletoras

(*bandoor*) que serão flexionadas. Esse mecanismo de controle das abas refletoras eliminou a necessidade de deslocamento do equipamento de iluminação utilizado (canhão de luz) da posição em que foi instalado.



Figura 1 – Lâmpada Halógena ECP
PAR 38 100W/220V



Figura 2 – Embalagem da Lâmpada
Halógena ECP PAR 38 100W/220V



Figura 3 – Canhão Refletor PAR 38
Preto – Porta Gelatina com *Bandoor*
Fonte – Site: Mercado Livre

5.2. Wi-Fi e IoT

Uma das coisas que mostram a nossa ideia de inovação na automatização do auditório escolar é a comunicação entre os dispositivos orientados ao controle de iluminação via Wi-Fi, gerando uma positiva e atual conversa da prática do que foi feito com o crescente ramo da IoT (Internet das Coisas) num mundo cada vez mais moderno e tecnológico para processos autônomos derivados do promissor mercado da Indústria 4.0.

A relação Wi-Fi e IoT apresentada no projeto tem a ver com a informação da programação compilada no microcontrolador ESP32 passada ao aplicativo de celular *Blynk* (figura 4), responsável por funções que determinam comandos para a movimentação dos eixos de servomotores e, por consequência, das abas refletoras do canhão de luz. Nesse processo, o importante é que não haja barreiras para o recebimento dos sinais de radiofrequência, facilitando, portanto, a comunicação sem fio.

Sabendo-se da opção de uma tecnologia 4G a nossa disposição, o nosso trabalho teria a abrangência de todos os usuários do auditório, uma vez que, tendo o aplicativo instalado em seus celulares, poderiam interagir com o projeto incentivador e exemplificador de acessibilidade operacional. Adotando este tipo de rede, os donos de cada dispositivo que contenham o *software* e o acesso a

ela, em condições de estabilidade de rede, poderão usufruir da alta qualidade e velocidade do Wi-Fi disponível para situarem-se na aprendizagem e no desenvolvimento de recursos digitais, externando a melhor configuração de incidência da luz direcionada aos locais do palco que desejarem, apenas válida quando atende obrigatoriamente as áreas de trabalho das abas do canhão.

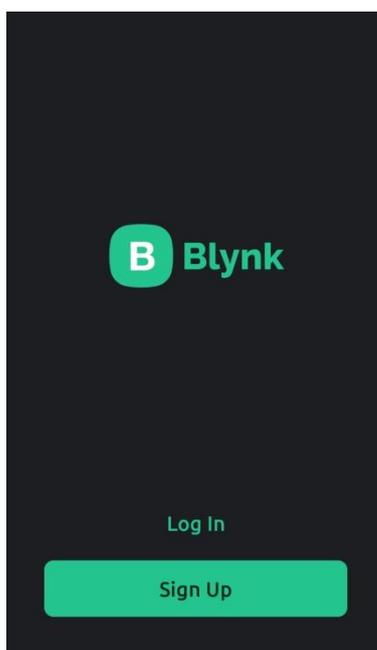


Figura 4 – Tela Inicial do Aplicativo *Blynk*

5.3. Acústica

Desde que os critérios de afinação foram estabelecidos, partindo das experiências de Pitágoras e seu monocórdio, a sonoridade agradável é uma busca cotidiana do ser humano, que além de criar arranjos musicais e campos harmônicos para o aperfeiçoamento de melodias, desenvolve maneiras de evitar a propagação de ruídos que são poluentes sonoros dos ambientes em que a música e o som, em suas múltiplas formas, são contemplados.

Um bom ambiente é também aquele que foi projetado com o objetivo de conceder aos seus usuários um conforto sonoro. Os elementos que compõem a qualidade da propagação do som em ambiente reagem aos nossos sentidos, sendo que os limites da audição humana se tornam um meio de avaliação dos erros de planejamento acústico de um lugar que interferem diretamente na

imersão sensorial de uma apresentação artística – show, dança, teatro – por exemplo.

Prezar pelo isolamento acústico e pelo posicionamento mais adequado da saída do som de um local colabora para o controle de ecos e da oscilação aerostática no contato com superfícies reflexivas paralelas, da fragmentação do som no contato com superfícies oblíquas, da focalização do som em superfícies côncavas e da difusão sonora em superfícies convexas.

É perceptível que a intensidade na qual o som se expande em forma de onda mecânica vibrando pelo ar ativa a noção de satisfação ou insatisfação do mesmo por parte de quem o escuta. Portanto, o êxito em conseguir um espaço sonoramente confortável baseia-se principalmente na checagem e manutenção dos equipamentos que o transmite. Por este motivo, nosso projeto teve a intenção de ajudar, consertando alto-falantes, trocando fusíveis, verificando circuitos elétricos internos e instalando caixas de som novas e melhoradas, na mudança de expectativa auditiva da comunidade escolar ao se encontrar inserida no auditório escolar de alguma forma.

O modelo de caixa de som oferecida pela própria escola para reparo e adequação sonora nos melhores pontos de propagação do som do auditório avaliados por nós foi a WLS S10 (figura 5). Suas características mais relevantes para o projeto são: ter um peso entre 6.250 kg e 7.600 kg, possuir um alto-falante de 10" (10 polegadas), conter uma chave automática 110V – 220V e um encaixe para suportes em forma de pedestal. Esta última significava uma segunda alternativa de implementação da caixa de som, caso houvesse alguma falha nas instalações das caixas em suportes suspensos fixados nas paredes do auditório.



Figura 5 – Caixa de Som WLS S10
Fonte – Site: Mercado Livre

5.4. Resistência dos Materiais

O estudo sobre os conceitos relacionados a essa área tornou-se necessário, tendo em vista que os pesos das caixas de som acima dos suportes exercem forças que devem ser contidas pelas forças de sustentação dos suportes a fim de equilibrarem todo o sistema.

A deformação oriunda da força peso exercida pelas caixas de som sobre os suportes não poderia danificar os materiais de estruturação das caixas, pois isso comprometeria o resultado que pretendíamos chegar ao instalá-las. Executando a equalização dos esforços internos das tensões das cargas, a distribuição correta das energias de deformação criadas aconteceria.

O comportamento estrutural de cada um dos elementos necessitou de atenção, pois a existência de condições iniciais de estreitamento do sistema poderia, em longo prazo, ser prejudicial à segurança ambiental escolar.

As propriedades que permitem a estática de estruturas como as criadas no projeto complexificavam-se na medida em que os cálculos das forças necessárias em pontos específicos dos materiais trabalhados por nós eram requeridos na intenção de igualar a zero as somatórias das forças na vertical e na horizontal, considerando o tipo de material com o qual o suporte foi construído e as grandezas relacionadas ao dimensionamento das estruturas, tais como: os

módulos de resistência à flexão, as tensões de flexão admissíveis e os momentos fletores máximos.

Os procedimentos que nos asseguraram, de certa forma, para o desvio de rupturas e quebras, os quais impossibilitariam a conservação duradora dos sistemas de forças, estavam atrelados ao descobrimento de forças e tensões de rompimento das fixações abaixo das concentrações de massa. As definições e seleções dos perfis mais apropriados para os objetivos anteriormente citados permeavam os conceitos aplicados do conteúdo de Resistência e Ensaio dos Materiais que vimos no ano 2º ano do curso e que contribuíram significativamente no bom resultado do projeto.

5.5. Linguagem de Programação e Microcontroladores

Hoje em dia, quando se trata do assunto microcontroladores, o grande nome que vem às mentes dos estudantes e projetistas da área de programação é, sem dúvida, o Arduino. Entretanto, o seu passado de evolução dos primeiros modelos que possibilitaram sua lembrança imediata de hoje, dentre os inúmeros tipos já fabricados, foi um enorme contribuinte para a sua chegada a tal nível de repercussão.

O antigo costume de usar o tear para produzir tecidos serviu de inspiração aos primeiros desenvolvedores para a criação de uma linguagem de programação baseada nessa atividade que recebeu um incremento maquinário. O sistema binário de dados característico dessas máquinas de tear resultava em processos de operações inicialmente mecânicas e futuramente evoluiria sendo parte da essencial fonte de utilidade dos microcontroladores e dispositivos tecnológicos que encontramos no mercado e os quais a indústria 4.0. tem ininterruptamente desenvolvido.

Recapitulando-se de maneira sucinta a história da união entre microcontroladores e linguagens de programação, um notável sucesso pode ser visto na conjuntura estrutural incorporada ao PIC (*Programmable Interface Controller* - Controlador de Interface Programável - uma das mais difundidas famílias de microprocessadores), dada a variedade de suas aplicações (como o gerenciamento de um sistema operacional, por exemplo) e vantagens

relacionadas a interpretação da informação recebida e transmitida de forma rígida (mínimo ou máximo, falso ou verdadeiro, 0 ou 1).

Juntamente ao Arduino, outro importante modelo de microcontrolador bastante conhecido é o ESP32 (figura 6), sua característica de possuir um módulo Wi-Fi integrado foi crucial para a determinação de seu uso em nosso projeto. Ainda que de distintos fabricantes, alguns tipos de placas microcontroladoras ESP32 e todas as da categoria Arduino podem ser programadas pela utilização de um mesmo *software* – Arduino IDE (também selecionado para utilização no projeto). Esse *software* mencionado nos deu a oportunidade de programação em linguagem C++ que, diferentemente da linguagem C convencional, possui multiparadigma, acrescentando sobre si a orientação incrementada de objetos.



Figura 6 – ESP32
Fonte – Site: Mercado Livre



Figura 7 – Aba de Programas do Site Arduino IDE
Fonte – Site:Arduino IDE

5.6. Acionamentos Elétricos

Durante a etapa de elaboração do projeto, foram considerados alguns equipamentos que viabilizassem o controle de iluminação e som de uma maneira mais otimizada, sempre tendo em mente o melhor custo-benefício para nós. Dentre eles destacavam-se: a mesa de som de 12 canais Lelong Le-712/LE712 – por seu vistoso conjunto de saídas de áudio, ajuste do volume, porta USB e conexão via *Bluetooth* e a mesa de iluminação Ilumy DMX – por seu seletor de polaridade de DMX e por seu diferencial ao possuir um microfone embutido para disparo de efeitos pelo som. Todavia, os equipamentos essenciais para o funcionamento do projeto seriam aqueles que tão somente fizessem o acionamento elétrico dos servomotores, suprimindo-os no quesito alimentação.

5.6.1. O Trabalho com Servomotores

O elevado torque do servomotor foi a funcionalidade que precisávamos para obtermos sucesso com o projeto, dentre as outras também utilizadas para protótipos e projetos contemplados pela área de Mecatrônica e suas diversas aplicações, tais como: movimentação de braços robóticos (manipuladores),

posicionamento do Flap (extensão da asa de um avião) para controle de um avião aeromodelo etc.



Figura 8 – Servomotor MG90S
Fonte – Datasheet no Site Alldatasheet

O seu conjunto de engrenagens somado com as interpretações de sinal PWM (Modulação por Largura de Pulso) de seu circuito interno permitiram o processo de controle dos movimentos angulares das abas refletoras do canhão de luz.

A assertividade na escolha se deve à precisão estabelecida, pois com esse mecanismo o canhão recebe uma nova tarefa de não somente emitir a luz do palco do auditório, mas de conduzi-la a pontos específicos do mesmo por meio de comandos transmitidos do microcontrolador ESP32 ao pino laranja do servomotor que, com a ligação de fiação elétrica ao pino, torna a inclinação e a declinação das abas cujos servomotores estão acoplados parametrizadas conforme angulação especificada segundo as capacidades estruturais do dispositivo eletromecânico (geralmente de 0° a 180°), provocadas justamente pelo torque de seu eixo que possibilita os deslocamentos desejados e determinados por programação, que no caso é em linguagem C++.

5.6.2. Aplicação da Fonte de Tensão

Sob um olhar técnico acerca das eventuais dificuldades para o acionamento elétrico do servomotor escolhido (figura 8), pudemos chegar ao entendimento da insuficiência da tensão máxima fornecida pelo microcontrolador ESP32 (entre 2,7V e 3,6V) no sentido de realizar tal tarefa, dados os aspectos técnicos dessa grandeza física que apresentavam maiores valores de operação funcional do produto.

Precisávamos, portanto, de uma fonte de tensão que possuísse um transformador e uma aparato de circuitos (placa fenolítica com os componentes do circuito elétrico fixados por solda, diodos ligados em ponte etc) que atuasse na alimentação dos servomotores com o propósito de converter o sinal de corrente alternada (CA) recebido em um sinal de corrente contínua (CC), o qual trabalha em tensões relativamente baixas, atendendo assim as especificações de fabricação dos armazenadores de cargas cujos sinais recebem.

Embora já tivéssemos uma fonte de tensão que, em tese, solucionaria o problema, um outro precisava ser analisado: o fato de o transformador dela não ser ideal. Esta informação era repleta de conclusões a respeito do que complicava o seu emprego no projeto, dentre elas estavam: as inevitáveis perdas e quedas de tensão, as possíveis alterações do fluxo do núcleo ferromagnético pela inserção das cargas no enrolamento secundário, a variação da impedância etc. No entanto, esperava-se ainda a sua obediência à Lei de Lenz, como também a sua capacidade de conversão de potências em CA de distintas tensões - uma é recebida pelo seu enrolamento primário e convertida em outra na passagem para os terminais do enrolamento secundário.

Por conta destes fatores que garantiam a transmissão, utilização e adequação operacional da tensão (possíveis graças à ação dos campos magnéticos de seus materiais condutores - bobinas e núcleo ferromagnético), a troca de equipamento foi considerada pelo grupo e descartada, já que não existiam pontos realmente cruciais para o impedimento do processo.

6. VIABILIDADE

O projeto mostrou-se viável, considerando que parte dos materiais já foram disponibilizados pela escola, necessitando apenas de pequenas reformas e aprimoramento. Assim, os custos que demandaria uma reforma completa no auditório foram reduzidos, aumentando as possibilidades de melhorias na qualidade audiovisual que o projeto almejou, atingindo assertividade no estudo em relação aos componentes dos materiais necessários e suas respectivas especificações.

Lista de Materiais:

- (1 unidade) – Canhão Refletor Par Com Bandeira Bandor Integrado -R\$58,00
- (1 unidade) – Lâmpada Par 38 Halógena 120W – 240V 30° Osram Concentra - R\$51,00
- (2 unidades) – Suporte de Paredes Para Caixa de Som Acústica Fixo de Parede -R\$40,00
- (1 unidade) – 4 x Micro Servo Metal Mg90s 2,2Kg Torque..... R\$78,00
- (1 unidade) – Alto-Falante Woofer W-one 15 200w Rms - 8 Ohms -R\$249,00
- (1 unidade) – Kits de Componentes Elétricos -R\$45,00
- Kits de Instalações (fiação, parafusos etc) - R\$200,00

Total: R\$ 761,00

Item	Descrição	Unidade	Valor Unitário R\$	Valor Total R\$
01	Canhão Refletor Par Com Bandeira <i>Bandoor</i> Integrado	1	58,00	58,00

02	Lâmpada Par 38 Halógena 120W – 240V 30° Osram Concentra	1	51,00	51,00
03	Suporte de Paredes Para Caixa de Som Acústica Fixo de Parede	2	40,00	80,00
04	4 x Micro Servo Metal Mg90s 2,2Kg Torque	1	78,00	78,00
05	Kits de Componentes Elétricos	1	45,00	45,00
06	Kits de Instalações (fiação, parafusos etc.)	-	200,00	200,00
07	Alto Falante Woofer W-one 15 200w Rms - 8 Ohms R\$249,00	1	249,00	249,00
				Total: R\$ 761,00

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nós, da **Auditt – Auditório Inteligente**, tivemos em mãos a proposta de mudança de um ambiente escolar incumbido de proporcionar conforto ao público que constantemente por ele passa em meio às múltiplas atividades educacionais avaliativas ou apenas apreciativas da escola.

Por mais que nosso projeto já tenha sido determinado previamente para ser executado nas diretrizes curriculares encontradas nas bases tecnológicas norteadoras dos conteúdos abordados ao longo do Curso Técnico de Mecatrônica, a iniciativa de contribuição que propusemos, por meio da automatização e do controle da luz e na retirada e instalação de caixas de som para otimização sonora, pretendia não apenas cumprir exigências técnicas requeridas para a conclusão do curso, mas ressignificar um local de convívio e interação social com potencial de oferecer melhores experiências a todos que desejarem acessá-lo.

Acreditamos que a mobilização, por parte de alunos, professores e funcionários da ETEC MARTIN LUTHER KING, para usufruírem dos espaços escolares com o emprego de novas tecnologias será cada vez mais frequente, pois o desenvolvimento de um lugar de vivências acadêmicas modernizado se fez incisivamente necessário, pauta identificada nos debates e reflexões causados pelas apresentações das atividades interdisciplinares e técnicas das quais também fomos participantes no auditório escolar.

O desencadear de alternativas de melhorias dos processos de transmissão de conhecimento é o que esperamos alcançar com o projeto executado, encorajando as pessoas a pensarem em maneiras de agir sobre o que ainda consideram insatisfatório nas dependências de nossa instituição de ensino, estimulando as pessoas a serem protagonistas e inventoras de projetos inovadores semelhantes ao **Auditt**.

Sabemos da importância da realização da prática em Mecatrônica para a obtenção efetiva de seus conhecimentos e, por esse motivo, decidimos usar o auditório da escola como cenário de nossas próprias descobertas adquiridas, a fim de tornarmos esse processo metalinguístico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAIXA DE SOM ACÚSTICA 10 ATIVA BLUETOOTH WLS 150W RMS S10 BIVOLT. Conteúdo disponível em: https://www.mercadolivre.com.br/caixa-acustica-10-ativa-bluetooth-wls-150w-rms-s10-bivolt/p/MLB20322456?from=gshop&matt_tool=11660798&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14303413658&matt_ad_group_id=125984293877&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=m&matt_creative=539354956710&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=735098639&matt_product_id=MLB20322456-product&matt_product_partition_id=1799294727776&matt_target_id=pla-1799294727776&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAjfyqBhAsEiwA-UdzJMCpCQYAZHTME2h9W_Lyv-WToA6Nn-fkP7zq_Ntfqy1-9h5wGa8tYxoCQvAQAvD_BwE. Acesso em 21 de nov. de 2023 às 20h16min.

CANHÃO REFLETOR PAR 38 PRETO – PORTA GELATINA E BANDOOR. Conteúdo disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-835180731-canho-refletor-par-38-preto-porta-gelatina-e-barndoor-_JM#&gid=1&pid=1. Acesso em 05 de set. de 2023 às 10h37min.

CASTAGNA, Ana Cristina *et al.* **Luminotécnica**. 1. ed. Porto Alegre: SAGAH, 2019. Disponível em: <https://biblioteca-a.read.garden/viewer/9786581492403/3>. Acesso em: 21 nov. 2023 20h42min.

DUARTE, Cristian. Curso Arduíno EaD - Prática 8 - ServoMotor. **Youtube**, 2020. Disponível em: <https://youtu.be/JZRKBkC6eug?si=ZwisWX3Re9FPMbf3>. Acesso em: 05 set. 2023 às 10h46min.

EDMUNDO, Douglas A. (Org.). **Resistência dos Materiais Aplicada**. 1. ed. Porro Alegre: SAGAH, 2016. Disponível em: <https://biblioteca-a.read.garden/viewer/9788569726852/iii>. Acesso em: 21 nov. 2023 às 23h11min.

ESP32 DOIT COM ESP32-WROOM. Conteúdo disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3937616382-esp32-doit-devkit-com-esp32-wroom-32-_JM?matt_tool=56291529&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14303413604&matt_ad_group_id=133074303519&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=m&matt_creative=584156655498&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=328703486&matt_product_id=MLB3937616382&matt_product_partition_id=2009964045832&matt_target_id=pla-2009964045832&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAjfyqBhAsEiwA-UdzJFxDJt9pSvZoVj_ljcxK0UWSRINPXtV6o8f_LNeqb-2srs5Bc72JExoCluYQAvD_BwE. Acesso em: 05 de set. de 2023 às 11h30min.

ESP32 Series Datasheet: Version 3.0. **Alldatasheet**. Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/datasheet->

pdf/pdf/1148023/ESPRESSIF/ESP32.html. Acesso em: 21 de nov. de 2023 às 09h26min.

GRANJA, Carlos Eduardo. Matemática - Aula 27 - Matemática e Música: Parte 1. **Youtube**, 2014. Disponível em: <https://youtu.be/ETPzsN-vgE8?si=uHRqiUlcgAyFximr>. Acesso em: 14 out. 2023 às 09h39min.

LENZ, Maikon Lucian *et al.* **Acionamentos Elétricos**. 1. ed. Porto Alegre: SAGAH, 2019. Disponível em: <https://biblioteca-a.read.garden/viewer/9788533500235/2>. Acesso em: 21 nov. 2023 às 20h41min.

LENZ, Maikon Lucian; TORRES, Fernando Esquírio. **Microprocessadores**. 1. ed. Porto Alegre: SAGAH, 2019. Disponível em: <https://biblioteca-a.read.garden/viewer/9788595029736/3>. Acesso em: 21 nov. 2023 às 23h45min.

MEIRA, Béa; PRESTO, Rafael; SOTER, Sílvia. **Percursos da arte: volume único: ensino médio: arte**. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2016. 480 p.

MESA DMX 512: MANUAL DE OPERAÇÃO. Conteúdo disponível em: <https://cdn.awsli.com.br/2454/2454497/arquivos/5057%20-%20MESA%20CONTROLADORA%20DMX%20512.pdf>. Acesso em 21 de nov. De 2023 às 01h24min.

MESA SOM 12 CANAIS LELONG LE-712 / LE712. Conteúdo disponível em: <https://bivale.com.br/product/mesa-som-12-canais-lelong-le-712-le712/>. Acesso em 21 de nov. de 2023 às 14h39min.

MG90S: Metal Gear Servo. **Alldatasheet**. Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132104/ETC2/MG90S.html>. Acesso em: 21 de nov. de 2023 às 01h24min.

MORAIS, Izabelly S. *et al.* **Introdução a Big Data e Internet das Coisas (IoT)**. 1. ed. Porto Alegre: SAGAH, 2018. Disponível em: <https://biblioteca-a.read.garden/viewer/9788595027640/2>. Acesso em: 22 nov. 2023 às 19h00min.

REMORINI, Silvana Laiz. **Acústica Arquitetônica**. 1. ed. Porto Alegre: SAGAH, 2018. Disponível em: <https://biblioteca-a.read.garden/viewer/9788595027169/2>. Acesso em: 21 nov. 2023 às 22h40min.

ROCHA, Maurilio Andrade *et al.* **Arte de perto - Volume Único**. 1. ed. São Paulo: Leya, 2016. 368 p.

ROSÁRIO, João Maurício. **Princípios de Mecatrônica**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

S10 | WLS AUDIO. Conteúdo disponível em: <https://www.wlsaudio.com/c%3%B3pia-s-8>. Acesso em: 23 de nov. de 2023 às 18h38min.

SILVA, Fernanda R. *et al.* **Redes Sem Fio**. 1. ed. Porto Alegre: SAGAH, 2021. Disponível em: <https://biblioteca-a.read.garden/viewer/9786556901374/2>. Acesso em: 21 nov. às 2023 23h50min.

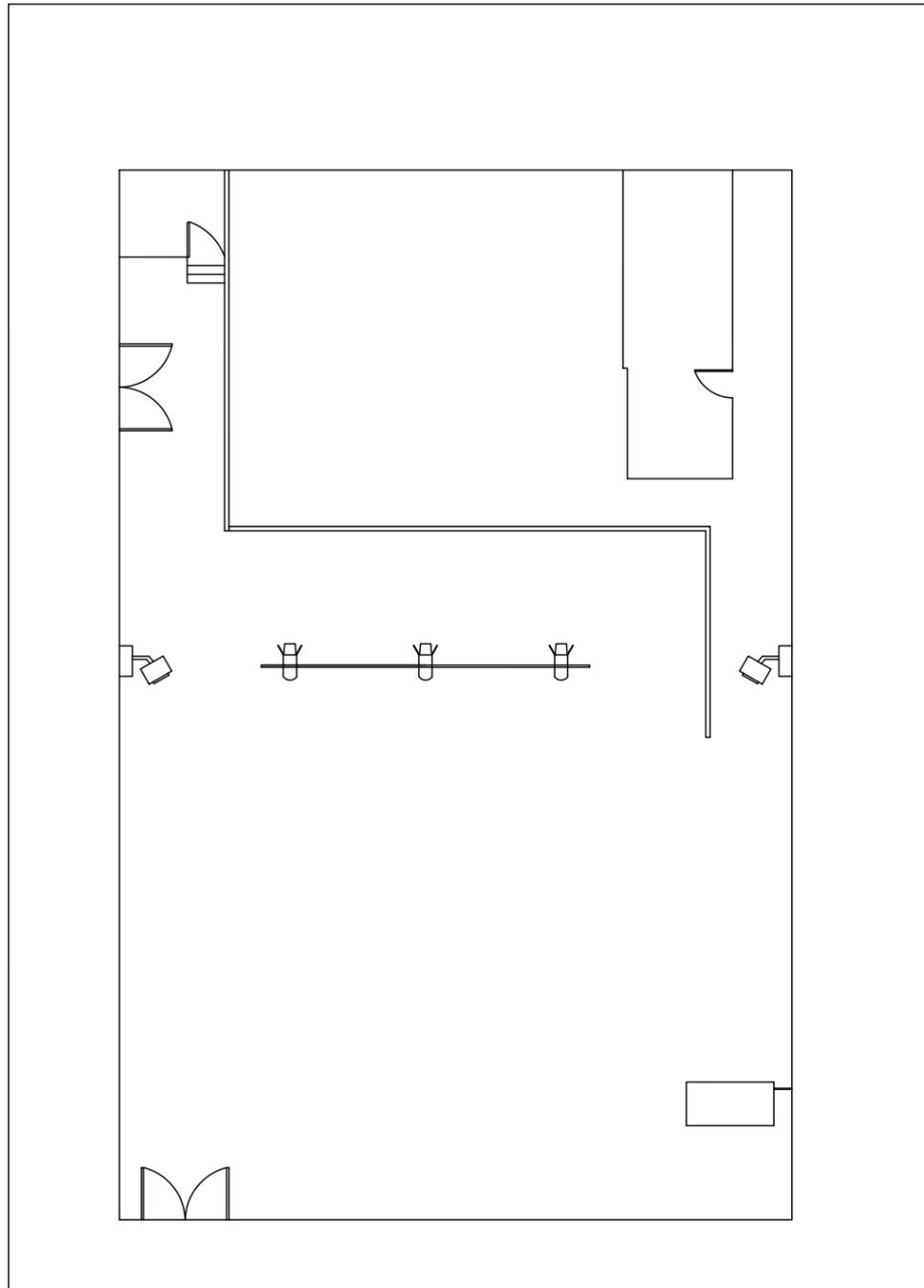
SOFTWARE: ARDUINO IDE. Conteúdo disponível em: <https://www.arduino.cc/en/software>. Acesso em: 24 de nov. de 2023 às 11h50min.

SOUZA, Camila D. *et al.* **Luminotécnica Aplicada**. 1. ed. Porto Alegre: SAGAH, 2018. Disponível em: <https://biblioteca-a.read.garden/viewer/9788595027923/3>. Acesso em: 21 nov. 2023 às 20h06min.

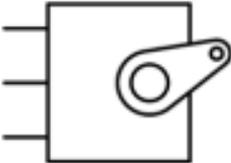
UTUARI, Solange *et al.* **Arte por toda parte**: volume único. 2. ed. São Paulo: FTD, 2016. 432 p.

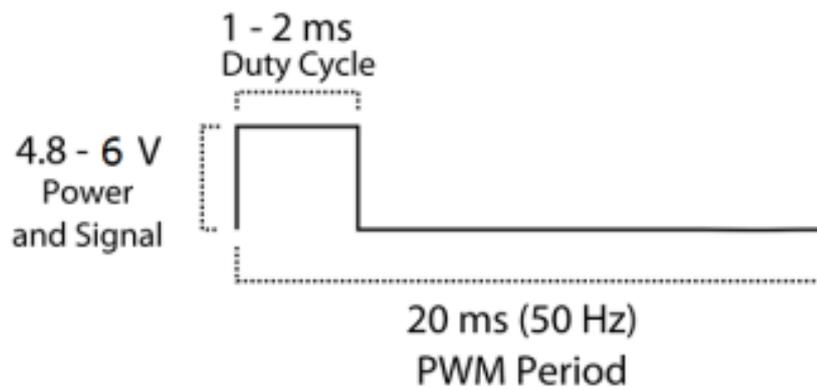
APÊNDICE

1 – CRONOGRAMA



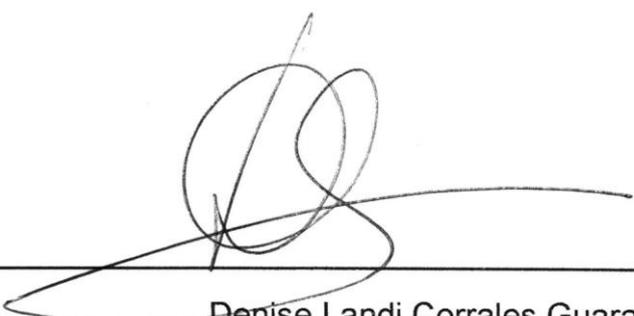
1 – DADOS TÉCNICOS DO SERVOMOTOR MG90S

PWM=Orange (⏏) 
Vcc = Red (+)
Ground=Brown (-)



FOLHA DE REVISÃO – LÍNGUA PORTUGUESA

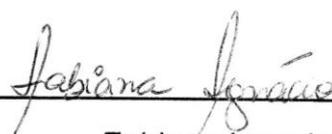
ESTA MONOGRAFIA FOI REVISADA PELA PROFESSORA DE PORTUGUÊS DENISE LANDI CORRALES GUARANHA, PORTADORA DO RG: 16.156.053-2, E CPF: 058.446.028-70, DA INSTITUIÇÃO ETEC MARTIN LUTHER KING, NO DIA 04/12/2023



Denise Landi Corrales Guaranha

FOLHA DE REVISÃO – LÍNGUA ESTRANGEIRA

ESTA MONOGRAFIA FOI REVISADA PELA PROFESSORA DE LÍNGUA ESTRANGEIRA FABIANA IGNACIO, PORTADORA DO RG: 27.223.567-2 , E CPF: 267.958.708-12 , DA INSTITUIÇÃO ETEC MARTIN LUTHER KING, NO DIA: 04/12/2023

A handwritten signature in cursive script, reading "Fabiana Ignacio", positioned above a horizontal line.

Fabiana Ignacio