



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTU SENSO MESTRADO
ACADÊMICO/PROFISSIONAL EM MODELAGEM COMPUTACIONAL DE
SISTEMAS

BRUNO ODATE TAVARES

**OTIMIZANDO PROCEDIMENTOS COM USO DA IOT NO
GERENCIAMENTO INTELIGENTE DAS SALAS DE AULA
DA ESMAT**

Palmas/TO
2020

BRUNO ODATE TAVARES

**OTIMIZANDO PROCEDIMENTOS COM USO DA IOT NO
GERENCIAMENTO INTELIGENTE DAS SALAS DE AULA
DA ESMAT**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Sistemas. Foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Modelagem Computacional de Sistemas e aprovada em sua forma final pelo orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Prof. Dr. Humberto Xavier de Araujo

Palmas/TO
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

T231o TAVARES, BRUNO.
OTIMIZANDO PROCEDIMENTOS COM USO DA IOT NO
GERENCIAMENTO INTELIGENTE DAS SALAS DE AULA DA ESMAT. /
BRUNO TAVARES. – Palmas, TO, 2020.
64 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins
– Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em
Modelagem Computacional de Sistemas, 2020.

Orientador: Humberto Xavier de Araujo

Coorientador: Gentil Veloso

1. Internet da Coisas. 2. Ambientes Inteligentes. 3. Sala de Aula
Inteligente. 4. Eficiência de Recursos Públicos. I. Título

CDD 004

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

FOLHA DE APROVAÇÃO

BRUNO ODATE TAVARES

OTIMIZANDO PROCEDIMENTOS COM USO DA IOT NO GERENCIAMENTO INTELIGENTE DAS SALAS DE AULA DA ESMAT

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Sistemas. Foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Modelagem Computacional de Sistemas e aprovada em sua forma final pelo orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 26 / 10 / 2020

Banca Examinadora



Prof. Dr. Humberto Xavier de Araujo, UFT



Prof. Dr. David Nadler Prata, UFT



Prof. Dr. Gentil Veloso, UFT



Prof. Dr. Adelicio Maximiano Sobrinho

*Dedico esse trabalho a minha esposa Izadora
e meus filhos Vitória e Rafael, que sempre
foram os melhores que eu podia sonhar em
ter.*

*“Sucesso é a soma de pequenos esforços
repetidos dia após dia.” Robert Colier*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me guiou e concedeu saúde e sabedoria para conduzir os tantos afazeres de uma vida onde ser pai, esposo, trabalhar fora, servir a Deus e as pessoas e ainda, me permitir retornar a Universidade, é um sinal que ele confia na capacidade que deposita em mim. Aos meus pais, que sempre me apoiaram a seguir a profissão que escolhi, trabalhando arduamente para que pudesse estudar em bons centros acadêmicos. À Escola Superior da Magistratura Tocantinense e todos os colegas servidores que dividem comigo muito mais que trabalhos, mas também suas vidas. Ao orientador de projeto, Professor Doutor Humberto, sem palavras pra agradecer, sempre paciente e motivador, ao senhor mestre, minha gratidão.

RESUMO

Este projeto mostra o processo de produção de um protótipo com baixo custo baseado na tecnologia *IoT – Internet of Things* (Internet das Coisas) com o objetivo de otimizar a utilização de ambientes em uma instituição acadêmica. Este protótipo traz recompensas ao ser utilizado, como a redução de trabalho repetitivo de servidores, economia de recursos - evitando desperdícios e diminuição de consumo de energia e ainda, preservando a vida útil e eficiência de equipamentos eletrônicos através da comunicação dessas coisas com sistemas e pessoas. O baixo custo é obtido com a utilização da placa de prototipagem arduino utilizada para controlar a comunicação dentro do ambiente, através de um sistema embarcado e seus periféricos que enviam sinais para os equipamentos atuarem consonante com o que está programado no sistema de agendamento da sala de aula, que também, é um sistema eletrônico de gestão acadêmica, a SAV – Secretaria Acadêmica Virtual. O protótipo implantado na sala de aula comunica-se com os equipamentos para que o ambiente esteja previamente preparado para receber as atividades acadêmicas acionando lâmpadas, tomadas, computador, projetor multimídia, condicionadores de ar e equipamento de áudio.

Palavras-chaves: IdC, internet das coisas, ambientes inteligentes, sistema acadêmico, agendamento inteligente.

ABSTRACT

This project shows the building process of a low cost prototype based on IoT technology - Internet of Things with the purpose of optimizing the use of environments in an academic institution. This prototype brings rewards when used, such as reducing repetitive work on collaborators, saving resources - avoiding waste and reducing energy consumption, and preserving the lifespan and efficiency of electronic equipment through the communication of these “things” with digital systems and people. The low cost is obtained with the use of the arduino prototyping board used to control communication within the environment, through an embedded system and its peripherals that send signals to the equipment to act in accordance with what is programmed in the room scheduling procedure, which is also an electronic academic management system, SAV – Secretaria Acadêmica Virtual - Academic Secretary Virtual. The prototype implanted in the classroom, communicates with the equipment so that the environment is previously prepared to receive academic activities by controlling lamps, sockets, computers, multimedia projectors, air conditioners and audio equipment and.

Keywords: IoT, internet of things, smart buildings, academic systems, smart schedule.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Figura 1 – Alguns exemplos microcontroladores.....	24
Figura 2 – Placa de desenvolvimento ou prototipagem DragonBoard 410C.....	25
Figura 3 – Placa de desenvolvimento ou prototipagem μ Start.....	25
Figura 4 – Placa de desenvolvimento ou prototipagem ADK da Google.....	26
Figura 5 – Placa de desenvolvimento ou prototipagem Raspberry Pi 3.....	27
Figura 6 – SAV 1.0 lançada em 2010.....	30
Figura 7 – SAV 2.0 lançada em 2020.....	30
Figura 8 – Arduino MEGA.....	31
Figura 9 – Ambiente de Desenvolvimento Integrado – Arduino.....	33
Figura 10 – Modelo de Comunicação entre SAV, microcontrolador e dispositivos de uma sala de aula.....	34
Figura 11 – Menu desenvolvido para o módulo IoT.....	36
Figura 12 – Exibição dos “Dispositivos IoT” cadastrados.....	36
Figura 13 – Exibição dos Ambientes cadastrados.....	36
Figura 14 – Tela de cadastro de sala.....	37
Figura 15 – Tela de Cadastro para novos “Dispositivos IoT”.....	37
Figura 16 – Detalhes do “Dispositivo IoT”.....	38
Figura 17 – Vinculação de dispositivos ao ambiente.....	38
Figura 18 – Dispositivos Vinculados ao Ambiente.....	38
Figura 19 – Tela de vinculo entre atividade ao Ambiente.....	39
Figura 20 – Informação dos períodos de frequência da atividade.....	39
Figura 21 – Dispositivos adquiridos para montagem protótipo.....	40
Figura 22 – Infravermelho direcionado ao aparelho condicionador de ar na sala 6.....	41
Figura 23 – Habilitando WOL na BIOS do computador da sala de aula.....	42
Figura 24 – Configuração da gestão de energia para desligamento automático.....	42
Figura 25 – Modelo de ligação elétrica entre relê em interruptor paralelo – Three Way....	44
Figura 26 – Sala de aula 6 escolhida para implantação do protótipo.....	44
Figura 27 – Visão lateral do Protótipo instalado na Sala 6.....	45
Figura 28 – Visão Inferior do Protótipo em caixa de proteção instalado na Sala 6.....	45
Figura 29 – Visão Inferior do Protótipo sem caixa de proteção instalado na Sala 6.....	46

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Comparativo arduino versões UNO e MEGA.....	32
TABELA 2 – Valor gasto com o Protótipo.....	47
TABELA 3 – Custo de energia elétrica mensal de utilização de uma sala de aula padrão menor (capacidade 25 pessoas) com a utilização da Tecnologia IoT (aproximadamente).....	47
TABELA 4 - Custo aproximado mensal de utilização de uma sala de aula padrão menor (capacidade 25 pessoas) - custo de energia e mão de obra.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFT	Universidade Federal do Tocantins
MIT	Massachusetts Institute of Technology
ESMAT	Escola Superior da Magistratura Tocantinense
IDE	Integrated Development Environment
IOT	Internet of Things (Internet das Coisas)
SOC	System on chip
Full HD	High Definition(Alta Definição)
IP	Internet Protocol
BIOS	Basic Input/Output System
USB	Universal Serial Bus
CQRS	Command Query Responsibility Segregation
RQ	Registro Qualidade
PO	Procedimento Operacional
ISO	International Organization for Standardization
SRAM	Static Random Access memory
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
PWM	Pulse Width Modulation
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
SAV	Secretaria Acadêmica Virtual
IBM	International Business Machines Corporation

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Problematização.....	16
1.1.1	Hipótese.....	16
1.1.2	Delimitação de Escopo	16
1.1.3	Justificativa.....	17
1.2	Objetivos	17
1.2.1	Objetivo Geral.....	17
1.2.2	Objetivos Específicos.....	18
1.3	Metodologia	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	Princípio da Eficiência no Serviço Público.....	21
2.2	Tecnologia IoT.....	21
2.3	Linguagem Binária e os Microcontroladores.....	22
2.4	Plataformas de Prototipagens e Microcontroladores.....	23
2.5	Agendamento Inteligente	28
2.6	Secretaria Acadêmica Virtual – SAV	29
2.7	Sistemas Embarcados e Arduino	30
3	SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE SALAS DE AULA COM IOT	34
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS.....	49
5	REFERÊNCIAS.....	51
6	ANEXO.....	53
7	APÊNDICE.....	59

1 INTRODUÇÃO

No mundo contemporâneo, as inovações tecnológicas promovidas pelo advento da tecnologia da informação geraram, sobretudo, novas formas de idealizar tarefas. Atualmente, através de aplicações digitais é possível realizar operações bancárias, solicitar motoristas, além de conectar grupos de pessoas através de seus interesses. Dentre essas novidades destaca-se a expansão do uso da Internet das Coisas - *IoT* que propiciou a conexão de ambientes físicos à internet, construindo uma ponte de integração e interação entre o mundo físico e o digital (ZANELLA et al., 2014).

Segundo o economista do setor de tecnologias da informação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), (Eduardo Kaplan, 2019), a *IoT* pode ser entendida como uma “convergência” de tecnologias já existentes, assimiladas a coisas que já são feitas, só que agora de modo conectado e mais prático. A *IoT* traz mudanças no modo atual em que as coisas se conectam e conseqüentemente, isso traz maior carga de processamento de dados e uso do serviço de internet, que está em constante evolução, porém quanto mais a *IoT* for popularizada, maior será também o barateamento e refinamento de sensores que permitem coleta de dados em diversos ambientes e com diferentes atuadores, quando todas essas coisas forem associada a alguma solução prática, permitindo aumento de eficiência, redução de intervenção humana, então, novas soluções e produtos ou novos modelos de negócios estarão disponíveis no mercado.

Na mesma linha, o executivo de Watson da IBM América Latina, Carlos Tunes, lembra que a conectividade em diversas atividades já ocorre há vários anos, como é o caso de processos de automação, mas a diferença da *IoT* seria a quantidade de dispositivos e as transformações que esse tipo de recurso pode gerar em diversas áreas e ambientes, trazendo o salto qualitativo e quantitativo mencionado por Eduardo Kaplan.

Para coordenador de projetos de cidades inteligentes do Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL, (Fred Trindade, 2019), é necessário que haja conexão entre coisas e essas se comuniquem, e ainda, estejam conectadas à internet para ser caracterizada a Internet das Coisas, quando há soluções integradas numa rede, onde existem informações delas e podem ser utilizadas por outras, aí está a *IoT*.

Com o intuito de aplicar os conceitos da *IoT*, vale destacar que a Escola Superior da Magistratura Tocantinense – ESMAT – é uma escola de governo fundada em 2003 que atualmente realiza cursos, eventos e pós-graduações. Sua estrutura física é composta por seis salas de aula, dois laboratórios de informática e um auditório. Para a realização de atividades

acadêmicas é necessário que servidores (colaboradores) preparem cada sala de aula. Para este preparo, é preciso que sejam ligadas as luzes, computadores, condicionadores de ar, projetores multimídia, equipamentos de som, e previamente à entrada dos alunos, eles registrem suas frequências através de listas de assiduidade ou leitores de códigos de barras que identificam os discentes no sistema acadêmico.

Considerando a necessidade de economicidade dos recursos públicos e o orçamento restrito existente em órgãos governamentais, este trabalho abordará uma solução utilizando a tecnologia *IoT* e seus recursos viabilizando a mudança da maneira de como as tarefas são executadas, impactando de maneira positiva o desenvolvimento das atividades agendadas para as salas de aula, utilizando como exemplo o funcionamento padrão na escola citada com a aplicação deste projeto. Esta tarefa será realizada através de pesquisas sobre o funcionamento de tecnologias digitais como base na *IoT*, onde o foco está em soluções que conectem o mundo físico ao digital possibilitando a redução do uso de recursos humanos e materiais impressos nos processos administrativos da Esmat, como a extinção do uso de impressões de calendários, necessidade de colaboradores para ligar e desligar os equipamentos de sala em sala sempre que houver uma atividade programada, evitando ao máximo o desperdício, gerando economia de gastos com consumo de energia elétrica, eliminando a burocracia inicial para se iniciar a atividade e ainda, o tempo gasto destes servidores para acionar todos os determinados equipamentos da estrutura da sala, resultando em mais disponibilidade para realização de outras demandas produzindo sempre soluções que busquem a melhoria dos processos que ocorrem na instituição.

Para que a concepção deste projeto seja viável, a pesquisa consiste em utilizar equipamentos de baixo custo, não comprometa o funcionamento padrão da sala de aula e nem significativamente o orçamento anual desta instituição. Para isso, pretende-se utilizar microcontroladores que juntamente com dispositivos de acionamento e sensores, serão a chave para conciliar eficiência e desempenho ao baixo custo, que executem as demandas através dos conceitos compreendidos na *IoT*, gerando a comunicação entre equipamentos que compõe a sala de aula, o microcontrolador e o sistema de gerenciamento acadêmico já utilizado e mantido pela instituição.

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta o estudo e modelagem de tecnologias disponíveis na *IoT* possibilitando a implementação do protótipo que colabore com um ambiente de ensino eficiente, visando objetivos concretos de melhorias no desempenho da utilização de seus recursos.

1.1 Problematização

1.1.1 Hipótese

Com a consolidação da Escola Superior da Magistratura Tocantinense (ESMAT) no cenário acadêmico da formação e aperfeiçoamento de servidores e magistrados do Poder Judiciário do Tocantins e de órgãos parceiros, esta instituição vem se destacando no cenário nacional e internacional por meio de parcerias com renomadas instituições de ensino, como a Universidade Federal do Tocantins, Universidade de Lisboa, Universidade de Coimbra; conta também, com sistema de gestão da qualidade certificado pela NBR ISO 9001/2015, e é reconhecida pela excelência de ensino e inovação tecnológica. Nos últimos anos houve crescente demanda de cursos e capacitações, o que requereu mais disponibilidade de seu espaço acadêmico, como também de servidores para acompanhamento e suporte das atividades desenvolvidas presencial e no modelo de educação à distância.

Levando-se em consideração que: i) o horário de expediente na instituição se limita ao do comercial, ou seja, das 8h às 12h e das 14h às 18h, de segunda-feira à sexta-feira, cumprindo uma carga horária semanal de 40 horas; ii) por se tratar de uma instituição pública com número limitado de servidores para atender às demandas de cunho técnico e especializado; iii) pelo fato de várias atividades necessitarem se estender além do horário e de dias de funcionamento do serviço público desta instituição constante no Regimento Interno do Poder Judiciário tocantinense. Este projeto de pesquisa visa responder à seguinte lide:

Como a Tecnologia Internet das Coisas – *IoT* – pode apoiar a criação de ambientes de sala de aula inteligentes na ESMAT que possibilite aumentar o desempenho de seus recursos visando disponibilidade, eficiência e economicidade?

1.1.2 Delimitação de Escopo

O projeto proposto utiliza a tecnologia denominada de Internet das Coisas – *IoT* (*internet of things*) que busca a interação entre objetos e objetos e seres humanos por meio de dispositivos eletrônicos visando a automação dos equipamentos que compõe uma sala de aula da Escola Superior da Magistratura Tocantinense, especificamente: aparelhos condicionadores de ar, projetor multimídia, lâmpadas, equipamento de áudio e computador.

1.1.3 Justificativa

Como tema motivador para a proposição desse projeto de pesquisa, a tecnologia Internet das Coisas ou Internet de todas as coisas do Inglês *IoT – Internet of Things*, surgiu como uma possível resposta a crescente demanda de uma instituição de notória evolução e qualificação acadêmica que cresceu em tamanho e em demanda. Contudo, a equipe de colaboradores que foram diretamente responsáveis por tal crescimento, cresceu em competência e comprometimento com os objetivos marcados em sua missão institucional, porém em números não conseguem acompanhar esse salto de crescimento sem que se note o labor de suas demandas e onere bastante o tempo em serviço durante o expediente e em muitos casos horas excedentes após o horário regular. No eixo dessa temática a motivação encontra suporte para uma proposta de projeto e apresentação de um protótipo que possa auxiliar na automatização dessas demandas de ligar e desligar equipamentos de salas de aulas por meio de agendamento estabelecidos no ato do cadastramento das atividades a serem realizadas nas salas relacionadas. Assim sendo, esta pesquisa se apoiará em:

- a) Seguir a proposta de um serviço público de eficiência, trazendo economia e agilidade;
- b) Estudo aprofundado da tecnologia IoT, microcontroladores, periféricos e linguagem de programação;
- c) Produzir um protótipo com tecnologia embarcada, aplicando os conceitos de *IoT*;
- d) Desenvolver um módulo para a aplicação que integre o sistema de gerenciamento acadêmico SAV (Secretaria Acadêmica Virtual) ao gerenciamento dos agendamentos das salas de aula acessível pela rede mundial de computadores, a internet.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma solução baseada na tecnologia *IoT* capaz de criar um ambiente de gerenciamento inteligente para as salas de aula da Escola Superior da Magistratura Tocantinense.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Projetar um protótipo utilizando a tecnologia embarcada e baseada na *IoT* e seus dispositivos, levando em consideração o custo e disponibilidade no mercado nacional;
- b) Implementar uma aplicação capaz de gerenciar o acionamento e desligamento dos equipamentos que compõe uma sala de aula da Esmat, através da *IoT*;
- c) Implantar o protótipo e validar o projeto em uma sala de aula da Esmat.

1.3 Metodologia

Quanto à abordagem, a pesquisa usa uma contextualização qualitativa, visto que a aplicação da tecnologia *IoT* na Esmat, visa aumentar a disponibilidade dos horários de utilização da sala de aula sem que os servidores lotados na instituição precisem estar presentes, além de conservar os equipamentos eletrônicos para que eles possam ser desligados automaticamente quando não estiverem sendo utilizados. O agendamento da sala de aula visa também a diminuição do trabalho dos servidores, pois o acionamento e desligamento será feito pelo microcontrolador por meio da tecnologia *IoT*, tornando o labor humano menos oneroso, promovendo aos servidores mais tempo para desenvolver outras atividades.

Neste sentido, a abordagem não compara em números os registros se houve economia no consumo de energia elétrica, mas que esta será notada com o passar do tempo após a implantação, como também o aumento da vida útil e diminuição dos gastos em manutenção e substituição de equipamentos, esses, serão percebidos pela frequência diminuta com que serão realizadas e principalmente a diminuição de tempo de trabalho que outrora era necessário para executar esses procedimentos, podendo ser aproveitado para execução de outras demandas de cunho mais relevante constatando assim melhor aproveitamento do servidor, além de tornar viável através do agendamento eletrônico, a utilização da sala de aula em horários ainda não contemplados pelo funcionalismo da instituição.

Para viabilizar este trabalho, foi feita uma reunião entre supervisão tecnológica com a diretoria da instituição para a apresentação da ideia, a qual sinalizou positivamente autorizando o prosseguimento do projeto piloto que se encontra instalado na sala de aula 6.

Quanto à natureza, a pesquisa é classificada como pesquisa aplicada, onde o protótipo desenvolvido utiliza de dispositivos com tecnologia *IoT* e linguagem de programação compatível com as utilizadas em grande parte dos microcontroladores que passaram por procedimentos de validação e em seguida implantado na sala de aula previamente definida,

finalmente o protótipo será avaliado e confirmado se atende os objetivos propostos por este projeto.

Quanto ao seu objeto, essa pesquisa pode ser classificada como pesquisa exploratória, pela necessidade de fundamentação bibliográfica para conceber o projeto. Estando o proponente a implantar o protótipo em local onde atua, isso faz com que a percepção se torne explícita a oportunidade de colaborar com a lide utilizando a temática.

Quanto aos procedimentos, a pesquisa é classificada como pesquisa bibliográfica, considerando que está fundamentada pela abordagem de outros pesquisadores de diferentes áreas de atuação por se tratar de um programa interdisciplinar. Esses fundamentos bibliográficos são úteis quanto à validação dos procedimentos seguintes na construção do objeto, bem como dar suporte de cunho técnico no método de execução e programação do dispositivo. Caracterizando-se como pesquisa-ação, aonde o pesquisador irá também produzir um produto.

O estudo, produção do protótipo e escrita da dissertação ocorreram até meados da data de defesa desse projeto. Foi priorizada a pesquisa técnica para conceber os requisitos necessários para o desenvolvimento do protótipo, já acrescentado como conhecimento norteador da pesquisa, as aulas e oficinas realizadas pela matéria de Internet das coisas, que compõe a grade curricular do Mestrado em Modelagem Computacional de Sistemas da Universidade Federal do Tocantins, como também artigos da base de dados IEEE, comunidades sobre o assunto, dentre outros. Dando sequência a construção textual da dissertação, na qual está contextualizada com resultados das pesquisas realizadas durante todo o processo de montagem e programação do protótipo, tendo documentados todos os passos da aplicação do projeto proposto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para acompanhar a trajetória, as técnicas na sua essência e a tecnologia vem se aperfeiçoando, se adequando e se alternando constantemente (HEIDEGGER, 2007) de modo a possibilitar o atendimento às novas exigências, às novas ferramentas e formas de relações entre pessoas e coisas com as atuais estruturas comunicacionais e utensílios. Baseado nessa proposição assertiva de Heidegger, a *IoT* se fundamenta e vem se consolidando como instrumento poderoso de interação entre objetos e pessoas.

A tecnologia *IoT* aumenta a eficiência no processo de ensino-aprendizagem, quer seja automatizando tarefas cotidianas de uma sala de aula, quer seja em uma experiência de aprendizado mais personalizada, ou, como um integrador de dados obtidos por sensores para tomada de decisões, capturando informações de contexto, cruzando dados escolares do aluno com situações cotidianas sugerindo conteúdos ou alguma ação específica para o usuário. O aumento da eficiência operacional em qualquer ambiente educacional poderia ser feito através de uma rede de objetos físicos conectados na sala de aula, possibilitando que professores tenham o controle desses objetos e que possam realizar intervenções quando necessário, tornando assim uma aula mais dinâmica (BRANCO et al., 2017).

Em 2017 foi estimado pela empresa Gartner Inc, que ainda no ano 2020 cerca de 20,4 bilhões de coisas estarão conectadas na Internet, levando em consideração o crescimento de 31% entre o ano de 2016 e 2017. Já em 2019 essa estimativa foi atualizada para 26 bilhões ainda em 2020. A empresa prevê que o mercado corporativo da *IoT* cresça para 5,8 bilhões de dispositivos apenas para o ano de 2020, um aumento de 21% em relação a 2019, indo mais afundo, a empresa *Statista Research Department*, projeta que a base total instalada de dispositivos conectados à Internet das Coisas deverá atingir 75,44 bilhões em todo o mundo até 2025. A Internet das Coisas, possibilitada pela já onipresente tecnologia da Internet, é o próximo passo importante no cumprimento da promessa de tornar o mundo um lugar mais conectado.

De acordo com o Relatório Anual de Internet da empresa Cisco, a internet 5G oferecerá suporte a mais de 10% das conexões móveis do mundo em 2023. A velocidade média do 5G será de 575 megabits por segundo, 13 vezes mais rápida do que a conexão móvel atual. Com recursos de desempenho avançados, o 5G fornecerá infraestruturas móveis mais dinâmicas para Inteligência Artificial e aplicativos *IoT* emergentes, incluindo carros autônomos, cidades inteligentes, saúde conectada, e muito mais (Y. A. Mtawa et al., 2019).

Estima-se que cada ser humano esteja cercado por 1.000 a 5.000 objetos, em média, potencialmente conectáveis. A tecnologia está tão em alta, que em 2019 o Governo Brasileiro anunciou um Plano Nacional de Internet das Coisas, que trouxe uma série de objetivos para o fomento da *IoT* no país. O objetivo do governo foi e ainda é aumentar a produtividade e competitividade de empresas brasileiras incentivando a popularização do uso dessa tecnologia, fato que desperta também a atenção dos fabricantes de dispositivos compatíveis com a *IoT* que está em constante inovação, produzindo dispositivos inteligentes para disponibilizar no mercado.

2.1 Princípio da Eficiência no Serviço Público

O princípio da eficiência no serviço público está pautado na Constituição Federal, mais expressamente no caput do artigo 37, porém não basta que a atividade seja eficiente, é importante que o servidor também desempenhe sua função com eficiência, buscando economicidade e racionalidade. Visando este princípio norteador da administração pública, a interação entre a tecnologia *IoT* e os equipamentos de sala de aula, será capaz de tornar mais ágil os procedimentos para realização de atividades como ligar as luzes e equipamentos em horários programados e sobretudo reduzir o consumo de energia preservando a vida útil através do ligamento e desligamento preestabelecidos destes equipamentos.

2.2 Tecnologia IoT

O termo *Internet of Things* foi cunhado originalmente em 1999, pelo professor Kevin Ashton do MIT - *Massachusetts Institute of Technology*, ao descrever um sistema no qual objetos do mundo físico pudessem ser conectados à Internet através de sensores.

A Internet das coisas é um sistema de dispositivos de computação inter-relacionados e máquinas mecânicas e digitais fornecidas com identificadores exclusivos (UIDs) e a capacidade de transferir dados por uma rede sem a necessidade direta de interação humano-humano ou humano-computador. Muitos tipos de sensores são usados na *IoT* para várias aplicações, como medição de temperatura, umidade, pressão, aceleração, proximidade, etc. No entanto, uma nova geração de sensores alternativos está sendo desenvolvida, os quais podem ser conectados à *IoT* para que sejam usados na criação de ambientes eficientes. Essa nova geração de sensores aliada à inteligência artificial reúne mais dados e informações

precisas para serem utilizadas em sistemas *IoT* que os tornarão mais poderosos, trazendo benefícios para a humanidade (CHUMA, 2020).

A tecnologia *IoT*, vem sendo cada vez mais difundida em dispositivos que utilizados diariamente, a exemplo: celulares *smartphones*, automóveis, relógios, equipamentos residenciais, carros e etc. O tema Internet das coisas está diretamente ligado com um dos fatores que evidencia a instituição, que é reconhecida por possuir um alto nível de recursos e inovações tecnológicas diante de todas as Escolas de Magistraturas.

Para viabilizar a implantação da tecnologia *IoT* na ESMAT, serão utilizados microcontroladores, os quais embarcam em um único circuito integrado, processador, periféricos e memória computacional. Os microcontroladores têm baixo custo e geralmente alta disponibilidade no mercado nacional, possibilitando o desenvolvimento de um protótipo com baixo valor financeiro em sua produção, mas com notável potencial para executar as tarefas, visando gerar economia significativa no consumo de energia elétrica, diminuição de demandas repetitivas, manutenção em equipamentos, custos de aquisição de peças, substituição e reparos.

No caso da ESMAT, a tecnologia *IoT*, será empregada no sistema de gestão acadêmica SAV- Secretaria Acadêmica Virtual e em equipamentos de sala de aula, como por exemplo, fazendo com que um aparelho de ar condicionado se comunique com o microcontrolador através de um dispositivo de infravermelho ou as luzes se acendam através de comandos do microcontrolador via placa de relé ligada junto ao interruptor de energia elétrica, fazendo assim, que “coisas” se comuniquem, e ainda, que coisas se comuniquem com sistemas de software que determinam as decisões a serem tomadas, acionando as atividades ou até mesmo ligando computadores e aparelhos de apresentação multimídia de acordo com o agendado.

Ao utilizar a tecnologia *IoT* para o gerenciamento inteligente, a Esmat poderá contar com maior aproveitamento de seus colaboradores, aumentar a vida útil de equipamentos, evitando que eles permaneçam ligados sem uso e com isso evitar o desperdício de energia elétrica além de integrar mais essa inovação às mais diversas tecnologias já utilizadas, contribuindo ao avanço tecnológico institucional.

2.3 Linguagem Binária e os Microcontroladores

Já faz parte do conhecimento popular que computadores, calculadoras, telefones celulares, microcontroladores e tudo o que é digital, trabalham em base binária. Entretanto o que poucos entendem de fato o que é a base binária e como ela funciona.

Segundo FOLTRAN, 2015, a base binária em dispositivos digitais tem-se que, qualquer dado é armazenado na forma de zeros e uns, que são os bits. Uma imagem, um som ou um texto, são convertidos em números e armazenados na forma de bits. Para facilitar a operação, os bits são organizados em grupos de oito, formado bytes. O número binário 10010010 é um byte. Os bits são numerados de 0 a 7 da direita para a esquerda, sendo o mais a esquerda chamado de mais significativo e o à direita de menos significativo. Para converter um byte em um número decimal, basta multiplicar cada bit pela potência de 2 correspondente a sua posição e somar os valores.

Com um byte é possível escrever qualquer número entre 0 e 255, sendo zero escrito como 00000000 e 255 como 11111111. É fácil perceber que a conversão da base binária para a decimal requer algum esforço, mas não é algo que traga grandes problemas. Por isso, quando computadores são programados para fazer cálculos que exigem grande precisão, são usados 32, 64 ou até 128 bits para representar cada número.

As calculadoras de bolso, microcontroladores e microcomputadores utilizam este mecanismo para interpretar cada comando. No caso do microcontrolador, por meio de seu núcleo, realiza os cálculos na unidade lógica e aritmética. Utilizando portas de entradas e saídas, ele interpreta e envia sinais através de pulsos e eletricidade, quando configurado, ele envia sinal com comandos simples como *high* para enviar e *low* para interromper, interpretando também *high* para o dígito 0 e *low* para cada dígito 1.

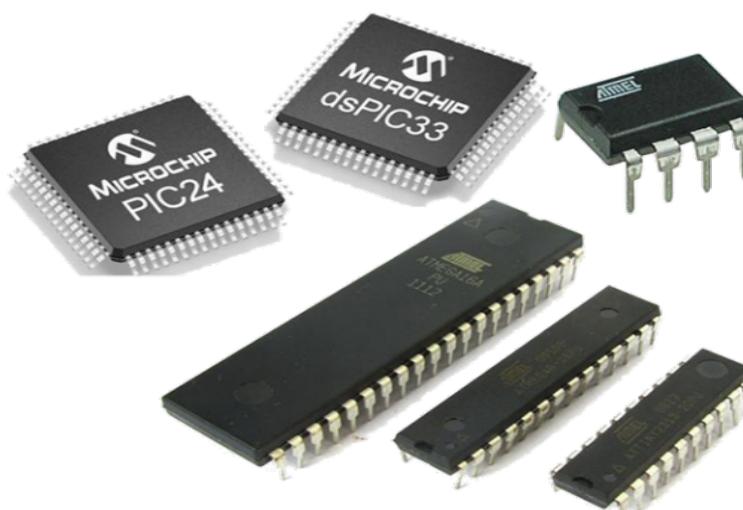
2.4 Plataformas de Prototipagens e Microcontroladores

Muitas vezes associadas erroneamente como microcontroladores, as plataformas de prototipagem são montagens de diferentes configurações em uma placa que agrega várias funcionalidades, estas placas possuem algum tipo de conectividade com a internet seja através de rede sem fio (*bluetooth* e *wifi*) ou cabeada por rede ethernet padrão rj45, *plug* com entrada para alimentação elétrica, entradas e saídas digitais e analógicas, em síntese, um pequeno computador capaz de realizar funções a altura de desktops disponíveis a venda no mercado. Essas placas vêm acompanhadas de microcontroladores específicos para cada modelo e por isso são associadas de maneira equivocada como se fosse apenas o microcontrolador.

Feito a partir do silício o microcontrolador é circuito integrado composto por um processador, memória e periféricos, principalmente de entradas e saídas que podem ser programados, ou seja, um computador em um chip SOC - *System On Chip*. Os microcontroladores também utilizam a base binária, sendo que os circuitos elétricos enviam pulsos para que as solicitações sejam interpretadas (FOLTRAN, 2015).

Segundo (MATHEUS, 2018), os microcontroladores são programados através das suas respectivas linguagens de montagem. Uma linguagem de baixo nível que se aproxima da linguagem de máquina, contendo poucas instruções onde a sintaxe de programação é limitada. Para contornar este viés, as plataformas buscam utilizar como base a sintaxe de programação chamada de *processing*, derivada do C que se aproxima do JAVA, tornando a programação mais madura no sentido de ser mais conhecida nesse universo, pois, tanto a linguagem de programação C quanto a JAVA são muito utilizadas no âmbito da computação, o que traz mais segurança e torna os códigos mais acessíveis a quem está iniciando e ainda fornece certa familiaridade com o que já é utilizado no habitual por programadores ou iniciantes. Na Figura 1 são apresentados alguns exemplos de microcontroladores.

Figura 1 – Alguns exemplos microcontroladores (Fonte: <http://www.vandertronic.com/index.php/microcontroladores/> adaptado pelo autor).



DragonBoard

A placa DragonBoard 410C foi desenvolvida pela empresa Arrow para popularizar o acesso ao processador SnapDragon, um processador pequeno e muito potente geralmente usado em *smartphones*, essa placa suporta a instalação dos sistemas operacionais Android 5.1 (Lollipop) com Linux Kernel 3.10, Linux baseado no Debian 8.0 ou Windows 10 *IoT Core*. A DragonBoard utiliza meios de conexão por sensores e acionadores que são chamados de *seeds*, e permite que ela se conecte a outros microcontroladores. O poder de desempenho que essa placa possui, justifica o custo mais elevado em relação às demais, tendo algumas delas apresentadas a seguir. Na Figura 2 pode ser observada a placa DragonBoard na versão 410C .

Figura 2 – Placa de desenvolvimento ou prototipagem DragonBoard 410C (Fonte: www.embarcados.com.br).



Placa de desenvolvimento μ Start

Criada por Marcos Ribeiro a μ Start pode ser facilmente utilizada para prototipagem rápida, pois além da facilidade de se conectar a uma matriz de contatos (*proto-board*), ela não necessita de gravador externo, já que o *bootloader* pré-gravado resolve essa questão, carregando o programa diretamente via interface USB. Na μ Start acompanha os microcontroladores da empresa Microchip, a pioneira no mercado, que à época, portava um *software* gratuito com programação em *assembly* e focava em lucrar, após alterou sua IDE para utilização da linguagem de programação baseada em C com *software* o “Lp lab X” que foi muito aceito pela comunidade, a compilação era gratuita, mas logo que se popularizou deu-se início a versões pagas disponibilizando bibliotecas pré programadas. Nos equipamentos encontrados no mercado de consumo atualmente, quase todos eles você encontra chips dessa empresa, especialmente no Brasil (EMBARCADOS, 2016). Na Figura 3 a imagem da placa de desenvolvimento da PIC μ Start.

Figura 3 – Placa de desenvolvimento ou prototipagem μ Start (Fonte: www.embarcados.com.br).



ADK Google

Este *Hardware* foi desenvolvido pela patente da Google, o nome ADK sem abreviação quer dizer: *Accessory Development Kit*, onde o principal objetivo é criar acessórios para complementar celulares com sistema operacionais Android, onde se pode ter acesso a mais diversas funcionalidades do sistema operacional móvel com uma plataforma de *hardware* exclusiva. Esse microcontrolador foi baseado na placa arduino e contém 64 pinos, um relógio e vem equipada com um microcontrolador da família Atmel. A Figura 4 ilustra a placa de desenvolvimento da Google a ADK.

Figura 4 – Placa de desenvolvimento ou prototipagem ADK da Google. (Fonte: www.maxdesign.com.br).

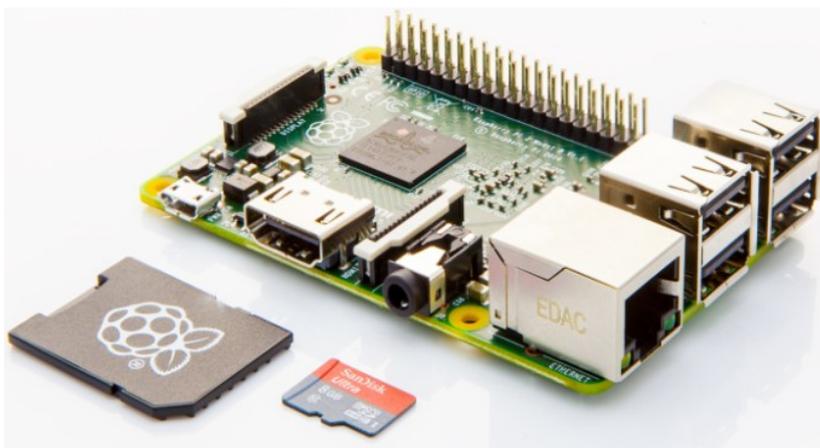


Raspberry Pi 3

O Raspberry Pi 3, produzido com foco para aplicações direcionadas à internet, é contemplado com o sistema operacional padrão Linux, porém, essa plataforma também é compatível com outros sistemas que podem ser instalados na memória *flash*. Possui quatro portas USB, uma rj45 para controlador de rede *ethernet*, saída áudio e vídeo, entrada para câmera, saída *full HD* para monitores, entrada de energia, entrada para *display touch screen*, equipada com um processador de quatro núcleos (*quad-core*), *bluetooth* e *wifi* além de entrada de micro SD, tem conectividade com outros microcontroladores via porta serial, contemplado com o microprocessador BCM2837B0 ARM Cortex-A53 com 64 bits e *clock* de 1.4GHz na versão da placa Raspberry Pi 3 A+. Fabricado pela Broadcom, é um controlador com muita potencia capaz de rodar aplicações com bom desempenho e ainda ser associado a outros dispositivos ou plataformas de prototipagens. Esta plataforma é muito conhecida no mercado

por muitas vezes serem utilizadas na montagem de *TV Box* que tornam uma televisão convencional em uma *Smart TV*, essa plataforma também é adaptada para embarcar mini videogames e computadores de baixo custo além de muitas outras aplicações que vendem bastante na internet. Na Figura 5 pode se observar a placa de prototipagem Raspberry na versão Pi 3.

Figura 5 – Placa de desenvolvimento ou prototipagem Raspberry Pi 3. (Fonte: www.filipeflop.com).



Arduino e o microcontrolador Atmega

O arduino foi desenvolvido por uma universidade italiana, com o objetivo de montar um microcontrolador que separasse o *hardware* do *software*, é programável por sua própria IDE – *Integrated Development Environment*, que conta com várias bibliotecas disponíveis e que visam adicionar funções à placa, esta plataforma é compatível com “*Shields*”, pequenos chips que se conectam a plataforma em formas de sensores e acionadores. A Atmel é a fabricante da família dos microcontroladores Atmega que está presente na placa, em sua concepção, buscou inovar com o *software* de desenvolvimento de melhor linguagem de programação baseada em C, porém limitou-se a certa quantidade do tamanho no código gratuito, em seguida, passou a cobrar um valor caso o programa excedesse o tamanho desta franquia, atualmente fabrica vários tipos de microcontroladores dentre eles o Atmega328 utilizado pelo arduino em diferentes versões. Em 2016 a Atmel foi vendida para empresa Microchip pelo valor 3,56 bilhões de dólares, porém os chips se mantiveram com as mesmas identificações, permanecendo com os mesmo nomes.

Diante das diversas plataformas de prototipagem pesquisadas, a plataforma contendo um microcontrolador que ofereceram suporte às funcionalidades a serem exploradas

inicialmente, foi o arduino UNO, apesar de não ser um equipamento robusto, possui uma comunidade bem ativa na internet, dispõe funcionalidades com código livre que foram utilizadas e adaptadas para este projeto. O dispositivo está à venda em várias lojas de eletrônica, robótica e uma infinidade de anúncios na rede com valores que giram em torno de R\$ 25,00 a R\$ 45,00 reais, se enquadrando em um dos requisitos desse projeto sendo acessível e de fácil manuseio, por isso, este microcontrolador foi o planejado para embarcar a tecnologia *IoT* na ESMAT, porém no processo de desenvolvimento do projeto notou-se que apesar do código ter sido embarcado com o tamanho suportado pelo arduino UNO, a IDE advertia eventuais instabilidades por está próximo ao limite da utilização da memória EEPROM – *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*, diante a esse fato e buscando evitar eventuais falhas, o projeto foi atualizado e com isso, foi adotado a placa arduino MEGA no qual o projeto está embarcado, esta por sua vez, deixou o projeto mais robusto e com melhor desempenho, suportando não apenas hospedar o programa, mas também permitiu que ele vá mais além, disponibilizando mais espaço em memória e portas de comunicação para acoplar sensores e *shields*. Para esse *upgrade* houve um acréscimo ao custo do projeto, que pela qualidade agregada ao protótipo, foi compensada, estando esse valor ainda dentro do parâmetro estabelecido nos objetivos do trabalho onde se pretende buscar o baixo custo.

2.5 Agendamento Inteligente

Vários estudos trazem o agendamento da sala de aula como um problema frequente nas instituições de ensino (Khandelwal 2018), mesmo contendo vários estudos é um assunto que ainda gera muito transtornos, em seu artigo Khandelwal frisa que o agendamento inteligente de salas de aula pode superar todos os problemas que estão sendo enfrentados por conta do agendamento manual e, assim, evitar confusões, fornecendo a todos os usuários, uma oportunidade democrática às instalações pela organização. Partindo desse princípio abordado também por Wang em 2013, ao projetar um modelo de *IoT* integrado à SAV, foi verificado que ela contempla os atributos correspondentes ao contido no estudo de Wang, então, para que o sistema funcione consonante ao cadastro das atividades e realizar esse agendamento eficiente, ajustes de pequena demanda foram necessários e implementados para atender a essa necessidade. Dessa maneira não só estará vinculado a *IoT* para o ambiente, como também, de forma sistêmica a sala de aula à atividade, tornando um projeto mais abrangente e que resulta em maior aproveitamento por parte da instituição que ainda utiliza métodos tradicionais de agendamento manual, sendo esse em planilhas de reserva de salas.

2.6 Secretaria Acadêmica Virtual - SAV

Lançada oficialmente em 2010 e desenvolvida de acordo com as necessidades da ESMAT, o Sistema Secretaria Acadêmica Virtual (SAV), acompanhou o crescimento e amadurecimento desta instituição. Suas versões e funcionalidades contribuem diretamente para a viabilização dos objetivos mensurados pelo conselho institucional e acadêmico desta instituição. O sistema SAV também conta com módulos de integração com a plataforma de *e-learning* o Moodle, tal integração permite que o sistema SAV desde sua versão 1.0, consiga vincular alunos inscritos nas atividades automaticamente e diretamente de um sistema ao outro (SAV e AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem), além de consultar notas dos alunos, mudança de perfil (aluno, desistente, evadido) e ainda verificar atividades dispostas nos cursos para aferir frequência de modo sistêmico personalizando pesos de atividades, utilizando-se de uma métrica para ao final do curso, classificar alunos como aprovados ou reprovados e lhes disponibilizar certificados para arquivamento. O sistema também conta com um validador de certificados, no qual o interessado pode acessar o endereço do validador, digitar o código que consta ao verso e ser exibido o texto que consta na certificação, caso seja válido, caso contrário o sistema recusa a validação. Atualmente em sua versão 2.0, conta com todas as funcionalidades da versão 1.0 com o implemento de novas técnicas de programação utilizadas para atender de forma mais dinâmica as demandas da instituição e busca facilitar o desenvolvimento de novas funcionalidades, como é o caso do módulo de *IoT* e agendamento eletrônico das salas de aula, recentemente integrados para atender esse projeto.

Desenvolvida em .Net, utiliza o padrão CQRS - *Command Query Responsibility Segregation*, onde os principais benefícios estão na simplicidade de construir um *design* limpo e implementar novas funcionalidades, além, de possibilitar a criação de uma base dados para escrita e outra apenas para leitura, resultando em menores cargas de trabalho dos servidores e entregando um desempenho superior. O modelo de Desenvolvimento Direcionado pelo Domínio, do inglês, *Domain Driven Design* (DDD), também foi utilizado para otimizar o processo de desenvolvimento em pedaços, para que possam ser trabalhados de modo independentes por equipes distintas e sejam capazes de se integrar para posteriormente compartilhar e alinhar os objetivos e resultados (OZUNLU, 2018). Na Figura 6 pode ser conferida a página inicial do gestor da SAV versão 1.0 e na Figura 7, o painel do gestor para a versão SAV 2.0 que teve seu lançamento no ano de 2020.

Figura 6 – SAV 1.0 lançada em 2010 (Fonte: acervo Institucional).



Figura 7 – SAV 2.0 lançada em 2020 (Fonte: acervo Institucional).

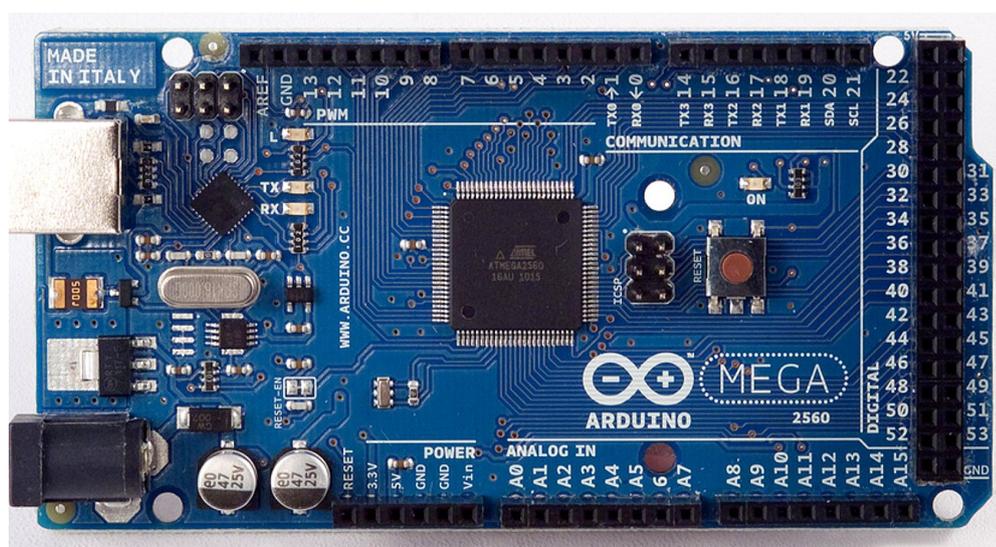
Nome	Término
BIBLIOTECA - RELATÓRIO DE SATISFAÇÃO - 2020	31/12/2020
BOAS PRÁTICAS DO JUDICIÁRIO NO COMBATE À VIOLÊNCIA DOMÉSTICA E FAMILIAR CONTRA A MULHER BASEADA NO GÊNERO	03/11/2020
CURSO BÁSICO DE FORMAÇÃO DE MEDIADOR JUDICIAL- TURMA GURUPI	18/12/2020
CURSO BÁSICO DE FORMAÇÃO DE MEDIADOR JUDICIAL-TURMA ARAGUAÍNA	18/12/2020
CURSO BÁSICO DE FORMAÇÃO DE MEDIADOR JUDICIAL-TURMA PALMAS	18/12/2020
CURSO HABILITAÇÃO PARA ADOÇÃO	27/10/2020
Curso Teoria e Prática na Elaboração de Projetos de Pesquisa - Turma III	26/10/2020
CURSO VIOLÊNCIA CONTRA CRIANÇAS E ADOLESCENTES	23/11/2020
DOUTORADO EM TEORIA DO ESTADO E DIREITO CONSTITUCIONAL	20/05/2024
FORMAÇÃO DE EXPOSITORES DA OFICINA DE PARENTALIDADE E DIVÓRCIO	18/12/2020
MESTRADO EM PRESTAÇÃO JURISDICIONAL E DIREITOS HUMANOS - TURMA VII - MARÇO/2019	13/05/2021
MESTRADO EM PRESTAÇÃO JURISDICIONAL E DIREITOS HUMANOS - TURMA VIII - NOVEMBRO DE 2019	23/09/2021
NOVOS ELEMENTOS DIDÁTICOS NO ENSINO A DISTÂNCIA	09/10/2020
RECUPERAÇÃO JUDICIAL	13/10/2020
SAÚDE SUPLEMENTAR - DESAFIOS E SOLUÇÕES - TURMA III	27/11/2020

2.7 Sistemas Embarcados e Arduino

A plataforma arduino foi a opção escolhida dentre as outras para embarcar esse protótipo, como já levantado anteriormente, o projeto inicial foi montado utilizando o arduino

na versão UNO e posteriormente atualizado para o arduino MEGA por ocasião de desempenho e qualidade, neste último, as especificações do projeto se mostraram mais adequadas ao embarcar a tecnologia *IoT*, o principal motivo foi que além de atender a proposta de baixo custo, a placa e os *shields* são fáceis de serem encontrados, o manuseio e a programação são bastante simplificados além de possuir uma comunidade bem ativa na internet e capacitou no auxílio do processo de desenvolvimento, no qual já possuía muitas funcionalidades disponíveis e utilizadas por meio de bibliotecas aplicadas e adaptadas ao projeto. Tanto o arduino UNO quanto o MEGA utilizam essas mesmas bibliotecas que podem ser instaladas por meio da IDE, necessitando de pequenos ajustes para compilação do programa e manobra de portas por conta de funções distintas entre uma e outra. A Figura 8 ilustra a imagem de uma plataforma de prototipagem arduino MEGA (ARDUINO, 2018).

Figura 8 – Arduino MEGA (Fonte: arduino.cc).



O Primeiro modelo desta plataforma de prototipagem foi criado em 2005 pelo professor Massimo Banzi na Itália (BANZI, 2012). Banzi queria ensinar para seus alunos conceitos de programação e de eletrônica, porém enfrentava um problema, não haviam placas de baixo custo no mercado, e portanto, isso dificultaria a aquisição do produto por todos os seus alunos. Com isso em mente, Banzi decidiu criar uma placa de baixo custo que fosse semelhante à estrutura de um microcomputador para que seus alunos tivessem a oportunidade de aprendizado. Sua placa, nomeada de arduino, foi um sucesso, recebendo uma menção honrosa na categoria Comunidades Digitais em 2006.

O projeto tinha objetivo de montar um microcomputador que separasse o *hardware* do *software* e que fosse programável pela camada de controle. Por se tratar de um projeto “*Open*

hardware” e “*Open Source*”, possui bibliotecas prontas com funções disponibilizadas pela comunidade que podem ser adicionadas e alteradas no microcontrolador com propósito de adicionar uma infinidade de funções à placa de prototipagem, também conhecida como plataforma de computação física ou embarcada, isto é, um dispositivo de hardware com sistema de software interagindo com o ambiente, através de “*Shields*” - placas *offboards* com diversos sensores que executam funções específicas e podem ser acoplados à placa principal ou conectados através de uma *protoboard*. O arduino é o mais conhecido nas comunidades da internet por ter um baixo custo e se destacar por ter um grau de dificuldade de utilização relativamente simples, possibilitando que até mesmo pessoas alheias à área da computação, eletroeletrônica e amadores criarem grandes trabalhos (MARSCZAOKOSKI et al., 2013).

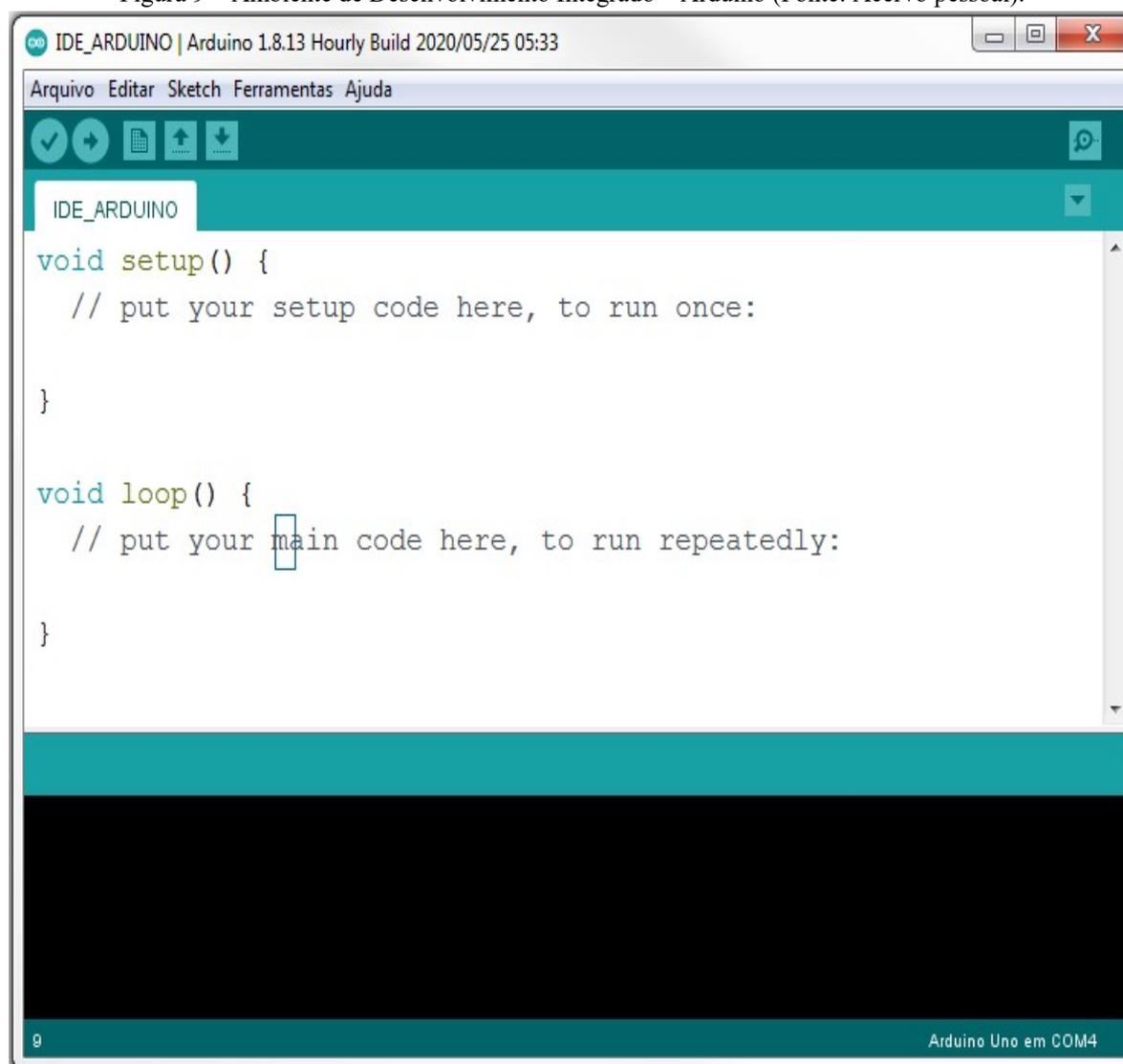
O arduino possui várias versões disponíveis no mercado, dentre elas as mais conhecidas e com maior disponibilidade de mercado (brasileiro), são elas: o arduino Nano, arduino Uno e o arduino Mega, tendo também outras variações. Todas elas vêm equipadas com microcontroladores fabricados pela Atmel, atualmente comprada pela empresa Microchip (desde 2016). O fator relevante que difere entre uma versão da outra é a quantidade de portas digitais e analógicas bem como poder de processamento e memórias aumentadas relativamente às proporções da placa. Na Tabela 1 pode-se observar as especificações das versões de arduino UNO e MEGA.

TABELA 1 – Comparativo arduino versões UNO e MEGA		
	Arduino UNO	Arduino MEGA
Microcontrolador	Atmega328	Atmega2560
Portas digitais	14	54
Portas Analógicas	6	16
Portas PWM	6	15
Portas Seriais	1	4
Memória Flash	32KB (0.5 bootloader)	264 (8Kb para bootloader)
Memoria SRAM	2KB	8KB
Memória EEPROM	1KB	4KB
Clock	16MHZ	16MHZ
Conexão	USB	USB
Tensão de operação	5V	5V
Tensão de alimentação	7V – 12V	7V - 12V

O arduino é um dispositivo formado principalmente por três componentes básicos: a placa arduino, que é o hardware utilizado para acoplar os dispositivos e *Shields*, o microcontrolador Atmega328p (para versão UNO) e Atmega2560 (para versão MEGA) e a IDE (*Integrated Development Environment*) - Ambiente de Desenvolvimento Integrado, que é uma aplicação executada através de um computador por onde é desenvolvido o código, chamado de *sketch*, que viabiliza hospedar o código de programação no microcontrolador da placa de prototipagem.

O arduino é um pequeno computador capaz de processar informações de dispositivos e componentes externos conectados a ele através das suas entradas e saídas analógicas e digitais (EVANS;NOBLE;HOCHENBAUM, 2013). A versão da IDE 1.8.13 está ilustrada na Figura 9 a seguir.

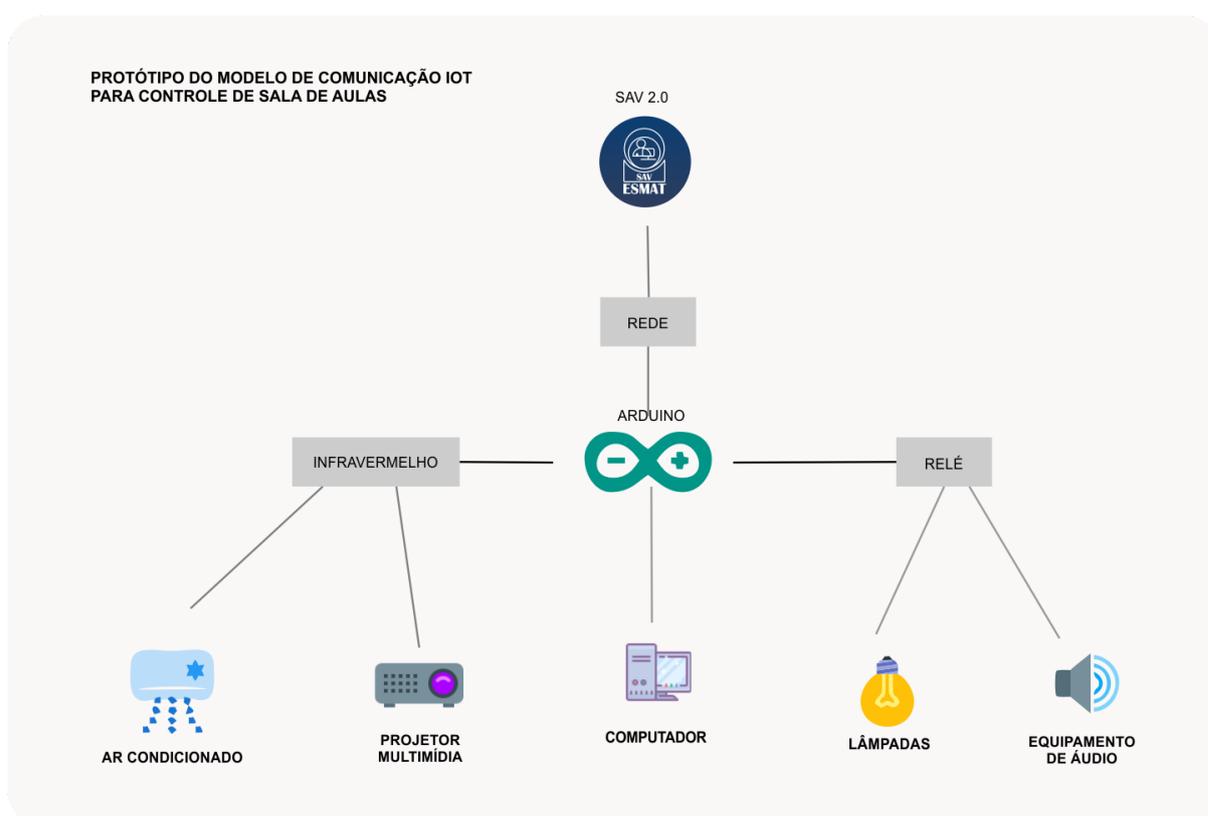
Figura 9 – Ambiente de Desenvolvimento Integrado – Arduino (Fonte: Acervo pessoal).



3 SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE SALAS DE AULA COM IOT

O passo fundamental para o êxito desse trabalho foi estabelecer um protocolo de comunicação entre “coisas”, pessoas e o sistema acadêmico, a SAV. Essas coisas são denominadas, nesse projeto, de equipamentos e dispositivos. Os equipamentos a serem tratados são os que compõem uma sala de aula: condicionadores de ar, projetor multimídia, equipamento de som, computadores e lâmpadas. As pessoas são os próprios usuários da instituição, dentre alunos e colaboradores. O protocolo pode ser conferido na Figura 10.

Figura 10 – Modelo de Comunicação entre SAV, microcontrolador e dispositivos de uma sala de aula (Fonte: Acervo Pessoal).



O ponto de partida do protótipo foi desenvolver um modelo de como as coisas iriam funcionar, para isso, inicialmente o sistema SAV foi contemplado com o módulo de *IOT* com funcionalidade para realizar o gerenciamento de sala de aula de maneira que o acesso à configuração e agendamento dos respectivos acionamentos programados no microcontrolador, sejam executados, fazendo a comunicação entre esses dois sistemas, viabilizando também o acesso dessas funcionalidades pela Internet. As atividades desenvolvidas na ESMAT são previamente cadastradas e registradas no calendário em forma de planilha, contendo a informação de local (sala), data e horários, seguindo o RQ – Registro Qualidade certificado

pela norma ISO 9001, que estabeleceu o PO – Procedimento Operacional para a execução de atividades na instituição, diante dessa informação o sistema SAV foi ajustado para receber essa alimentação do agendamento da atividade, não utilizando planilhas e sim um sistema informatizado capaz de auxiliar na tomada de decisão. Esse procedimento funciona primeiramente com o cadastro de dispositivos e salas, que após o cadastro, são vinculados e atribuídos às atividades e ambientes.

O funcionamento da aplicação desenvolvido na SAV, possui uma tela de cadastro dos dispositivos de *IoT* onde estarão cadastrados os microcontroladores que estarão presentes em cada sala de aula, nesse caso por tratar-se de um projeto piloto, consta somente o microcontrolador da sala de aula 6. Em seguida, o cadastro dos ambientes, que para esse projeto está delimitado às salas onde ocorrem as atividades acadêmicas, nesse registro contém o nome do ambiente e a capacidade, que será utilizada como parâmetro para o agendamento inteligente, do modo que no ato do vínculo entre a sala de aula e a atividade, sejam exibida apenas as salas nas quais ainda não possuem reservas, sugerindo preferencialmente as com capacidade compatível evitando sempre que atividades de públicos pequenos (para salas 5 e 6 com capacidade de até 25 pessoas) utilizem salas de maior capacidade (de 70 para as salas 1, 2, 3, 4 e auditório com capacidade 190 alunos), buscando atingir o conceito da eficiência e economia. Superada essas fases de cadastro, o sistema busca os períodos de frequência da atividade e em qual ambiente a atividade está vinculada, realizando um procedimento em segundo plano a cada 15 minutos, onde é feita a verificação que constata se há atividade programada para o dia e o período da atividade, havendo uma tomada decisão: caso seja entre as 6 e 9 horas ou depois das 13 e antes das 15 horas, executará a função “?_ligar” do microcontrolador da sala que terá os dispositivos acionados, caso o retorno da consulta desse período seja algum valor entre as 11 horas e antes das 13 horas ou e das 17 e antes que 19 horas, será executada a função “?_desligar” do microcontrolador vinculado a sala, que tem como objetivo o desligamento dos equipamentos. Tal procedimento utiliza uma biblioteca do .NET chamada de IHostedService através da classe ClassHostedService, que dá sequencia ao acionamento ou desligamento dos dispositivos que se comunicam através da tecnologia *IoT*. Especificamente no canto superior direito da tela inicial de gestores da SAV, foi adicionado o menu para os cadastros de ambientes e dispositivos *IoT*, a Figura 11 ilustra o ícone de menu.

Figura 11 – Menu desenvolvido para o módulo IoT (Fonte: Sistema SAV 2.0 - Acervo Pessoal)

The screenshot shows the SAV ESMAT dashboard. At the top, there is a navigation bar with the logo and menu items: Início, Atividades Acadêmicas, Alunos, Instrutores, Usuários, and Relatórios. The user's name, BRUNO, is displayed in the top right corner. Below the navigation bar, there is a "Painel de Controle" (Control Panel) section. On the left, there is a "Menu de Acesso Rápido" (Quick Access Menu) with icons for Alunos, Atividades, Enviar E-mail, Formulários de Inscrições, Instrutores, Meu Perfil, Relatórios, and Usuários. On the right, there is a section titled "Atividades em Andamento" (Ongoing Activities) which contains a table with the following data:

Nome	Término
DOUTORADO EM TEORIA DO ESTADO E DIREITO CONSTITUCIONAL	20/03/2024
MESTRADO EM PRESTAÇÃO JURISDICIONAL E DIREITOS HUMANOS - TURMA VII	13/03/2021
MESTRADO EM PRESTAÇÃO JURISDICIONAL E DIREITOS HUMANOS - TURMA VIII	23/09/2021
PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM CRIMINOLOGIA E CIÊNCIAS CRIMINAIS	05/06/2021

At the bottom of the dashboard, there is a footer that reads: "Sistema Secretária Acadêmica Virtual - Desenvolvido pela Supervisão Tecnológica da ESMAT".

Na Figura 12, pode ser observada na lista de dispositivos *IoT* já cadastrados, o microcontrolador contendo o *ip* e outros sensores.

Figura 12 – Exibição dos “Dispositivos IoT” cadastrados (Fonte: Sistema SAV 2.0 - Acervo Pessoal)

The screenshot shows the "Dispositivo IoT Registrados" (Registered IoT Devices) page. At the top right, there is a green button labeled "Cadastrar Novo Dispositivo IoT". Below this, there is a table with the following data:

Título	Identificador	Ip	Tipo	
BEACON_CLASS_01	C83A6A78-1D5E-4DF9-8A06-268AC743B386	Não definido	Beacon Sensor	Ver Dispositivo IoT
BEACON_CLASS_02	C83A6A78-1D5E-4DF9-8A06-268AC743B386	Não definido	Beacon Sensor	Ver Dispositivo IoT
MICROCONTROLADOR	Não definido	2012.2.100	Microcontrolador	Ver Dispositivo IoT

At the bottom of the page, there is a footer that reads: "Sistema Secretária Acadêmica Virtual - Desenvolvido pela Supervisão Tecnológica da ESMAT".

Dando prosseguimento, a Figura 13 ilustra a lista de ambientes cadastrados no sistema, especificamente, as salas onde ocorrem as atividades acadêmicas da ESMAT, para qual esse projeto é inicialmente proposto.

Figura 13 – Exibição dos Ambientes cadastrados (Fonte: Sistema SAV 2.0 - Acervo Pessoal)

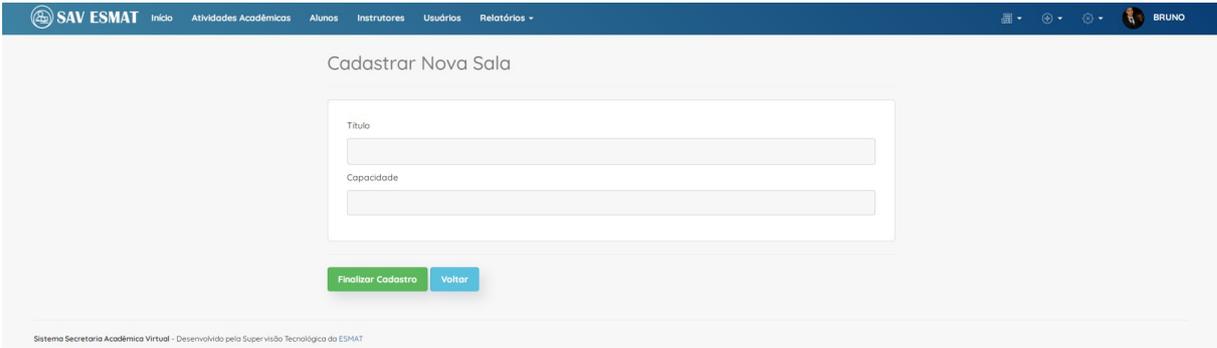
The screenshot shows the "Salas de Aula" (Classrooms) page. At the top right, there is a green button labeled "Cadastrar Nova Sala". Below this, there is a table with the following data:

Título	Capacidade	
SALA 01	70	Ver sala
SALA 02	70	Ver sala
SALA 03	70	Ver sala
SALA 04	70	Ver sala
SALA 05	25	Ver sala
SALA 06	25	Ver sala
AUDITORIO	190	Ver sala

At the bottom of the page, there is a footer that reads: "Sistema Secretária Acadêmica Virtual - Desenvolvido pela Supervisão Tecnológica da ESMAT".

Para que ainda possam ser incluídos mais ambientes acadêmicos, ou ainda, mudar a capacidade de cada sala, foi desenvolvido também uma tela de cadastro que permite adicionar ou editar os ambientes, tal tela de cadastro possui dois campos de edição de texto, um para o título e outro para capacidade da sala como exibido na Figura 14.

Figura 14 – Tela de cadastro de sala (Fonte: Sistema SAV 2.0 - Acervo Pessoal).



The screenshot shows a web interface for 'Cadastrar Nova Sala'. At the top, there is a navigation bar with the SAV ESMAT logo and menu items: Início, Atividades Acadêmicas, Alunos, Instrutores, Usuários, and Relatórios. The user's name 'BRUNO' is visible in the top right corner. The main content area has the title 'Cadastrar Nova Sala' and contains two text input fields: 'Título' and 'Capacidade'. Below the fields are two buttons: 'Finalizar Cadastro' (green) and 'Voltar' (blue). At the bottom, there is a footer: 'Sistema Secretária Acadêmica Virtual - Desenvolvido pela Supervisão Tecnológica da ESMAT'.

Assim como para as telas de cadastro de ambientes foi desenvolvido telas de cadastramento para outros dispositivos *IoT*, bem como a edição do cadastro para o caso de existir alterações das faixas de IPs, nessa tela possui três campos de texto: Título, IP, Identificador e áreas de alcance para atender também um modelo de frequências usando a tecnologia *IoT* com *Bluetooth Low Energy* e um menu em forma de lista para selecionar o tipo do dispositivo, como mostra a Figura 15.

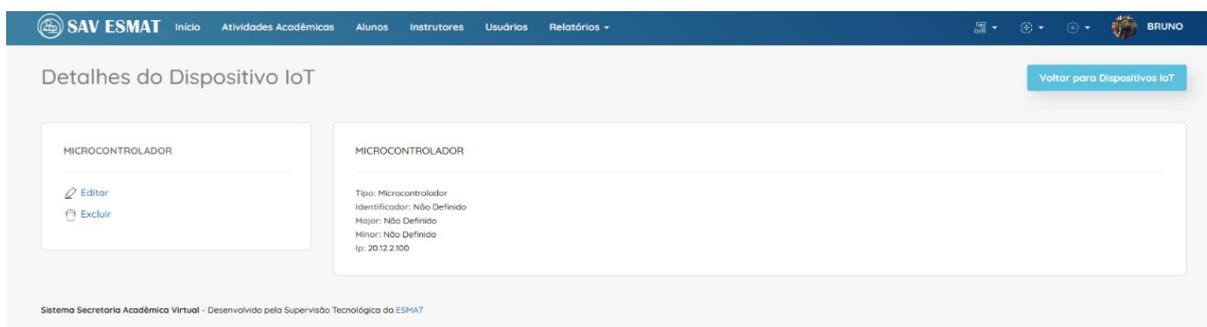
Figura 15 – Tela de Cadastro para novos “Dispositivos IoT” (Fonte: Sistema SAV 2.0 - Acervo Pessoal).



The screenshot shows a web interface for 'Cadastrar Dispositivo IoT'. At the top, there is a navigation bar with the SAV ESMAT logo and menu items: Início, Atividades Acadêmicas, Alunos, Instrutores, Usuários, and Relatórios. The user's name 'BRUNO' is visible in the top right corner. The main content area has the title 'Cadastrar Dispositivo IoT' and contains five input fields: 'Título', 'Identificador', 'Tipo' (a dropdown menu), 'Ip', 'Major', and 'Minor'. Below the fields are two buttons: 'Cadastrar Dispositivo IoT' (green) and 'Voltar' (blue). At the bottom, there is a footer: 'Sistema Secretária Acadêmica Virtual - Desenvolvido pela Supervisão Tecnológica da ESMAT'.

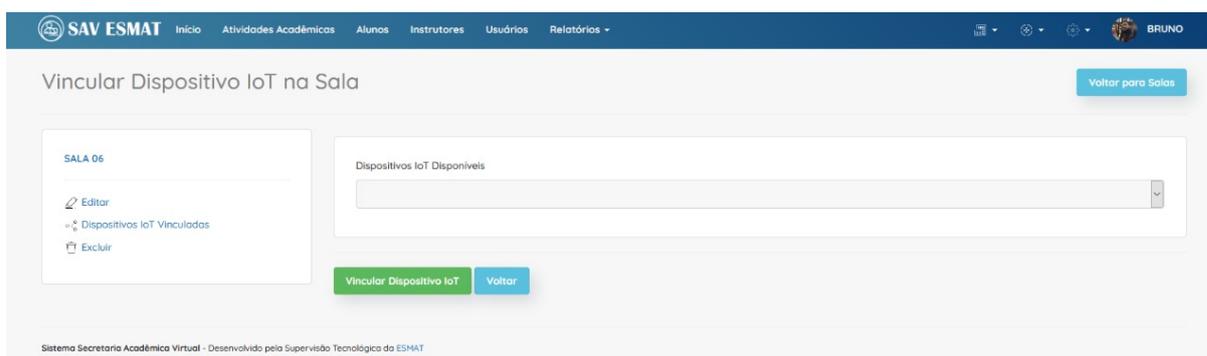
Após o cadastro, esses dispositivos são rotulados para facilitar a identificação e posteriormente serem assimilados aos ambientes, como o exposto na Figura 16.

Figura 16 – Detalhes do “Dispositivo IoT” (Fonte: SAV 2.0 – Acervo Pessoal).



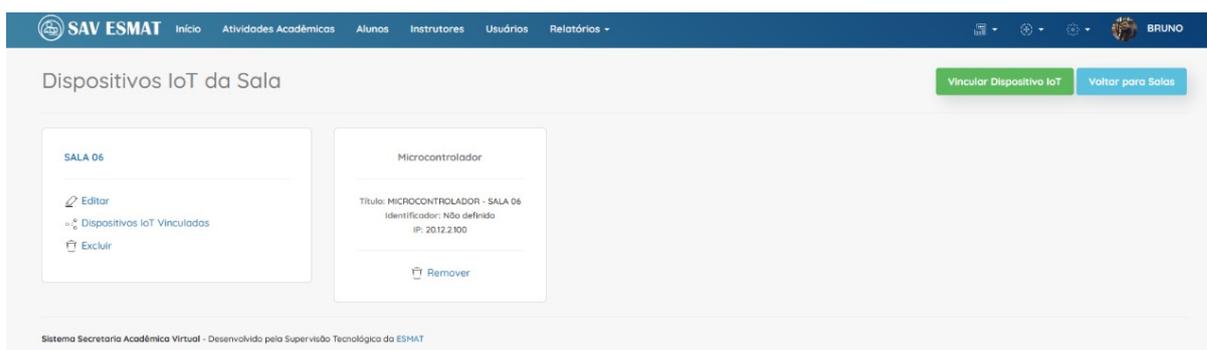
Depois dos cadastros, tanto do dispositivo *IoT*, quanto da sala ou ambiente, faz-se necessário vincular um ao outro na tela de vínculo, onde, estando no cadastro da sala, através de uma menu em forma de lista, são exibidos os dispositivos cadastrados, que podem ser relacionados a sala, essa tela esta disposta na Figura 17.

Figura 17 – Vinculação de dispositivos ao ambiente (Fonte: Sistema SAV 2.0 - Acervo Pessoal).



Na sequência, após os vínculos dos dispositivos todos eles são exibidos para o determinado ambiente vinculado, nesse caso, consta apenas o microcontrolador, mas poderiam ter outros como por exemplo, *RFIDs*, *beacons* e etc. como consta na Figura 18.

Figura 18 – Dispositivos Vinculados ao Ambiente (Fonte: Sistema SAV 2.0 – Acervo Pessoal).



Para relacionar o cadastro da atividade com o ambiente no qual acontece os cursos, foi adicionado um item em formato de lista *dropdown*, esse cadastro já existia, porém não disponibilizava o tal vínculo, como relatado anteriormente, nessa lista são exibidas apenas os ambientes que ainda não foram agendados e na ordem de capacidade de ocupação, no canto direito da tela de cadastro de atividades pode ser conferido na Figura 19.

Figura 19 – Tela de vínculo entre atividade ao Ambiente (Fonte: Sistema SAV 2.0 – Acervo Pessoal).

The screenshot shows the 'Teste Integração 2020' configuration page in the SAV ESMAT system. The main form contains the following fields:

- Nome:** CURSO MODELO - IOT
- Avaliação de Reação:** Presencial
- Modelo de Avaliação:** Avaliação de Reação para Ativid
- Tipo:** Curso
- Sub-tipo:** Curso Padrão
- Início:** 01/09/2020 08:00
- Término:** 20/09/2020 18:00
- Tipo de Avaliação:** Com avaliação
- Frequência:** Por Período
- Competência:** Gerencial
- Convênio:** EMERJ
- Portaria:** (empty)
- Sala:** SALA 06
- Modalidade:** Ead
- Integrado ao Ava:** Não
- Média do Ava:** Não
- Nº Vagas:** 20
- CH:** 20
- CH adicional:** (empty)
- Descrição:** (empty text area)

Buttons: Finalizar (green), Voltar (blue).

Ainda no cadastro das atividades, na função “Período das aulas”, são adicionados os períodos do curso, nessa tela, são adicionadas as horas de início e fim das aulas para cada dia em que ocorrer as atividades como demonstrado na Figura 20.

Figura 20 – Informação dos períodos de frequência da atividade (Fonte: Sistema SAV 2.0 - Acervo Pessoal).

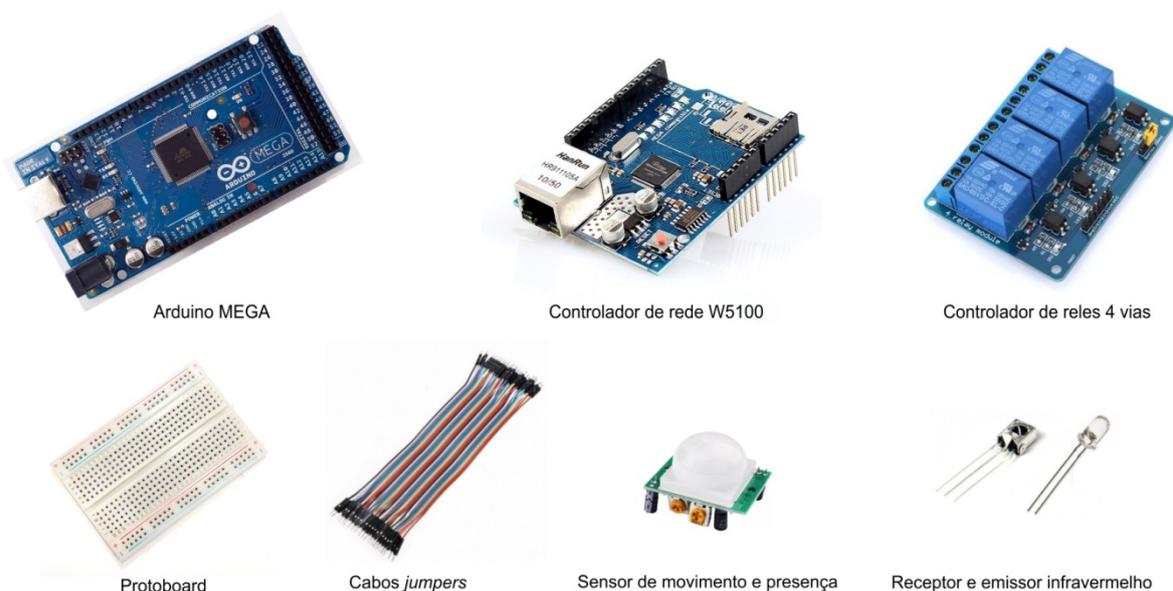
The screenshot shows the 'Período das Aulas da Atividade Acadêmica' page. The table below lists the class periods:

Dia	Horário	Opções
22/01/2019	08:00	✎ 🗑
22/01/2019	12:00	✎ 🗑
22/01/2019	14:00	✎ 🗑
22/01/2019	18:00	✎ 🗑
22/01/2019	19:00	✎ 🗑
22/01/2019	22:00	✎ 🗑
15/09/2020	17:20	✎ 🗑

Buttons: Voltar para Atividades Acadêmicas (top right), Adicionar aula (right sidebar).

Para mediar a comunicação entre o microcontrolador com os dispositivos da sala e o sistema SAV, foram acoplados à placa de prototipagem do arduino MEGA os seguintes componentes e *shields*: *protoboard*, controle de relê de 4 vias, 3 emissores infravermelho, placa de rede W5100, sensor de movimento e presença e por fim, para clonagem dos códigos um receptor de infravermelho, segue abaixo esses componentes ilustrados na Figura 21.

Figura 21 – Dispositivos adquiridos para montagem protótipo (Fonte: Acervo Pessoal).



As lâmpadas são controladas pelo arduino através da *shield* de relê em modo paralelo também conhecido como modelo *three way*, funcionando como um disjuntor que ao ser acionado por meio de uma das portas digitais do microcontrolador, permite que a corrente elétrica seja enviada acendendo as lâmpadas, nesse caso por se tratar de um relê de quatro vias, utiliza quatro portas digitais. Para esse protótipo as portas digitais utilizadas foram: 4, 5, 6 e 7. Assim acontece com o equipamento de áudio que também está conectado a tomada na qual é acionada por uma dessas quatro vias do relê, interligados diretamente a uma tomada para energizar o equipamento, e de lá, um cabo de áudio do tipo p2 plugado ao computador.

A comunicação com o equipamento *datashow* ou projetor multimídia é feita de outro modo, neste caso é utilizado um emissor infravermelho para cada dispositivo, que após um processo de captação dos códigos em formato de pulsos para os aparelhos condicionadores de ar e em formato hexadecimal para o projetor multimídia, capturados pelo receptor de infravermelho que deve ser ligado a uma porta no arduino e esse interprete tais sinais emitidos, após essa clonagem dos sinais, são utilizados para enviar o sinal, os emissores

infravermelhos acionados pela porta digital 3, para arduino UNO que precisou ser manobrada posteriormente para a porta digital 9 do arduino MEGA, essas referidas portas estão estabelecidas na biblioteca IRremote que utilizam portas com função PWM - *Pulse Width Modulation*, na qual o *timer* é vinculado. Esses emissores também precisam ser ligados em uma saída de cinco *volts*. Os pulsos são diferenciados pelo tempo que permanecem em estado alto e baixo, assim há a caracterização de sinais que através ta biblioteca IRremote, criada por Ken Shirriff, funcionando nos microcontroladores Atmega contemplados nas placas arduino, nela é possível realizar a captura e emissão de sinais emitidos por infravermelhos através dos pulsos (MATHEUS, 2018). Se posicionado de maneira estratégica, um único emissor infravermelho poderia ser utilizado para acionamento dos condicionadores de ar e o projetor multimídia, sendo que para o controle desses aparelhos, é necessário configurar as funções no controle, no caso do condicionador de ar, o acionamento com a temperatura predeterminada, controle de vazão de ar e movimento das paletas ou não, o que pode ficar a critério com o preestabelecido. Para o projetor multimídia a função desligar precisa que o código do botão ligar seja enviado duas vezes com um intervalo de dois segundos entre um e outro. Nesse protótipo, são utilizados três emissores infravermelhos direcionados a cada aparelho e ligados em modo *jumper* na *protoboard* e em apenas uma porta digital do arduino, que realiza o envio de sinal. Importante ressaltar que esses sinais precisam de um *delay* (intervalo) entre o envio de um sinal e outro para que o código possa ser interpretado corretamente pelos receptores desses equipamentos. É importante também, que os aparelhos condicionadores de ar estejam com a manutenção em dia e o termostato funcionando para o bom desempenho do acionamento e controle de temperatura. Na Figura 22, consta foto da instalação de um dos emissores infravermelhos de frente a um dos aparelhos condicionador de ar em sala de aula.

Figura 22 – Infravermelho direcionado ao aparelho condicionador de ar na sala 6 (Fonte: Acervo Pessoal).



Para o acionamento do microcomputador é utilizada a tecnologia *Wake on Lan*, disponíveis nas placas mães mais atuais. Para desligar é utilizado o controle de energia, no próprio sistema operacional com a função de hibernação e posterior desligamento por inatividade por um determinado intervalo de tempo. A tecnologia *Wake on Lan* possui uma biblioteca disponível para ser utilizada no arduino, trata-se da *Arduino Waker*, que através da *shield* de rede W5100 (controlador de rede), envia um pacote de dados chamado de *Magic Packet* em direção ao computador através do endereço *IP – Internet Protocol* ou *MAC*, que ao recebê-lo aciona a inicialização do sistema através da função da placa de rede do próprio computador ou pela BIOS quando se tratar de uma placa *onboard*. Esse procedimento pode ser conferido na Figura 23 para ativação na BIOS e em sequência na Figura 24 para configuração da hibernação do sistema operacional.

Figura 23 – Habilitando WOL na BIOS do computador da sala de aula. (Fonte: Acervo Pessoal).

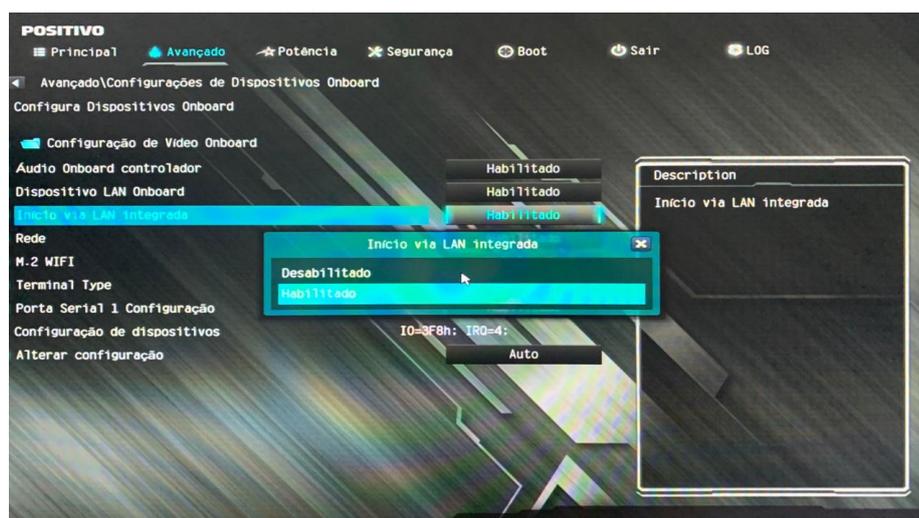
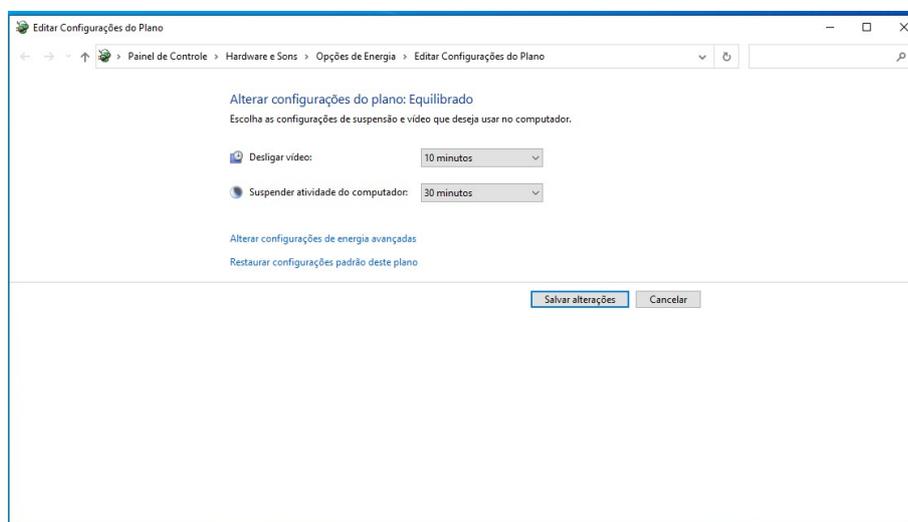


Figura 24 – Configuração da gestão de energia para desligamento automático. (Fonte: Acervo Pessoal).



O controlador de rede W5100 atribuído no protótipo foi fundamental para disponibilizar o sistema embarcado à internet, com ele, o sistema SAV consegue conciliar a comunicação de suas funções com as funções do microcontrolador. O arduino possui bibliotecas disponibilizadas em sua própria IDE que podem transformá-lo em um servidor, esse entrega serviços que podem ser consumidos por outro sistema (sistemas se comunicando com outros sistemas) através da biblioteca Ethernet. Ao atribuir o IP versão 4 e um endereço MAC, as funções programadas na placa de prototipagem são executadas através desse endereço, e ainda, conecta a placa de prototipagem à rede através de um cabo de rede convencional de par trançado com *plug* RJ45, esse procedimento, onde a SAV executa as funções através do IP, por sua vez, utiliza a biblioteca *EazyHttp* que através de um método *get*, executa as funções de acionamento ou desligamento. Essa *shield* utiliza quatro portas digitais do arduino (10, 11, 12 e 13) as quais enviam e recebem sinais, ela possui garras que são perfeitamente acopláveis ao arduino MEGA ou UNO, servindo também como extensores das portas digitais de 0 a 13, aparentando ser uma única placa. Para esse protótipo o IP atribuído para o projeto foi 20.12.2.100, e pode ser acessado tanto pela rede cabeada ou sem fio, sendo acionado de qualquer computador ou *smartphone* na instituição e pela internet de qualquer lugar do mundo pelo sistema SAV.

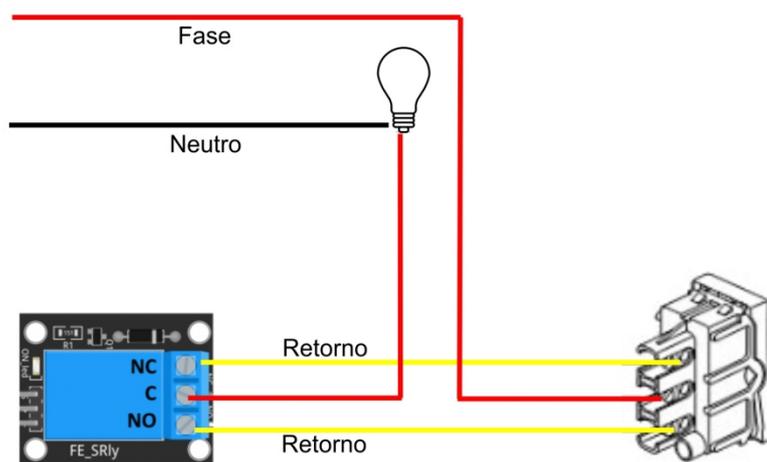
O sensor de movimento e presença que contempla o projeto também auxilia ao protótipo para o caso de alguma aula se estenda além do horário predefinido para atividade, adiando o desligamento dos equipamentos através de um *loop* de verificação que posterga essa ação. Por exemplo, caso seja detectada a presença de pessoas no ambiente o desligamento programado para as 18 horas e 15 minutos será cancelado e uma nova verificação será feita até que o ambiente esteja totalmente evacuado e ser desligado automaticamente de forma sistêmica. Esse sensor, denominado de sensor PIR, utiliza a ligação em GND, outra em 5 *volts* e uma porta digital, nesse protótipo a porta definida para a comunicação do sensor foi a porta digital 14 do arduino MEGA.

A alimentação do protótipo é feita por uma fonte de 5v interligando a energia elétrica de uma tomada 220v ao microcontrolador, através de um cabo USB.

Para que seja mantida a autonomia do professor na sala de aula, permanecem disponíveis os controles remotos dos equipamentos bem como à disposição todas as funcionalidades do computador, onde nada o impedirá de alterar a temperatura, desligar os equipamentos ou desligar as lâmpadas, viabilizado através do sistema *three way* (método de ligação elétrica com múltiplos interruptores) também conhecido como ligação em paralelo, que interliga os bicos de luzes aos interruptores de sala de aula e o controlador de relê do

microcontrolador, possibilitando que o professor possa interferir na iluminação da sala sem comprometer o funcionamento do sistema. Esse modelo de ligação pode ser conferido na Figura 25 que foi utilizada para realizar a instalação com a colaboração de um electricista.

Figura 25 – Modelo de ligação elétrica entre relê em interruptor paralelo – Three Way (Fonte: acervo pessoal).



Para a implantação do protótipo, foi estabelecida a sala de aula 6, por se tratar de uma sala menor dentre as demais da instituição, além de durante o período de testes ela possa comprometer da menor maneira possível a capacidade de realização de atividades da instituição cuja estrutura física pode ser conferida na Figura 26.

Figura 26 – Sala de aula 6 escolhida para implantação do protótipo (Fonte: Acervo Institucional).



A Figura 27 ilustra a visão inferior lateral do protótipo instalado na sala 6 para que fique exposto e possa ser observado o seu funcionamento através dos leds de processamento e posteriormente possa ser apresentado para apreciação da gestão da instituição, em seguida,

esse protótipo poderá ser instalado em outro local ou ocultado pela parte de dentro do forro, ou permanecer no lugar onde se encontra.

Figura 27 – Visão lateral do Protótipo instalado na Sala 6 (Fonte: Acervo Pessoal).



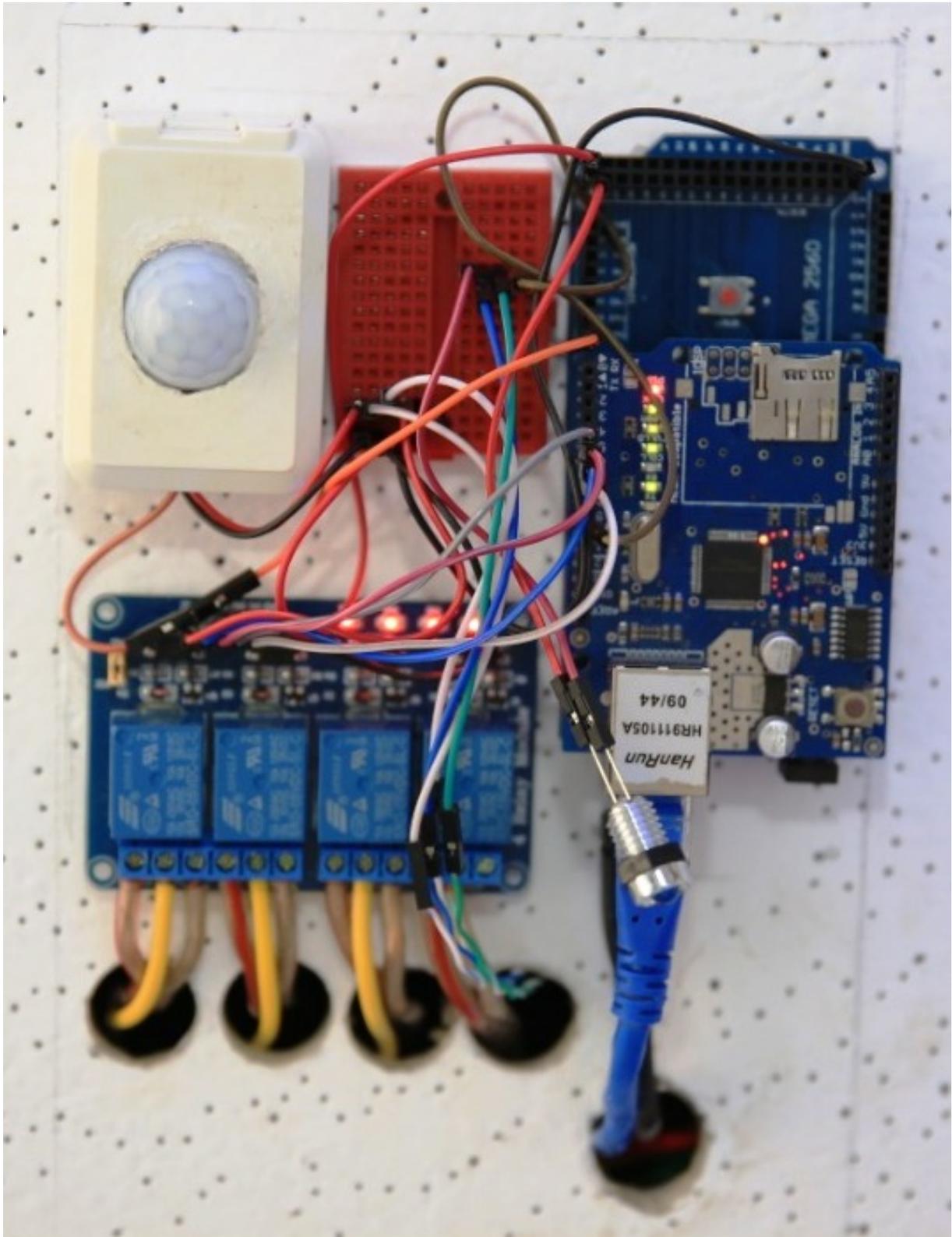
Na Figura 28, a visão inferior que contempla o protótipo em uma caixa de proteção acrílica medindo 13,5 centímetros largura, 20,5 centímetros de altura e 5 centímetros de profundidade, servindo para proteção de conectores e placas anexadas ao protótipo, essa caixa fica anexada a uma placa do forro de gesso e pode ser removida para ajustes e manobras.

Figura 28 – Visão inferior do Protótipo em caixa de proteção instalado na Sala 6 (Fonte: Acervo Pessoal).



Na Figura 29, a visão inferior que contempla o protótipo sem a caixa de proteção para melhor visualização dos componentes.

Figura 29 - Visão inferior do Protótipo sem caixa de proteção (Fonte: Acervo Pessoal)



Na Tabela 2 pode ser observado o valor de cada dispositivo adquirido para a montagem do protótipo instalado na sala de aula, cujo valor total chegou aos R\$ 192,00.

TABELA 2 – Valor gasto com o Protótipo	
Itens:	Valor:
Arduino MEGA:	R\$75,00
Protoboard:	R\$ 8,00
Shield de Relê 4 Vias:	R\$ 17,90
Shield de Rede W5100:	R\$ 35,00
Receptor Infravermelho:	R\$ 17,00
Emissor Infravermelho (3 unidades):	R\$ 9,00
Cabos Jumper M-M:	R\$ 7,50
Sensor de Presença e Movimento:	R\$ 17,60
Interruptor Three Way (3 unidades):	R\$ 5,00
Total:	R\$ 192,00

Na Tabela 3 pode ser observado o gasto com energia elétrica com a utilização do protótipo proposto, cujo valor médio chega a R\$ 662,52, com sala sendo utilizada regularmente evitando desperdício, sendo acionada e desligada no momento da atividade.

TABELA 3 – Custo de energia elétrica mensal de utilização de uma sala de aula padrão menor (capacidade 25 pessoas) com a utilização da Tecnologia <i>IoT</i> (aproximadamente)	
Itens:	Custo Mensal:
Ar condicionado 22000 BTUS x2 (490,44 kwatts):	R\$ 455,70
Lâmpadas x 36 (86,4 kwatts)::	R\$ 80,35
Manutenção (1/2 hora):	R\$ 14,00
Equipamento Som (40,5 kwatts):	R\$ 39,66
Projeter Multimídia (50 kwatts):	R\$ 46,50
Computador (25 kwatts):	R\$ 2325
Microcontrolador com tecnologia embarcada 3,6 kwatts:	R\$ 3,06
Total:	R\$ 662,52

Na Tabela 4, pode ser conferido o custo mensal de uma sala de aula, sem levar em consideração desperdício caso algum equipamento permanece ligado após o uso, o valor ficou em aproximadamente R\$ 925,46. Não podendo ser descartado que se uma sala permanecer ligada a noite toda até próxima atividade no dia seguinte, apenas com a energia do aparelho de ar condicionado, será desperdiçado cerca de R\$ 25,00, sem levar em consideração degradação diminuição de vida útil dos equipamentos.

TABELA 4 - Custo aproximado mensal de utilização de uma sala de aula padrão menor (capacidade 25 pessoas) - custo de energia e mão de obra	
Itens:	Custo Mensal:
Servidor (9 horas):	R\$ 252,00
Ar condicionado 22000 BTUS x2 (490,44 kwatts/h):	R\$ 455,70
Lâmpadas x 36 (86,4 kwatts):	R\$ 80,35
Manutenção (1 hora):	R\$ 28,00
Equipamento Som (40,5 kwatts):	R\$ 39,66
Projetor Multimídia (50 kwatts):	R\$ 46,50
Computador (25 kwatts):	R\$ 23,25
Total:	R\$ 925,46

Base de calculo de tarifa de energia elétrica R\$ 0,92 kWh.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Durante a concepção deste projeto e através dos estudos realizados, o foco foi sempre buscar soluções que pudessem causar alto impacto na maneira em que as atividades são realizadas, visando a diminuição de custos e trabalho repetitivo que demandam tempo e certa quantidade de servidores para atuarem diretamente executando essas funções ao longo das semanas e ainda, na organização das reservas das salas, tornando o uso mais democrático e eficiente das dependências da instituição, tudo isso alinhado com a proposta de um baixo custo e redução de desperdícios.

Pode-se concluir que na aquisição de equipamentos necessários, foi investido um valor baixo, que é um dos principais pontos previsto para esse trabalho, por se tratar de um investimento inicial com recurso próprio do pesquisador o investimento planejado foi alcançado. O protótipo contempla a robustez necessária para se comunicar com sistemas e ambientes nos quais foram designados, respondendo bem a todas as funções a ele submetidas e que estão descritas nos objetivos específicos do projeto, depois de alguns testes, houve um grau de dificuldade baixo para solução de problemas, às bibliotecas que o microcontrolador utiliza e a comunidade na internet é bem acessível e se mostraram pertinentes as características da placa de prototipagem, o que facilitou a implementação desse projeto. Os *datasheets* também foram fundamentais para o entendimento do funcionamento dos dispositivos, viabilizando assim a montagem em *proto-board*. A SAV recebeu a adequação para dispor do módulo de *IoT* e com isso, tornou o microcontrolador acessível pela rede mundial de computadores. O arduino na versão MEGA embarcou o sistema para executar todas as funções preestabelecidas que estão testadas e funcionando de maneira estável e ainda restaram várias portas de comunicação livres para que o projeto possa ser aperfeiçoado e crescer junto com anseios da instituição, a instalação do protótipo que além de funcional, ficou esteticamente agradável na sala de aula 6 do prédio sede da ESMAT, dando possibilidade tanto de ficar exposto como está, quanto ser embutido dentro do forro, sem comprometer o funcionamento e desempenho, e por fim, mesmo com o protótipo implantado foi possível manter total autonomia dos usuários e professores, permanecendo todos os controles dos equipamentos visíveis e em fácil acesso bem como a disponibilização de interruptores em modo paralelo para controle das lâmpadas, gerando mais um ponto positivo.

Com o protótipo em funcionamento, considera-se que haverá uma diminuição de trabalho por parte dos servidores, pois será possível ligar e desligar os equipamentos de maneira inteligente somente quando as salas estiverem em utilização, o que certamente evitará

desperdícios e conseqüentemente, a diminuição de gastos com reparos e reposição, resultando em eficiência e versatilidade trazendo também a possibilidade de ativação remota, ou seja, sem a necessidade de deslocamento de colaboradores à instituição quando houver atividades fora de horário de expediente, atendendo com fidelidade os objetivos propostos nesse trabalho bem como, viabilizando de maneira sistêmica as reservas de sala tornando o uso mais democrático. Com esses benefícios, o protótipo será abordado como mais um projeto de inovação tecnológica para a instituição.

Este projeto gerou o artigo intitulado de Prototipagem da Internet das Coisas na ESMAT para o livro Tecnologias Computacionais aplicadas ao Judiciário Tocantinense, publicado em 2020, sendo apresentado no V Fórum Tocantinense de Tecnologia da Informação, no final de 2019.

Como o protótipo desenvolvido nesse trabalho servirá como projeto piloto e específico para o uso em uma determinada sala com dispositivos de marcas particularmente específicas de cada ambiente, o presente trabalho serve como norteador para trabalhos futuros como:

- 1) Implantação em outras salas de aula;
- 2) Desenvolver no sistema telas de controle para cada ambiente, como por exemplo, os demais departamentos da instituição;
- 3) O protótipo pode também ser otimizado, com a fabricação de uma placa específica que atenda apenas os componentes necessários para executar as demandas programadas;
- 4) O Desenvolvimento de funções pós-implantação que evidentemente poderão surgir, a exemplo de telas de controle por aplicativo de celular para coordenadores e professores ou disposição de telas temporárias para determinadas atividades que são excluídas após o período corrente.
- 5) Regulamentar o agendamento inteligente das salas de aula da ESMAT no procedimento operacional do cadastro da atividade, que consta na documentação na qual é auditada para a certificação ISO 9001 cuja ESMAT é contemplada.

Devido à pandemia do COVID19, as atividades presenciais foram suspensas na instituição, não havendo a possibilidade de verificar o verdadeiro impacto do protótipo em funcionamento.

5 REFERÊNCIAS

MELO, L. F., Introdução aos Microcontroladores da Família PIC, Londrina. Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Londrina, (2008).

ATABEKOV, Amir R., "Internet of Things-Based Smart Classroom Environment". Master of Science in Computer Science Theses, Kennesaw State University. Paper 2, (2016).

ZANELLA, A., Bui, N., CASTELLANI, A., VANGELISTA, L., ZORZI, M. "Internet of Things for smart cities", IEEE Internet of Things Journal, vol. 1, pp. 22-32, (2014).

A. H. Ngu, M. Gutierrez, V. Metsis, S. Nepal and Q. Z. Sheng, "IoT Middleware: A Survey on Issues and Enabling Technologies," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 4, no. 1, pp. 1-20, Feb. (2017).

C. Wang, X. Li, A. Wang and X. Zhou, "A Classroom Scheduling Service for Smart Classes," in IEEE Transactions on Services Computing, vol. 10, no. 2, pp. 155-164, 1 March-April (2017).

S. Khandelwal, "An Innovative Approach of Classroom Scheduling: SmartClass: A Review," 2018 Second International Conference on Advances in Electronics, Computers and Communications (ICAIECC), IEEE, Bangalore, (2018).

Y. Al Mtawa, A. Haque and B. Bitar, "The Mammoth Internet: Are We Ready?," in IEEE Access, vol. 7, pp. 132894-132908, (2019).

CHUMA, Euclides Lourenço – "New Generation Alternative Sensors for IoT" in IEEE Newsletter, September, (2020).

SILVA. Rafael de Amorim, NOVA. João, VASCONCELOS. Rubem, CALADO. Ivo, BRANCO. Kalinka Castelo, BRAGA, Rosana, "Aplicando Internet das Coisas na Educação: Tecnologia, Cenários e Projeções" 1256. 10.5753/cbie.wcbie.2017.1256. (2017).

A. G. Ismaeel and M. Q. Kamal, "Worldwide auto-mobi: Arduino IoT home automation system for IR devices," 2017 International Conference on Current Research in Computer Science and Information Technology (ICCIT), Slemani, (2017).

S. A. Ram, N. Siddarth, N. Manjula, K. Rogan and K. Srinivasan, "Real-time automation system using Arduino," 2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), Coimbatore, (2017).

OZUNLU, Avni. "Design Orientado a Domínio (DDD)", Medium (2018).

BANZI, M. "Primeiros Passos com Arduino". São Paulo: Novatec, (2012).

MARSCZAOKOSKI, F.G.; CRUZ, R.P. da; ABREU E SILVA, W. de. Sistema Microcontrolado de Irrigação Aplicado a Morangueiros. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, (2013).

PEIXOTO, Thiago Moratori. MACHADO, Tiago. CHAVES, Luciano Jerez. JULIO, Eduardo Pagani. “Sistemas embarcados: explore sua criatividade construindo Hardware e Software”, Juiz de fora MG Brasil, (2012).

SOUSA, Matheus Dias. Sistema de Automação e Controle Mobile Utilizando a Plataforma Arduino e Ionic Framework para Gestão de Energia Elétrica. Matheus Dias Sousa. – Palmas, TO, (2018).

ASIM, Majeed Mahmood Ali QA Higher Education (QAHE), University of Business and Technology.- University of Business and Technology, Jeddah, Saudi Arabia. - “How Internet-of-Things (IoT) Making the University Campuses Smart? QA Higher Education (QAHE) Perspective”. Birmingham, UK, (2018).

DOS SANTOS, Zelma Ferreira. “Sensores Microcontroladores e Plataformas de Prototipagem”. Alto Paraíso de Goiás, Brasil (2014).

BUYAYA, Rajkymar. DASTJERDI, Amir Vahid. Internet of Things - Principles and Paradigms. Cambridge, MA: Elsevier Inc., (2016).

EVDOKIMOV, B. Fabian, O. Günther, L. Ivantysynova and H. Ziekow. "RFID and the Internet of Things: Technology, Applications, and Security Challenges", Foundations and Trends® in Technology, Information and Operations Management, Ed. Now, (2011).

UTTARWAR, Monica Laxman. kumar, Arun, Chong, Peter H. J.. BeaLib: A Beacon Enabled Smart Library System. Scientific Research Publishing (2017).

FOLTRAN, Eduardo - Um Estudo do PIC10F200, São Paulo, Brasil (2015).

WHITE, Julia, Microsoft News Center Brasil (2018) - Microsoft investirá 5 bilhões de dólares em IoT. Veja o porquê. <https://news.microsoft.com/pt-br/microsoft-investira-5-bilhoes-de-dolares-em-IoT-veja-o-porque/>

EMBARCADOS - Acessível pelo site: <https://www.embarcados.com.br/>

REVISTA EXAME - Novas aplicações permitem o uso coordenado e inteligente de aparelhos para controlar diversas atividades, (2019). Acessível em: <https://exame.abril.com.br/tecnologia/internet-das-coisas-saiba-como-isso-pode-afetar-a-sua-vida/>

ARTIGO 37 da Constituição Federal de 1988. Constituição Federal da Republica Federativa do Brasil, (1988).

6 ANEXO - CÓDIGOS, BIBLIOTECAS E FUNÇÕES

Desenvolvimento na SAV para atender o agendamento Inteligente e acionamento dos equipamentos.

```

using System;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;
using EasyHttp.Http;
using Esmat.Application.Interfaces;
using Microsoft.Extensions.DependencyInjection;
using Microsoft.Extensions.Hosting;

namespace Esmat.UI.Site.Services
{
    public class ClassHostedService : IHostedService, IDisposable
    {
        private Timer _timer;
        public readonly IServiceProvider _serviceProvider;

        public ClassHostedService(IServiceProvider serviceProvider) {
            _serviceProvider = serviceProvider;
        }

        private void VerifyActivityClassInNextFifteenMinutes(object state)
        {
            using (var scope = _serviceProvider.CreateScope())
            {
                var http = new HttpClient();

                var activityClassAppService = scope.ServiceProvider.GetRequiredService<IActivityClassAppService>();
                var thingAppService = scope.ServiceProvider.GetRequiredService<IThingAppService>();

                var activitiesClassInNextFifteenMinutes = activityClassAppService.GetAllInNextFifteenMinutes();

                foreach(var activityClass in activitiesClassInNextFifteenMinutes)
                {
                    var thing = thingAppService.GetMicontrollerByActivity(activityClass.ActivityId);
                    var hour = DateTime.Now.Hour;
                    var isOn = true;

                    if(10 < hour && hour < 13)
                        isOn = false;
                    else if (16 < hour && hour < 19)
                        isOn = false;
                    else if (21 < hour && hour <= 23)
                        isOn = false;

                    if(isOn) {
                        http.Get($"http://{thing.Ip}/?ligar");
                        Console.WriteLine("Ligando sala");
                    }
                    else {
                        http.Get($"http://{thing.Ip}/?desligar");
                        Console.WriteLine("Desligando sala");
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

```

public Task StartAsync(CancellationTokentoken)
{
    _timer = new Timer(
        VerifyActivityClassInNextFifteenMinutes,
        null,
        0,
        900000
    );

    return Task.CompletedTask;
}

public Task StopAsync(CancellationTokentoken)
{
    _timer?.Change(Timeout.Infinite, 0);

    return Task.CompletedTask;
}

public void Dispose()
{
    _timer.Dispose();
}
}
}

```

Desenvolvimento na IDE Arduino configurado para MEGA que aciona/desliga equipamentos

```

/* -- Projeto Principal - Sala de Aula 6 --
 * Autor: Bruno Odate Tavares
 * Início: 15/03/2019
 * Last_Att: 24/09/2020
 * Utilidade: Ligar e Desligar Reles.
 *
 */

#include <SPI.h>
#include <IRremote.h>
#include <Utility\Socket.h>
IRsend irsend;
void ligapc();
void onlamp_1();
void onlamp_2();
void onlamp_3();
void ontomada_4();
void onar();
void ondatashow();
void offlamp_1();
void offlamp_2();
void offlamp_3();
void offtomada_4();
void offar();
void offdatashow();

const byte lampada1 = 4;

```

```

const byte lampada2 = 5;
const byte lampada3 = 6;
const byte tomada4 = 7;
const byte ir_1 = 9;
int sensorpir = 14;
int khz = 38;
static byte g_TargetMacAddress[] = {0x70, 0x85, 0xC2,0xF4, 0xF7, 0xCD}

#include <Ethernet.h>
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
byte ip[] = { 20, 12, 2, 100 };

EthernetServer servidor(80);
String readString;

void setup(){
  pinMode(lampada1,OUTPUT);
  pinMode(lampada2,OUTPUT);
  pinMode(lampada3,OUTPUT);
  pinMode(tomada4,OUTPUT);
  pinMode(ir_1,OUTPUT);
  digitalWrite(ir_1, LOW);
  pinMode(sensorpir,INPUT);
  Serial.begin(9600);
  Ethernet.begin(mac, ip);
  servidor.begin();
}

void loop(){
  EthernetClient cliente = servidor.available();
  if (cliente) {
    while (cliente.connected()) {
      if (cliente.available()) {
        char c = cliente.read();

        if (readString.length() < 100) {
          readString += c;
        }

        if (c == '\n') {
          cliente.println("HTTP/1.1 200 OK");
          cliente.println("Content-Type: text/html");
          cliente.println();
          cliente.println("<HTML>");
          cliente.println("<BODY>");
          cliente.println("<H1>Acionamento de Equipamentos</H1>");
          cliente.println("<hr />");
          cliente.println("<br />");
          cliente.println("<p> Equipamentos Sala 6 <a href='\"/?_ligar\"><button>LIGAR</button></a><a href='\"/?_desligar\"><button>DESLIGAR</button></a>");
          cliente.println("<p> Projeto Piloto - Desenvolvido por Bruno Odate Tavares - Supervisao Tecnologica - ESMAT</p>");
          cliente.println("</BODY>");
          cliente.println("</HTML>");

          //delay(1);

```

```

if(readString.indexOf("?_ligar") > 0)
{
Serial.println("Ligando Computador");
ligapc();
Serial.println("Ligando Lampadas 1");
onlamp_1();
Serial.println("Ligando Lampadas 2");
onlamp_2();
Serial.println("Ligando Lampadas 3");
onlamp_3();
Serial.println("Ligando Aparelho de Som");
ontomada_4();
Serial.println("Ligando ar-condicionado");
onar();
Serial.println("Ligando datashow");
ondatashow();
readString="";
}
else {
if(readString.indexOf("?_desligar") > 0)
{
bool hasPeople = digitalRead(sensorpir);
while(hasPeople ){
Serial.println("Detectada presença de pessoas na sala! Desligamento será adiado!");
delay(3000);
hasPeople = digitalRead(sensorpir);
}
Serial.println("A sala será desativada!!");
Serial.println("Desligando Lampadas 1");
offlamp_1();
Serial.println("Desligando Lampadas 2");
offlamp_2();
Serial.println("Desligando Lampadas 3");
offlamp_3();
Serial.println("Desligando Equipamento de Som");
offtomada_4();
Serial.println("Desligando ar");
offar();
Serial.println("Desligando datashow");
offdatashow();
delay(3000);
offdatashow();
readString="";
}
}
readString="";
cliente.stop();
}
}
}
}

void onar(){
digitalWrite(ir_1, 0);
_ligaar();
digitalWrite(ir_1, 1);
delay(1000);
}
}

```

```

void ondatashow(){
  digitalWrite(ir_1, 0);
  _ligadatashow();
  digitalWrite(ir_1, 1);
  delay(1000);
}
void onlamp_1(){
  digitalWrite(lampada1, 0);
  delay(1000);
}
void onlamp_2(){
  digitalWrite(lampada2, 0);
  delay(1000);
}

void onlamp_3(){
  digitalWrite(lampada3, 0);
  delay(1000);
}

void ontomada_4(){
  digitalWrite(tomada4, 0);
  delay(1000);
}
void offar(){
  digitalWrite(ir_1, 0);
  _desligaar();
  digitalWrite(ir_1, 1);
  delay(1000);
}
void offdatashow(){
  digitalWrite(ir_1, 0);
  _desligadatashow();
  digitalWrite(ir_1, 1);
  delay(1000);
}
void offlamp_1(){
  digitalWrite(lampada1, 1);
  delay(1000);
}
void offlamp_2(){
  digitalWrite(lampada2, 1);
  delay(1000);
}

void offlamp_3(){
  digitalWrite(lampada3, 1);
  delay(1000);
}

void offtomada_4(){
  digitalWrite(tomada4, 1);
  delay(1000);
}

void _ligaar(){
  unsigned int irSignal[] = {3050,1700, 550,1000, 500,1050, 500,350, 550,350, 550,300, 550,1050,
500,350, 550,300, 550,1050, 450,1050, 550,300, 600,1000, 500,350, 550,300, 550,1050, 500,1050, 450,350,
600,1000, 500,1000, 550,350, 550,300, 550,1050, 500,350, 550,300, 550,1050, 500,350, 550,300, 550,350,

```

```

550,300, 550,350, 550,300, 550,350, 550,300, 550,350, 550,300, 550,350, 550,300, 550,350, 550,300, 550,350,
550,300, 550,350, 550,1000, 500,350, 550,300, 600,1000, 500,350, 550,300, 550,1050, 500,1050, 450,350,
600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,1000, 500,350, 550,1000, 500,350, 550,350,
550,300, 550,350, 550,1000, 500,1050, 500,350, 550,300, 600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,300,
550,300, 600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,300,
550,300, 600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,300,
550,300, 600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,1000, 500,350, 550,300, 550,1050,
500,350, 550,300, 550,1050, 450,400, 550}; //AnalysIR Batch Export (IRremote) - RAW
    irsend.sendRaw(irSignal, sizeof(irSignal) / sizeof(irSignal[0]), khz); //Note the approach used to
    automatically calculate the size of the array.
    delay(300);
}
void _desligaar(){
    unsigned int irSignal[] = {3150,1600, 600,950, 600,950, 600,250, 600,300, 550,350, 550,950,
600,300, 600,250, 600,950, 600,950, 600,300, 550,1000, 550,300, 600,300, 550,950, 600,950, 600,300,
600,950, 550,1000, 550,300, 600,300, 550,1000, 550,300, 600,300, 550,950, 600,300, 600,250, 600,300,
600,250, 600,300, 550,300, 600,300, 600,250, 600,300, 600,250, 600,300, 600,250, 600,300, 600,250, 600,300,
600,250, 600,300, 600,250, 600,300, 600,300, 550,950, 600,300, 600,250, 600,950, 600,950, 600,300, 550,300,
600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,300, 600,300, 550,1000, 550,300, 600,950, 600,300, 550,300, 600,300,
550,300, 600,950, 600,950, 600,250, 600,300, 600,250, 600,300, 600,250, 600,300, 600,250, 600,300, 600,250,
600,300, 600,250, 600,300, 600,250, 600,300, 600,250, 600,300, 600,250, 600,300, 600,250, 600,300, 600,250,
600,300, 600,250, 600,300, 600,250, 600,300, 600,250, 600,300, 600,250, 600,300, 600,250, 600,300, 600,250,
600,300, 600,300, 550,300, 600,300, 550,300, 600,950, 600,250, 600,950, 600,300, 550,300, 600,300,
550,1000, 550,300, 600}; //AnalysIR Batch Export (IRremote) - RAW
    irsend.sendRaw(irSignal, sizeof(irSignal) / sizeof(irSignal[0]), khz); //Note the approach used to
    automatically calculate the size of the array.
    delay(300);
}

void _ligatashow(){
    for (int i = 0; i < 3; i++) {
        irsend.sendNEC(0xC1AA09F6, 32);
        delay(40);
    }
}

void _desligatashow(){
    for (int i = 0; i < 3; i++) {
        irsend.sendNEC(0xC1AA09F6, 32);
        delay(40);
    }
}

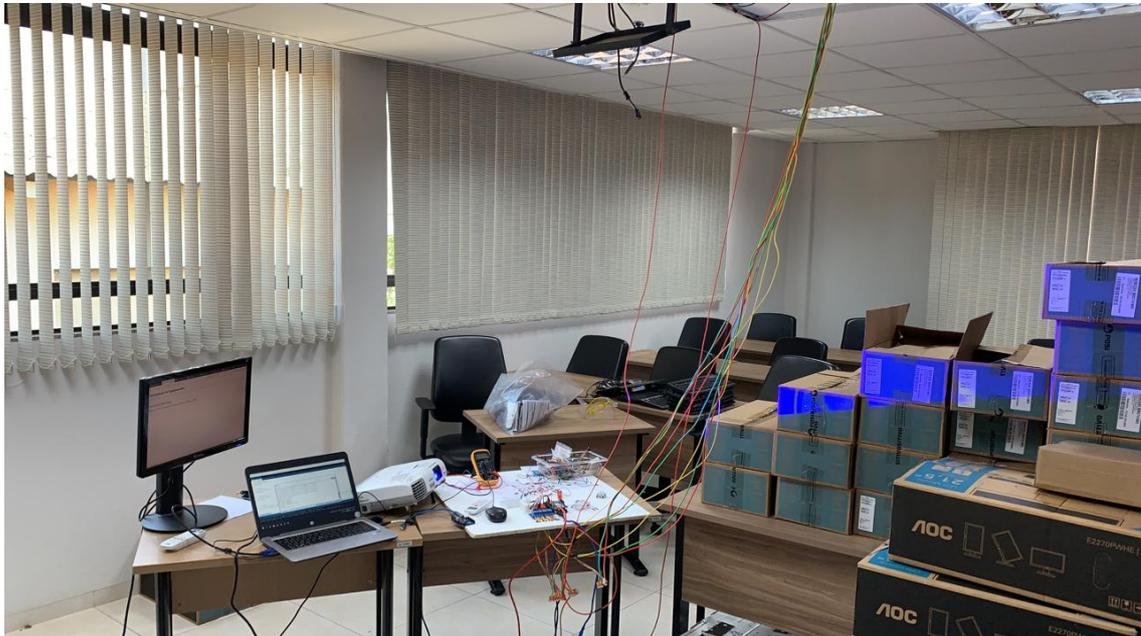
void ligapc(){
    SendWOLMagicPacket(g_TargetMacAddress);
    Serial.println("Magic packet sent");
}

void SendWOLMagicPacket(byte * pMacAddress)
{
    // The magic packet data sent to wake the remote machine. Target machine's
    // MAC address will be composited in here.
    const int nMagicPacketLength = 102;
    byte abyMagicPacket[nMagicPacketLength] = { 0x70, 0x85, 0xC2, 0xF4, 0xF7, 0xCD };
    byte abyTargetIPAddress[] = { 20, 12, 2, 68 }; // don't seem to need a real ip address.
    const int nWOLPort = 7;
    const int nLocalPort = 80; // to "listen" on (only needed to initialize udp)
    // Compose magic packet to wake remote machine.
    for (int ix=6; ix<102; ix++)
        abyMagicPacket[ix]=pMacAddress[ix%6];
    if (UDP_RawSendto(abyMagicPacket, nMagicPacketLength, nLocalPort,
        abyTargetIPAddress, nWOLPort) != nMagicPacketLength)
    }
}

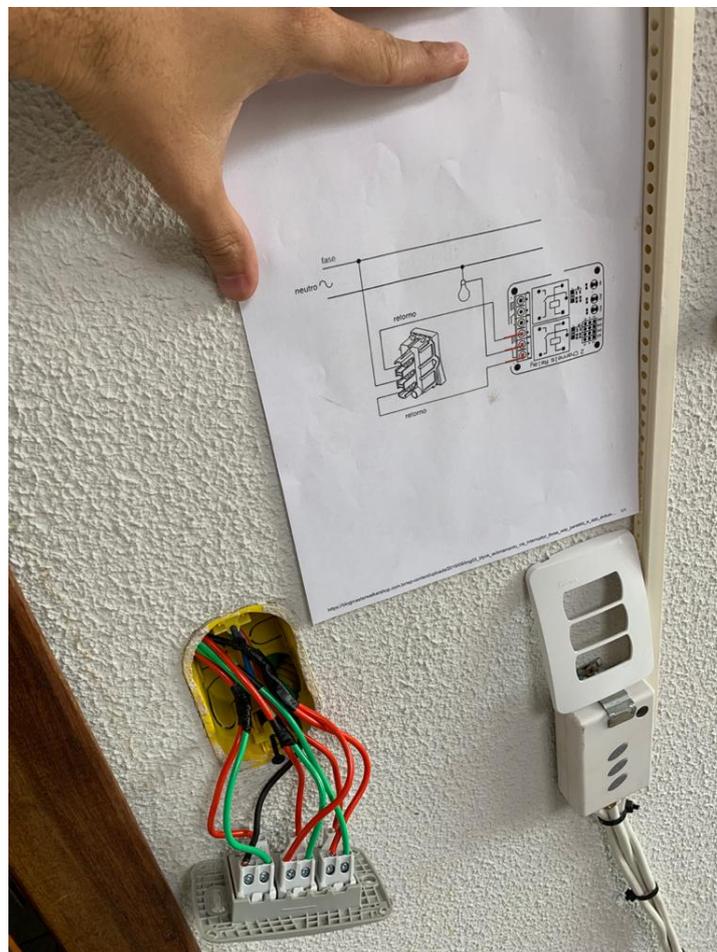
```

7 APÊNDICE – INSTALAÇÃO SALA 6

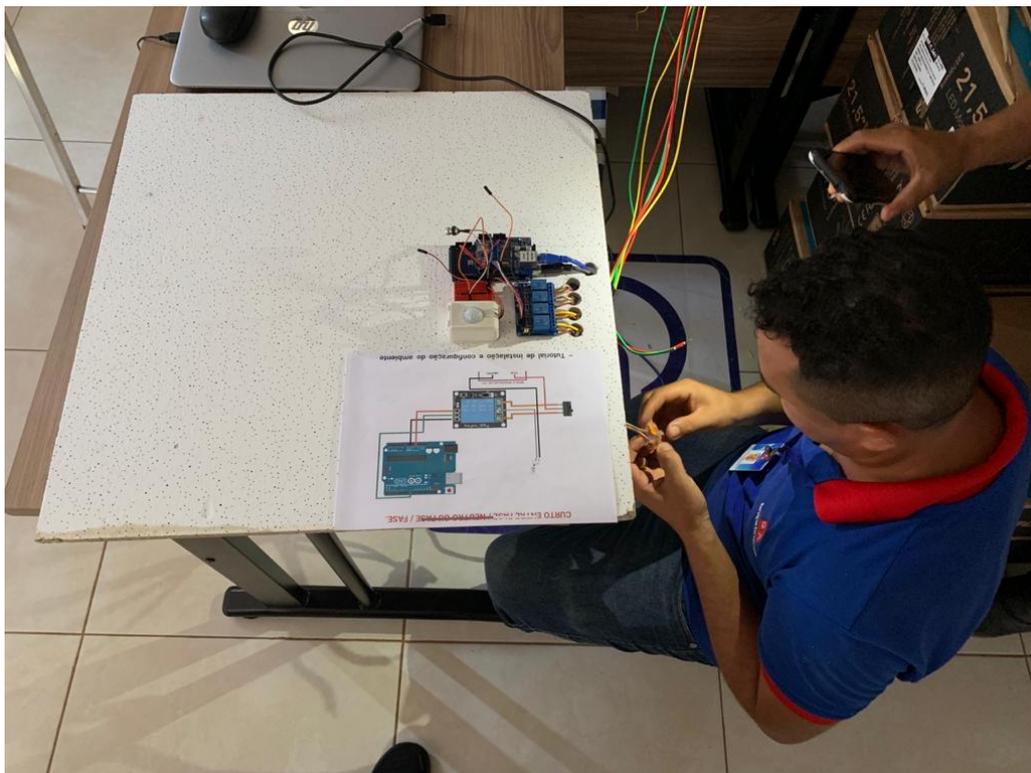
Realizando a Montagem na placa de forno mineral.



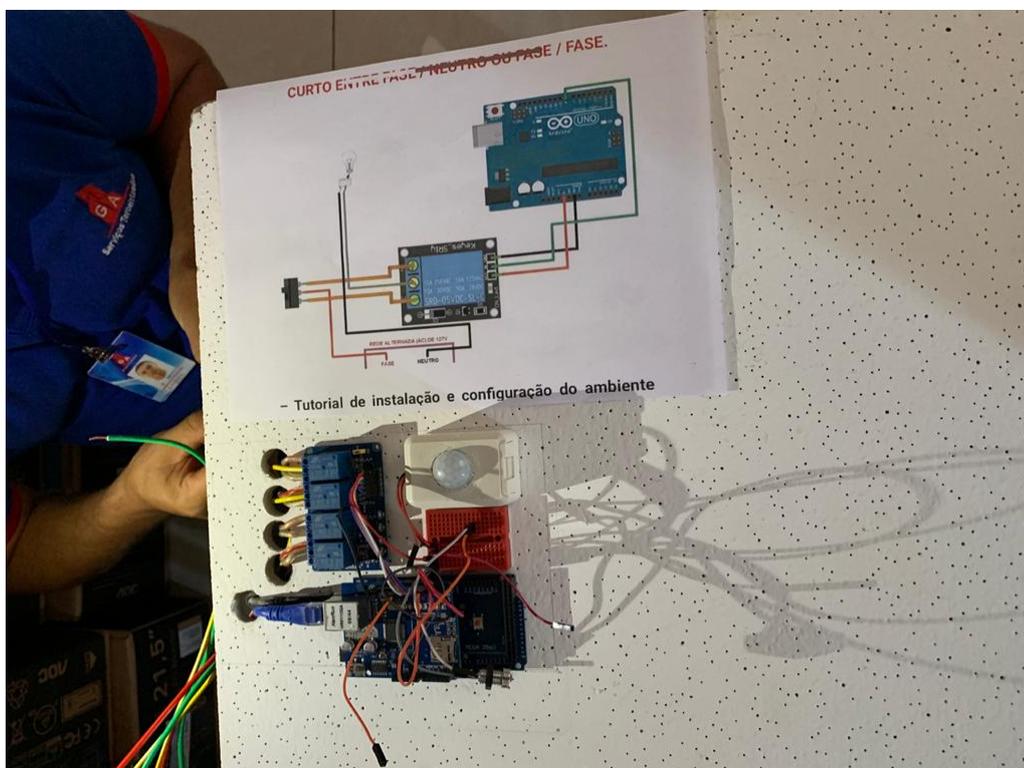
Alteração dos interruptores normais para Paralelos (*Three Way*)



Colaborador eletricista Sr. Domingos – Energizando com tensão 220v o projeto.



Sr. Domingos Seguindo o projeto de montagem de tensão 220v no controlador de relê.



Eu Bruno Odate, até altas horas realizando últimos ajustes *in loco* antes de fechar o forro.



Realizando conferência e testes.



Ajustando conectores



Finalizando com fechamento da caixa de proteção acrílica e vazada para refrigeração do microcontrolador.

