

SISTEMA DE CONTROLE DE ACESSO E FREQUÊNCIAS

Eliel Romancini*, Gabriel Ghellere*, Otávio Martins*, Vinícius Zanon*, Jim Lau*

* Discentes da disciplina de Projetos de Sistemas Ubíquos

* Docente da disciplina de Projetos de Sistemas Ubíquos

Araranguá, SC, Brasil - Universidade Federal de Santa Catarina - DEC

Email-s: elielmarcos@hotmail.com, ghelleregear@gmail.com,
otavioluism97@hotmail.com, zanonvps38@hotmail.com.

RESUMO - O Sistema de Controle de Acesso e Frequências (SCAF) propõe o objetivo de gerenciar a entrada de pessoas autorizadas em um determinado local a qual exige identificação prévia (via cartão magnético) para a sua entrada, além do mais, fornece um controle de frequência dos alunos da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. O SCAF é um sistema de tranca em portas de salas de aula com propósito eficiente e de baixo custo, constituído por 3 etapas: pré-identificação com uma tag, verificação no banco de dados através de rede sem-fio WiFi e, por último, autorização de acesso à locação.

Palavras-Chave - Controle de Acesso, Identificação por Tag RFID, ESP32, Websocket, Banco de Dados, Comunicação WiFi, Frequências de Alunos, UFSC.

INTRODUÇÃO

O sistema proposto consiste em um controle de acesso com autenticação através da tag, onde usuário aproxima sua tag ao receptor e disponibiliza o resultado em um display LCD e eventualmente será atuado em uma trava elétrica.

A entrada é feita através do leitor RFID e o controle é realizado pelo ESP32. Para gerência de usuários é utilizada a funcionalidade de comunicação Wifi do ESP32, com um servidor que permite inserir e remover novos usuários.

Na seção 1 é feita a descrição funcional do sistema. Na seção 2 é feita a descrição estrutural do sistema. Na seção 3 é feito o desenvolvimento da prototipação do sistema. Na seção 4 é descrito o custo inicial do protótipo. E na seção 5 um cronograma para o projeto.

1. DESCRIÇÃO FUNCIONAL

Nesta seção é feita as descrições do funcionamento do sistema quanto a interação como mundo externo. Inclui-se funcionalidades, configurabilidade, eventos e tratamentos de eventos. Para o projeto de desenvolvimento do SCAF, se faz necessário o levantamento dos requisitos Funcionais e Não-Funcionais que demandam o sistema. Ademais, será também apresentado as referentes Regras de Negócio que serão implementadas em seu desenvolvimento.

1.1 REQUISITOS FUNCIONAIS

Os requisitos funcionais especificam funções que o sistema deve ser capaz de realizar, tais requisitos descrevem o comportamento do sistema capturando as funcionalidades do ponto de vista do usuário.

Como o projeto consiste na implementação de um sistema de gerenciamento de fluxo de pessoas liberando ou não entrada em sala de aula, existem alguns requisitos funcionais que devem ser implementados, entre eles:

- RF01: Liberar acesso a sala de aula a professores em determinados horários.

- RF02: Liberar acesso a super usuários a qualquer momento (servidores).
- RF03: Guardar horários de acesso (momento em que foi utilizada a tag).
- RF04: Guardar o nome e contar o número de alunos em sala de aula.
- RF05: Disponibilizar os dados de acesso por uma plataforma client.
- RF06: Agilizar o processo de frequência dos alunos do meio acadêmico.

1.2 REQUISITOS NÃO-FUNCIONAIS

Os requisitos Não-Funcionais do sistema se referem aos aspectos de qualidade e usabilidade do produto, neste caso:

- RNF01: O sistema deve ter uso intuitivo (fácil de usar e aprender).
- RNF02: O sistema deve ser de fácil evolução e reparo.
- RNF03: O sistema deve ser projetado de maneira que as falhas sejam minimizadas ao máximo.
- RNF04: O sistema deve assegurar que o senso de segurança dos usuários seja mantido, garantindo que pessoas não autorizadas não tenham acesso a sala requisitada.

1.3 REGRAS DE NEGÓCIO

O sistema deve garantir a implementação das seguintes regras de negócio:

- RN01: Somente professores e servidores podem destravar as portas.
- RN02: Professores poderão destravar a porta em horário especificado.
- RN03: Servidores poderão destravar as portas a qualquer horário.
- RN04: Caso o aluno não garanta a presença por meio do cartão receberá falta impreterivelmente.

1.4 GERENCIAMENTO DO BANCO DE DADOS DO SERVIDOR

Nesta seção será descrita o gerenciamento do banco de dados do servidor, listando a arquitetura do servidor e a modelagem do banco de dados.

1.4.1 ARQUITETURA DO SERVIDOR

O servidor será encarregado da implementação das regras de negócio do sistema, para tal é necessário um terminal com SO Linux preferível. Tal máquina terá a função de armazenar o banco de dados e se comunicar com dois tipos de cliente, são eles o ESP32 e a plataforma de visualização dos dados salvos no banco (UI SCAF).

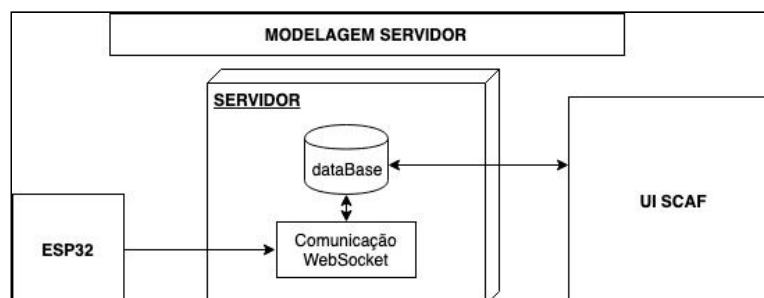


Figura 1: Modelagem do servidor

1.4.2 MODELAGEM DO BANCO DE DADOS DO SERVIDOR

Para a execução do projeto é necessária a implementação de um banco de dados para armazenar os horários das aulas, dados dos alunos, turmas, professores e afins. Para tal, se propõe a modelagem de banco de dados descrita abaixo:

O sistema de banco de dados deve ser capaz de relacionar tabelas a fim de extrair os seguintes campos de instrução:

- Cadastro de professor.
- Cadastro de alunos.
- Cadastro de turmas.
- Cadastro de disciplinas.
- Cadastro de salas de aula.
- Inserção, Remoção, Atualização, Consulta e CRUD de dados.

O sistema de banco de dados será implementado utilizando linguagem SQL (SQLite) em um servidor a ser determinado a qual se comunicará aos controladores ESP32. Por conseguinte, será implementado o CRUD para que sejam realizadas as consultas necessárias no banco, a fim de garantir autenticidade dos usuários e liberação das salas.

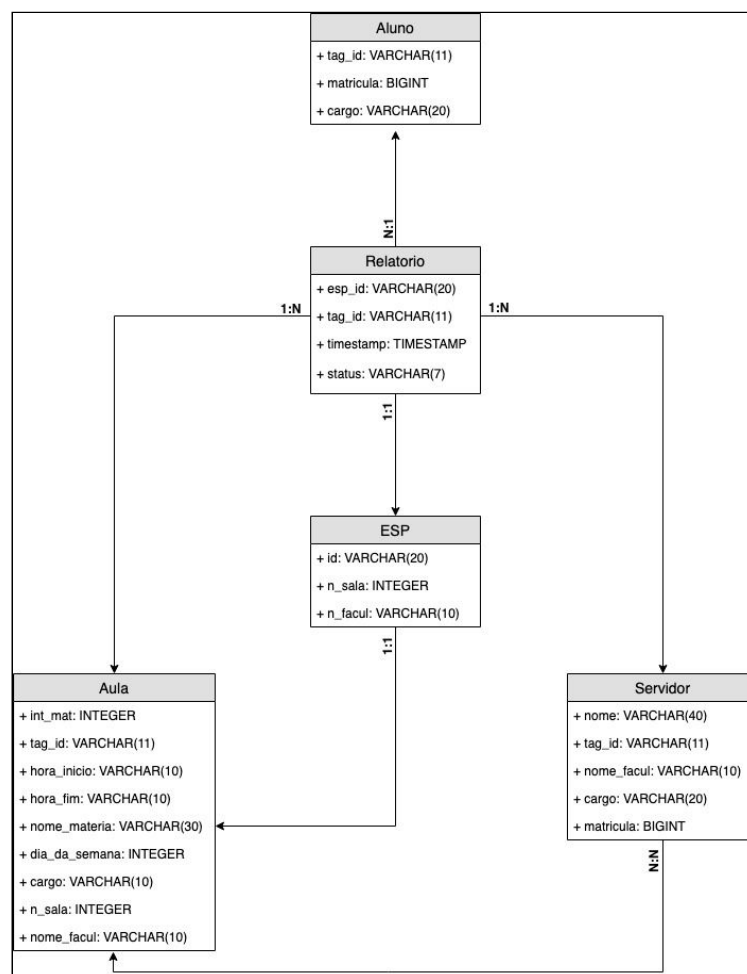


Figura 2: Modelagem banco de dados

2. DESCRIÇÃO ESTRUTURAL DO SISTEMA

Nesta seção é descrita a arquitetura/estrutura do sistema. São apresentados os diferentes componentes que compõe o sistema e suas relações.

2.1 BLOCOS FUNCIONAIS

Cada bloco apresentado aqui é responsável por uma função ou tarefa específica. Possuem entradas e/ou saídas de dados, o que permite se comunicar com outros blocos.

2.1.1 INTERFACE FÍSICA COM AGENTE EXTERNO

A interface de entrada de dados é acessível por usuários comuns, a qual permite a identificação do usuário pela tag RFID. Na Figura 3, é visualizado um bloco que representa a interface física com agente externo.

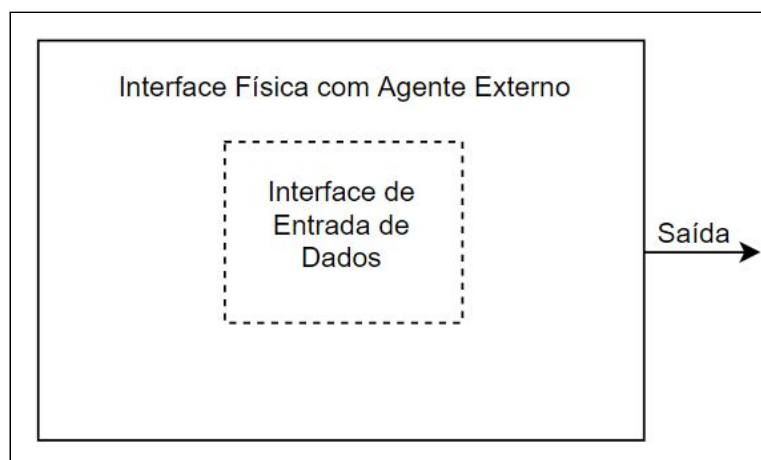


Figura 3: Interface Física com Agente Externo

2.1.2 INTERFACE DE ATUAÇÃO

A interface de atuação contém apenas uma entrada de dados e é composta de um visor e um dispositivo relé¹. No visor é informado ao usuário o resultado da autorização, com base nos dados recebidos. E o dispositivo relé irá permitir a atuação de uma trava elétrica. Na Figura 4, é visualizado um bloco que representa a interface de atuação.

¹ Interruptor eletromecânico.

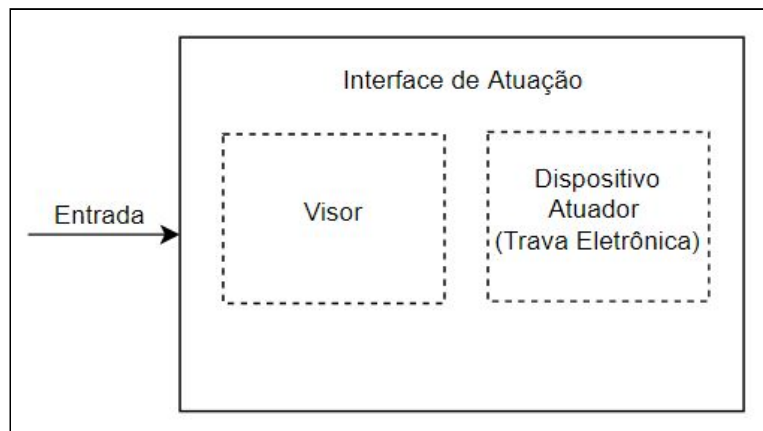


Figura 4: Interface de atuação

2.1.3 INTERFACE DE GERENCIAMENTO DE USUÁRIOS

A interface de gerenciamento de usuários é capaz de enviar e receber dados. Pela interface da aplicação será possível manipular a base de dados do sistema com as seguintes operações: inserção, remoção, atualização e busca.

Na Figura 5, é visualizado um bloco que representa a interface de gerenciamento de usuários.

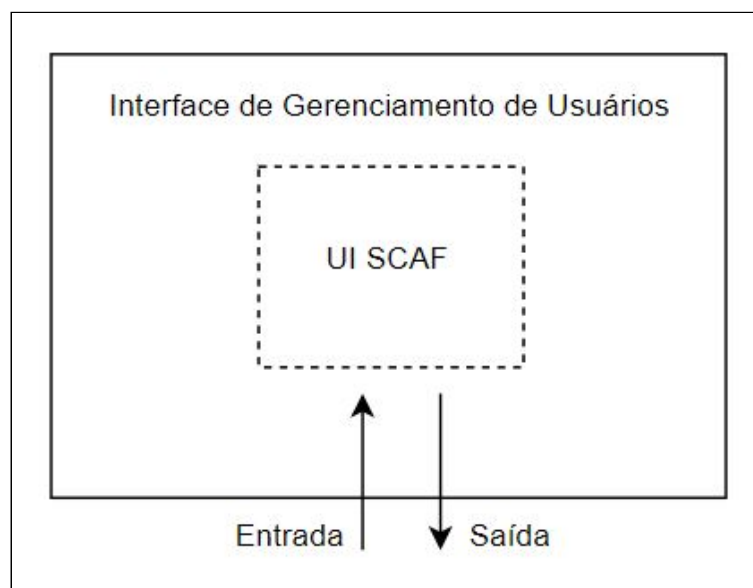


Figura 5: Interface de gerenciamento de usuários

2.1.4 CENTRAL DE CONTROLE

A central de controle fica no núcleo do sistema, recebe e/ou envia dados de todas as outras partes. É responsável pela validação da tag RFID, gerenciamento de uma base de dados e controle de autenticação.

A central de controle pode receber os dados da interface física com agente externo, enviar e receber dados da interface de gerenciamento de usuários e enviar dados a interface de atuação.

Da interface física com agente externo recebe uma identificação (ID) de 8 caracteres hexadecimais. Quando um ID é enviado à central de controle, é executado o procedimento de validação do ID. O procedimento vai verificar se o ID pertence a algum usuário

cadastrado. Após o procedimento, a central de controle envia um dado para interface de atuação com o resultado da autorização do acesso.

A central de controle também pode receber uma requisição da interface de gerenciamento de usuários, sendo essas solicitações operações de inserção, busca, edição ou remoção de usuários na base de dados.

Na Figura 6, é visualizado um bloco que representa a central de controle.

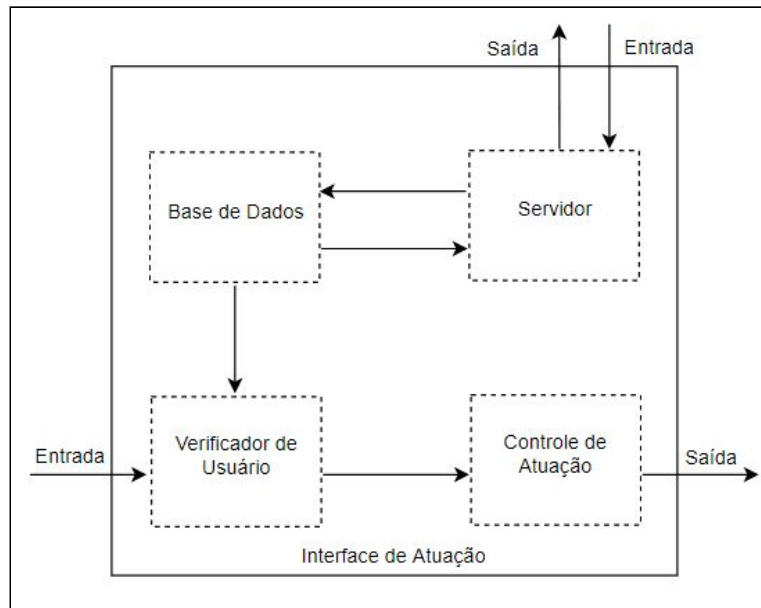


Figura 6: Central de controle

2.1.5 RELACIONAMENTO ENTRE OS BLOCOS FUNCIONAIS

O relacionamento entre todos os blocos pode ser visualizado na figura abaixo.

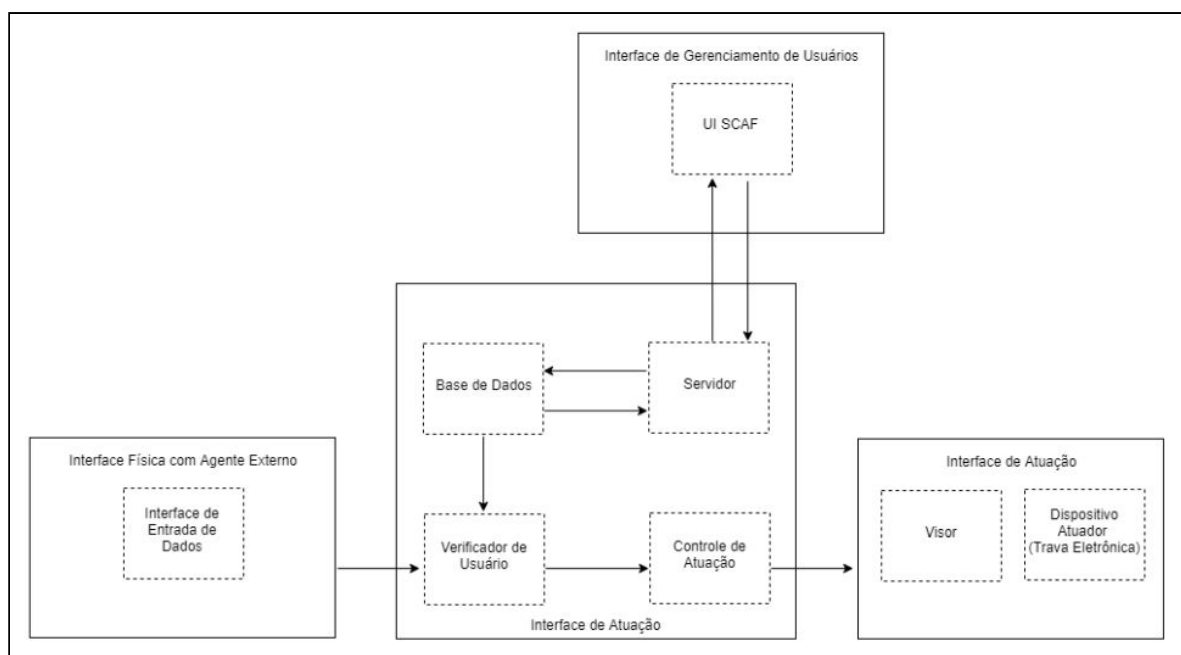


Figura 7: Interação entre blocos

A interface física com agente externo apenas envia dados para a central de controle, esses dados são inseridos pelos usuários ao apresentar a tag para o leitor RFID. A interface de atuação apenas recebe dados da central de controle, esses dados serão informações sobre autorização de usuários. E a interface de gerenciamento de usuários recebe e envia dados para a central de controle, tanto os dados recebidos como os enviados serão solicitações de inserção, busca, atualização ou remoção de usuários da base de dados do sistema.

2.2 ESPECIFICAÇÃO ESTRUTURAL

Esta seção, ainda trata da arquitetura do sistema, contudo, especifica detalhadamente os níveis de sua implementação. Nela são especificados os componentes firmware e hardware utilizados.

2.2.1 FIRMWARE

Nesta seção serão descritos os requisitos do firmware e as especificações dos algoritmos e procedimentos.

2.2.1.1 REQUISITOS DE FIRMWARE

Os requisitos de firmware necessários para a construção do protótipo seguem abaixo:

- Programação com interface Arduino IDE, para construção de programas com procedimentos e algoritmos.
- Biblioteca Wifi.h, para comunicação Wifi.
- Biblioteca SPIFFS.h para gerenciamento do sistema de arquivos e a biblioteca FS.h para manipulação de arquivos.
- Biblioteca LiquidCrystal.h para gerenciamento das funções do display LCD 16x2.
- Biblioteca ArduinoJson.h, conversão para o formato JSON.
- Biblioteca SimpleTimer.h, rotinas de temporização.
- Biblioteca WebSockets.h, comunicação entre cliente e servidor.
- Biblioteca SPI, protocolo de comunicação SPI.
- Biblioteca MFRC522.h, comandos do RFID.
- Biblioteca time.h, comandos do RTC interno.

2.2.1.2 COMUNICAÇÃO ENTRE OS DISPOSITIVOS

Na figura 08, é apresentado os protocolos de comunicações que foram necessários para a implementação do sistema de controle de acesso por frequência. A comunicação SPI (Serial Peripheral Interface) é realizada entre a central de controle (ESP32) e a interface física com agente externo (tag RFID). A comunicação paralela é realizada do ESP32 para o display LCD. A comunicação GPIO (General Purpose Input/Output) é realizada do ESP32 para a tranca (dispositivo Relé). As comunicações Websocket e Wifi são realizadas entre o ESP32 e o Servidor.

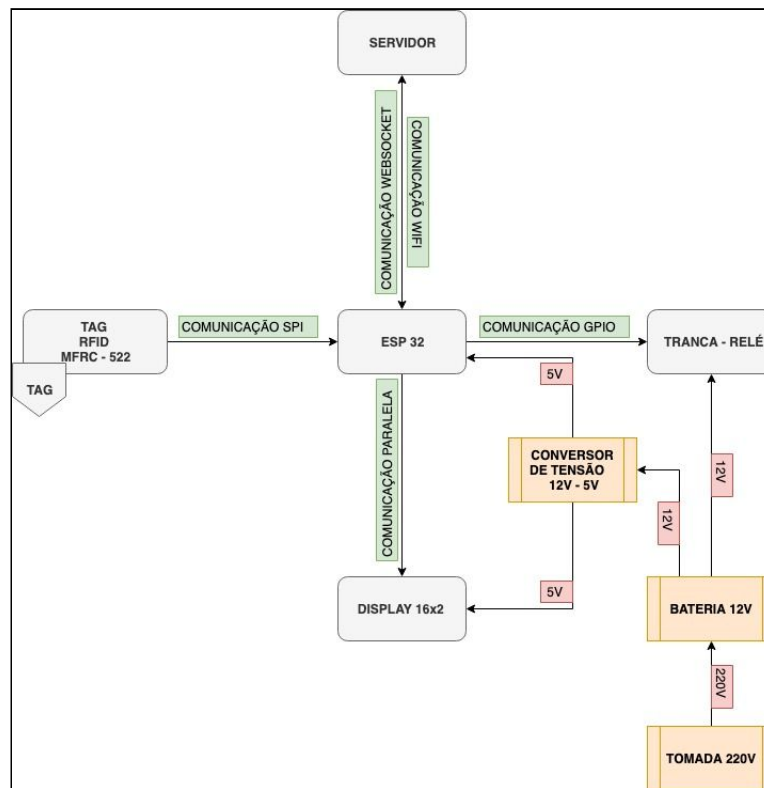


Figura 8: Comunicação entre os dispositivos

2.2.1.3 TECNOLOGIA WEBSOCKET

Nesta seção, serão descritas as especificações da tecnologia websocket no que diz respeito ao protocolo de comunicação e a interface para o cliente em JavaScript.

2.2.1.3.1 PROTOCOLO WEBSOCKET

Atualmente, desenvolver aplicações web que precisem de comunicação bidirecional entre cliente e servidor, é significado de um abuso do protocolo HTTP, devido às incessantes requisições ao servidor web para verificar a existência de algum dado novo, além da criação de duas conexões TCP, uma para enviar mensagens ao cliente e outra para receber mensagens (Greco, 2019).

A solução para esse impasse foi a criação de canais bidirecionais full-duplex, onde os dados são enviados e recebidos ao mesmo tempo sobre uma única conexão TCP. No entanto, a tecnologia websocket pode ser vista como uma melhoria do protocolo de comunicação HTTP e, não obstante, como uma tecnologia potente em aplicações de tempo real e aplicações baseadas em eventos, como em sistemas cliente-servidor.

Na figura abaixo, é demonstrado um diagrama simples sobre como é feita o protocolo de comunicação websocket.



Figura 9: Protocolo de comunicação websocket

Para iniciar uma comunicação WebSocket deve-se obrigatoriamente realizar um Handshake, que é o processo de reconhecimento das duas máquinas as quais afirmam que reconhecem umas às outras e estão prontas para iniciar a comunicação utilizando o protocolo HTTP. É nesta etapa que é feita a conexão entre o cliente e servidor (agentes do sistema). Após a conexão aberta, pode ser iniciada uma comunicação de mensagens bidirecionais entre os agentes (a qualquer tempo) e somente um deles pode encerrar a conexão.

2.2.1.3.2 INTERFACE WEBSOCKET PARA O CLIENTE

Para a implementação do interfaceamento websocket em sistemas cliente servidor é preciso que esta tecnologia em primeira instância abra, feche e envie mensagens, bem como, trate possíveis eventos. Nesta seção será abordado rapidamente como funciona esse procedimento de interfaceamento, para mais detalhes consultar os arquivos fontes do github apresentado na seção 3.

Dessa forma, para abrir uma conexão com um socket basta criar um objeto WebSocket, acessível globalmente. Para tal, deve ser enviada como parâmetro a URL do socket, no formato padrão conforme segue abaixo.

```
websocket = new WebSocket('ws://localhost:8000');
```

São oferecidos dois métodos para o cliente, o primeiro método *send()* envia um dado ao servidor web e o segundo método *close()* é disparado quando uma conexão é encerrada.

```
websocket.send(mensagem);
```

```
websocket.close();
```

Além do mais, para o tratamento de conexão e recebimento de mensagens vindas do servidor a tecnologia oferece alguns eventos: *Open*, *Message*, *Close*, *Error*.

O evento *Open* é disparado quando uma conexão é estabelecida.

```
websocket.onOpen = function(){  
    console.log('Conexão Estabelecida!');  
}
```

O evento *Message* indica o recebimento de uma mensagem do servidor.

```
websocket.onMessage = function(){  
    console.log('Mensagem');  
}
```

O evento *Close* é disparado quando uma conexão é fechada.

```
websocket.onClose = function(){  
    console.log('Conexão Encerrada!');  
}
```

Por fim, o evento *Error* indica o recebimento de uma mensagem de erro do servidor.

```
websocket.onError = function(){  
    console.log('Mensagem de Erro Recebida!');  
}
```

Dessa forma obtido a noção do protocolo e a interface da tecnologia websocket, foi decidido a utilização da mesma no projeto SCAF por possuir comunicação bidirecional, simplicidade de implementação (sem a necessidade de pooling entre cliente e servidor), pela entrega de dados confiáveis garantidas pelo protocolo TCP e pelo tempo de inserção do HTTP no mercado de desenvolvimento tecnológico.

2.2.1.4 ESPECIFICAÇÃO DOS ALGORITMOS E PROCEDIMENTOS

Para a construção do protótipo será criado programas com os respectivos procedimentos: captura de dados da interface física com agente externo via RFID, serviço de requisição a um banco de dados e procedimento do controle de atuação.

O procedimento de captura de dados da interface física com agente externo via RFID consiste em capturar o ID do cartão/tag através do leitor de RFID.

O serviço de requisição de Banco de Dados baseia-se em fornecer ao requisitante, via consultas SQL, o acesso autorizado na sala de aula.

E o procedimento de atuação fundamenta-se em enviar dados de acionamento para o dispositivo relé e uma mensagem para o visor indicando a liberação ou não do acesso.

2.2.2 HARDWARE

Nesta seção serão descritos os detalhes da infraestrutura e os diagramas de interface a nível de hardware.

2.2.2.1 DETALHAMENTO DA INFRAESTRUTURA

O detalhamento estrutural inclui as especificações técnicas dos componentes utilizados, bem como, o contexto de atuação de cada componente.

2.2.2.1.1 ESP-WROOM-32

O microcontrolador ESP-WROOM-32 possui suporte a Wifi, Bluetooth, Ethernet e opera em baixa potência.

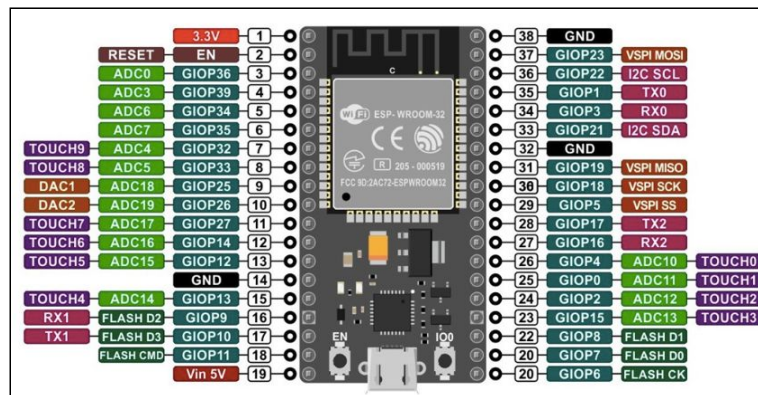


Figura 10: Esquemático ESP-WROOM-32

A seguir, será listado suas especificações técnicas:

Tabela 1 - Especificações Técnicas do ESP-WROOM-32

Especificações Técnicas	
Microcontrolador	Xtensa 32-Bit LX6 Dual Core
Pinos Digitais I/O	36
Pinos ADC - 12 BITS	16
Pinos DAC - 8 BITS	2
UARTs	3
SPIs	3
I2Cs	2
Memória Flash	4 MB
SRAM	520 KB
Velocidade de Clock	240 Mhz
Timers - 64 BITS	4
Sensores Touch Capacitivos	10

Sensor de Temperatura Interno	1
Sensor de Efeito Hall	1
RTC Interno	1
WiFi IEEE 802.11 b/g/n	2.4 - 2.5 GHz
Bluetooth Low Energy	v4.2

O ESP-WROOM-32 atuará no módulo construído para a central de controle. Será utilizado para a implementação da captura de dados da interface de física com agente externo, implementação do servidor, armazenamento da base de dados, procedimento de validação da identificação e controle de atuação.

2.2.2.1.2 LCD

O LCD é um display de cristal líquido (implica em baixo consumo de energia) que possui 16x2 (caracteres x linha). Os caracteres expressos no LCD seguem a base de codificação da tabela ASCII. Possui uma retroiluminação (backlight) para auxílio visual, ajuste de contraste dos caracteres e comunicação paralela podendo ser configurado com barramentos de 4 ou 8 bits.

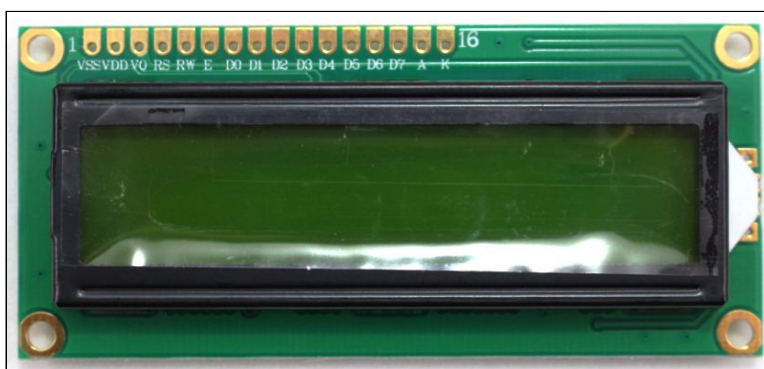


Figura 11 - Display LCD

A seguir, será listado as especificações técnicas do LCD:

Tabela 2 - Especificações Elétricas LCD

Pinos	Símbolo	Função
1	VSS	Sinal Ground (0V)
2	VDD	Fonte de Alimentação (5V)
3	V0	Ajuste de Contraste
4	RS	Sinal de Registrador de Seleção
5	RW	Sinal de Seleção de Leitura/Escrita
6	E	Sinal de Operação de Leitura/Escrita

7-10	DB0-DB3	Transferência dos dados menos significativos entre o MPU e LCM
11-14	DB4-DB7	Transferência dos dados mais significativos entre o MPU e LCM
15	LED +	Suprimento de Alimentação do Blacklight
16	LED -	Suprimento de Alimentação do Blacklight

O LCD é utilizado na interface de atuação. Será utilizado como um visualizador de mensagens.

2.2.2.1.3 RFID

Um sistema de RFID é composto, basicamente, de uma antena, um transceptor, que faz a leitura do sinal e transfere a informação para um dispositivo leitor, e também um transponder ou etiqueta de RF (rádio frequência), que deverá conter o circuito e a informação a ser transmitida.

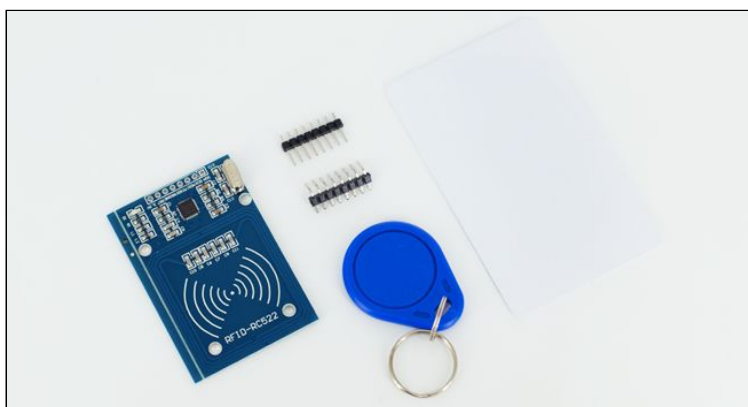


Figura 12 - Dispositivo RFID

A Tag e o leitor RFID (*Radio Frequency Identification*, ou *Identificação por Radiofrequência*) costumam ser utilizados para controle de acesso e identificação de pessoas e equipamentos.

Para seu funcionamento cada etiqueta/tag do leitor RFID tem a sua própria identificação (UID), e é com essa identificação que podemos montar um controle de acesso que irá ler o UID do cartão e exibir as informações de acesso na interface de atuação.

Com isso, depois de ler as informações que foram acionadas pelo RFID é possível realizar alguns procedimentos como ligar motores, sensores, luzes e outros dispositivos, utilizando um Arduino ou ESP32, por exemplo.

Sendo que em nosso projeto o RFID terá a função de ler a UID da tag/etiqueta de cada usuário, se a tag/etiqueta do sujeito faz parte daquela turma ou não durante aquele horário e dia, para assim, acionar a porta de entrada da sala e ao mesmo tempo presenciar quem entrou.

A entrada pode ser realizada por alunos em períodos de aula cadastrados na turma, guardas/seguranças da instituição, professor cadastrado na turma, e até mesmo um agente responsável com a liberdade de acesso nas salas em qualquer momento do dia.

A seguir, será listado as especificações técnicas do RFID, para o seu funcionamento correto:

Tabela 3 - Especificações Elétricas RFID

Pinos	Símbolo	Função
1	VSS	Sinal Ground (0V)
2	VDD	Fonte de Alimentação (3.3V)
5	SDA	Comunicação de dados
18	SCK	Serial Clock
15	RST	Reset
19	MISO	Input Master, Output Slave
23	MOSI	Input Slave, Output Master

2.2.2.1.4 RELÉ

O relé é um interruptor eletromecânico que é comumente utilizado para realizar comutação de sinais. A movimentação física deste interruptor ocorre quando a corrente elétrica percorre as espiras da bobina do relé, criando assim um campo magnético que por sua vez atrai a alavanca responsável pela mudança do estado dos contatos.



Figura 13 - Dispositivo Relé

O módulo Relé funciona com tensão de 5V, e pode acionar cargas de até 250 VAC ou 30 VDC, suportando uma corrente máxima de 10A. Possui Led indicador de energia, dois pinos de energia e um de controle, além do Borne de Saída com parafusos, facilitando a sua conexão a outros equipamentos. Abaixo é mostrada na tabela, especificações técnicas para a operação do dispositivo Relé:

Tabela 4 - Especificações Técnicas Relé

Especificações Técnicas	
Tensão de Operação	5V

Tensão Máxima de Carga	240VAC
Corrente Máxima de Carga	10A
Ativo Alto	VCC

O Relé é implementado na interface de atuação. Será utilizado em conjunto para o acionamento da trava eletromecânica.

2.2.2.2 DIAGRAMA DE INTERFACE

Nesta seção será apresentado o diagrama esquemático que compõe o sistema de controle de acesso com autenticação por senha.

Abaixo, é possível visualizar o diagrama esquemático dos componentes utilizados, sendo que o dispositivo de controle central (ESP32) é conectado ao display de cristal líquido (LCD), ao leitor de RFID e ao dispositivo Relé em conjunto com a trava eletromecânica.

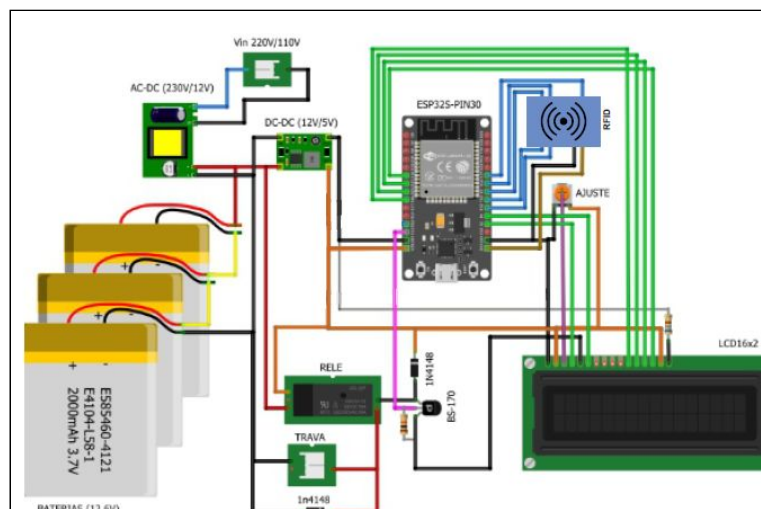


Figura 14 - Esquemático dos Componentes

O esquema elétrico a seguir, possui informações técnicas úteis do modo de conexão (pinagem) dos componentes utilizados no projeto.

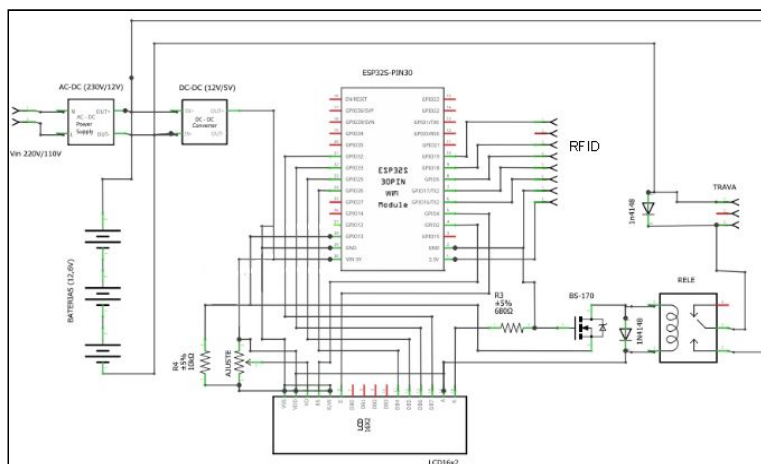


Figura 15 - Esquema Elétrico

3 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção é descrito os procedimentos realizados para o uso do protótipo. Os códigos produzidos estão disponíveis no link: <https://github.com/elielmarcos/SCAF-UFSC>

3.1 PROTOTIPAÇÃO

Nesta seção será tratada a prototipação do sistema de controle de acesso e frequências especificando o processo de interação dos blocos funcionais descritos na seção 2. Na imagem abaixo, é possível observar o sistema prototipado como um todo.

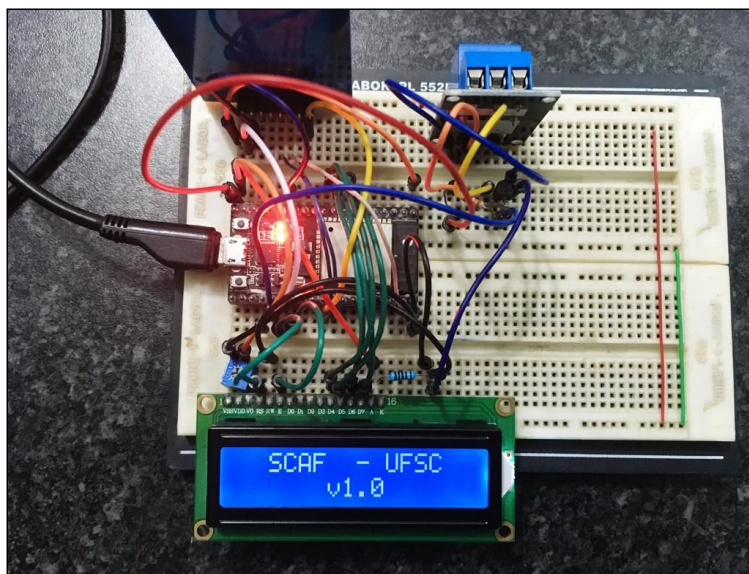
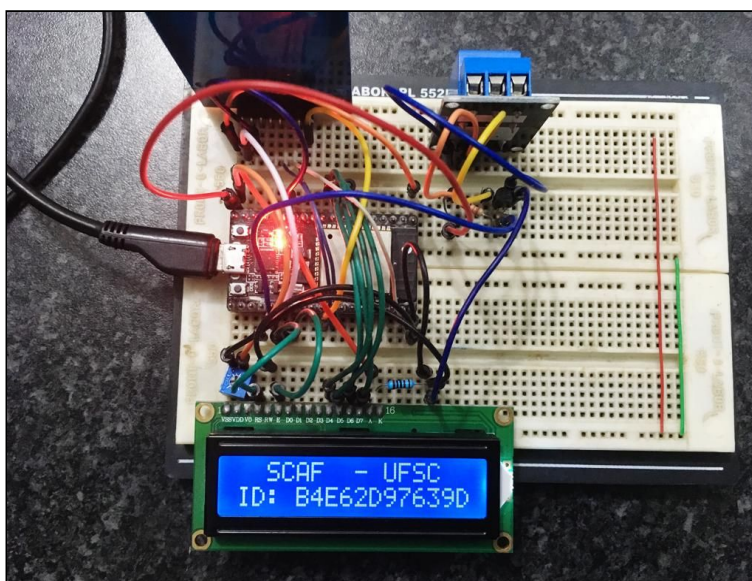


Figura 16 - Protótipo Final do Sistema de Controle de Acesso e Frequência

O primeiro passo para manipular o protótipo é conectar o servidor local. Uma vez conectado, observa-se que é mostrado na interface de atuação (LCD) o endereço MAC daquele dispositivo ESP32 (figura 17) e informações técnicas de comunicação Wifi (indicativo visual do sinal de potência) e com o servidor (indicativo visual do plug de conexão) presentes na figura 19.



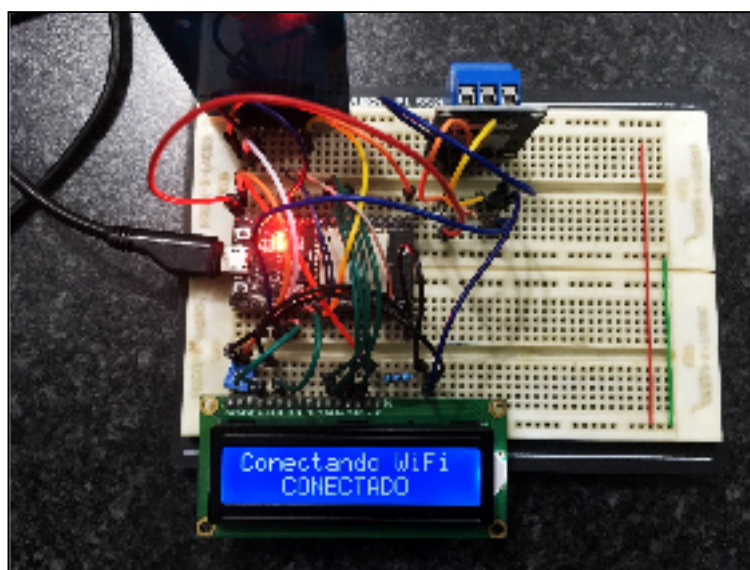


Figura 17 - Interface de Atuação com Informações Técnicas do Dispositivo SCAF

Para o caso onde o SCAF não consegue se conectar com o servidor é apresentado na interface de atuação um indicativo escrito SCAF NÃO AUTORIZADO (Figura 18).

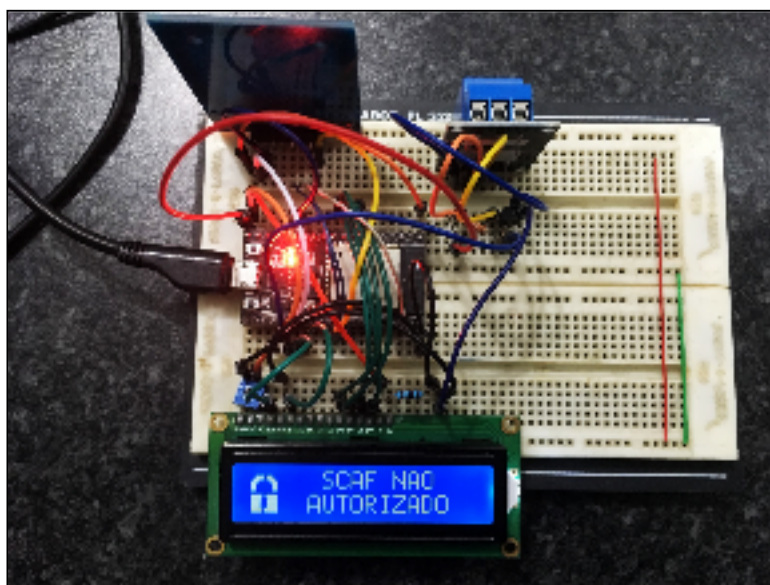


Figura 18 - Interface de Atuação para a não conexão com o servidor

Após a conexão efetiva com o servidor, o sistema fica em modo default esperando que haja uma interação de usuário com o mesmo. Ainda, é possível observar que o mesmo apresenta no display a informação de status LIVRE, indicando que não possui nenhuma aula alocada para o horário atual, em nosso caso de teste, 01:40 am (Figura 19).

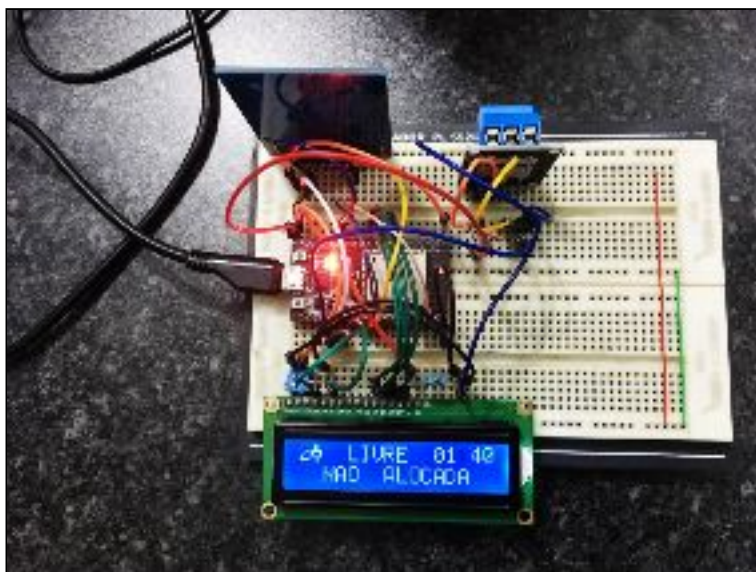


Figura 19 - Estado Default do SCAF

O usuário, agente que promove a interação com o sistema, é sujeito à apresentação da TAG RFID para proferir o seu acesso. Uma vez apresentado para a interface física com agente externo o cartão RFID, o identificador do cartão (UID) será enviado para a central de controle.

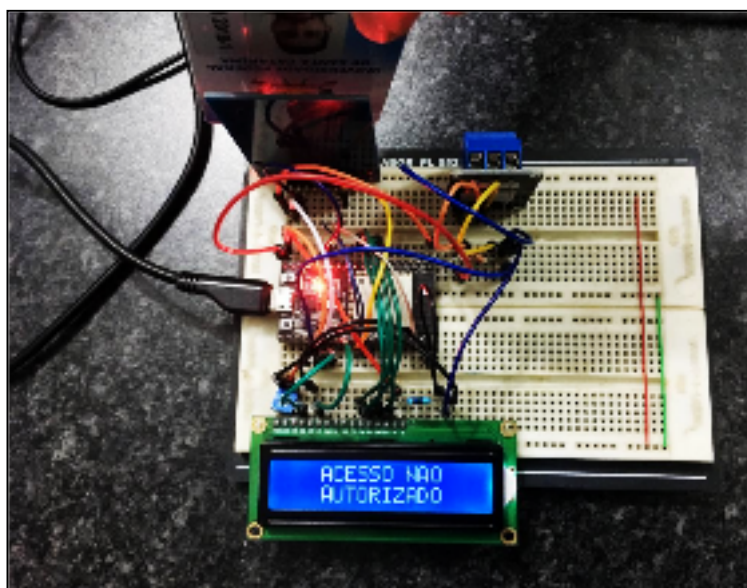


Figura 20 - Entrada de Dados pela Interface Física com Agente Externo

A central de controle, ESP32, ao receber o UID, executará o procedimento de validação, verificando se o UID pertence a algum usuário cadastrado à aula alocada para aquela sala (a distinção de salas se dá pelo endereço MAC, já que será necessário instalar dispositivos diferentes em cada uma delas). Após o procedimento, a central de controle enviará um comando para interface de atuação com o resultado da autenticação. Para o caso da figura 20, é mostrado uma mensagem de ACESSO NÃO AUTORIZADO, significando que não há aula alocada para aquele horário, logo não é possível realizar o acesso à sala por aquele agente externo.

O único agente externo que possui a responsabilidade e liberdade de acesso em qualquer situação de interação com o sistema é o guarda/segurança da instituição, pois o

seu cargo/função demandam de tarefas que não são correlatas aos horários reservados de alocação de aula. Abaixo é possível visualizar o acesso autorizado para o guarda alcunhado ficticiamente de Rogerinho.

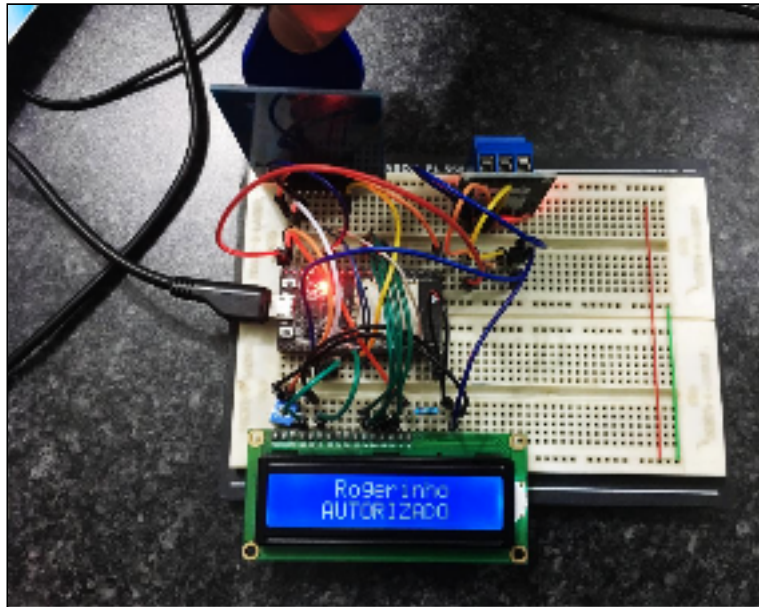


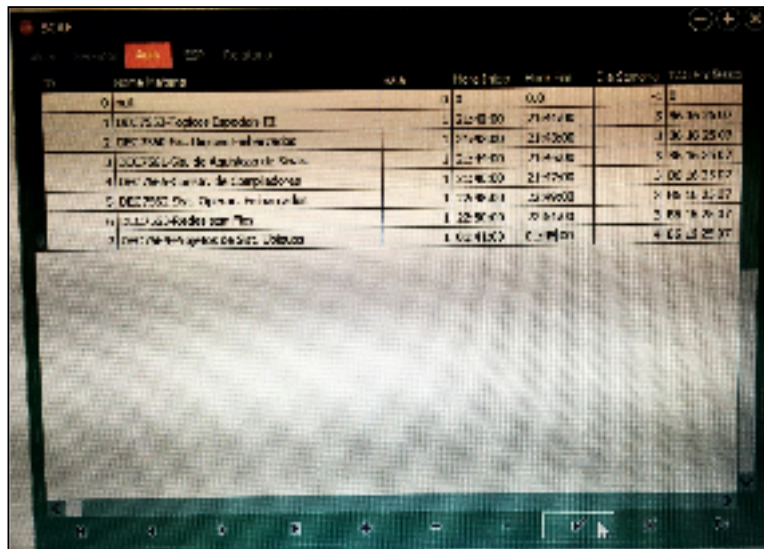
Figura 21 - Entrada de Dados pela Interface Física com Agente Externo (Guarda/Segurança da Instituição)

A interface de atuação mostra ao usuário, via display LCD e dispositivo Relé, informações sobre sua autorização de acesso e a liberação de sua entrada, validando ou não o seu acesso. Para o caso onde o acesso é autorizado, são mostrados o nome do agente externo e um indicativo de autorização (AUTORIZADO). Já para o caso onde o acesso é não autorizado é mostrado apenas um indicativo de ACESSO NÃO AUTORIZADO, uma vez que ele não possui informação daquele agente externo na situação de interação com o sistema.

Além do mais, para o efetivo gerenciamento do sistema de controle de acesso e frequência, existe a interface de gerenciamento de usuários (UI SCAF) a qual recebe e envia dados para a central de controle. Os dados recebidos são informações processadas pela central de controle recebidas do leitor RFID e os dados enviados são solicitações de operações de inserção, edição, atualização ou remoção de usuários da base de dados do sistema.

A inserção de um novo usuário, por um usuário administrador, só ocorre caso ele não esteja cadastrado no banco de dados. Para editar/alterar informações de cadastro, bem como, removê-lo, é preciso que o usuário esteja cadastrado no banco de dados.

O cadastro para a alocação de uma aula (visto na figura 22), requer o preenchimento de todos os campos da tabela apresentada na aba Aula. Observa-se que foi inserido a reserva de aula cujo nome da matéria é Projetos de Sistemas Ubíquos referente à sala 01, com início de aula às 01:41h e término 01:45h. A aula é reservada para quinta-feira (quarto dia da semana) onde só o professor responsável por esta aula (Jim Lau - TAG: B6 16 25 07) poderá liberar de primeira instância o acesso à sala. Enquanto o professor não liberar a sala de aula os alunos cadastrados para aquela disciplina não poderão entrar na mesma, indicando a consistência de que só terá aula se o professor responsável por ela estiver presente em sala de aula.



ID	Nome/Instituição	Matr.	Nome/Instit.	Matr.	Matr.	Matr.
0	Null			0.0		
1	ALC. 25.02-Modulo Capacidade II	1	25.02.00	21.47.00	5	21.47.00
2	DEPT. 25.02-Modulo Capacidade II	2	25.02.00	21.47.00	3	21.47.00
3	DEPT. 25.02-Modulo Capacidade II	3	25.02.00	21.47.00	4	21.47.00
4	DEPT. 25.02-Modulo Capacidade II	4	25.02.00	21.47.00	5	21.47.00
5	DEPT. 25.02-Modulo Capacidade II	5	25.02.00	21.47.00	6	21.47.00
6	DEPT. 25.02-Modulo Capacidade II	6	25.02.00	21.47.00	7	21.47.00
7	DEPT. 25.02-Modulo Capacidade II	7	25.02.00	21.47.00	8	21.47.00
8	DEPT. 25.02-Modulo Capacidade II	8	25.02.00	21.47.00	9	21.47.00
9	DEPT. 25.02-Modulo Capacidade II	9	25.02.00	21.47.00	10	21.47.00

Figura 22 - Interface de Gerenciamento de Usuários UI SCAF (Inserção na Base de Dados)

Na figura abaixo é possível constatar que a interface de atuação apresenta, via display LCD, a efetiva reserva realizada pelo usuário administrador. Uma vez que é mostrado a alteração do status de LIVRE para RESERVADO, a matéria Projetos de Sistemas Ubíquos que foi alocada para àquela sala e também a coerência entre o intervalo de tempo definido para o início e término da aula com o relógio do sistema.

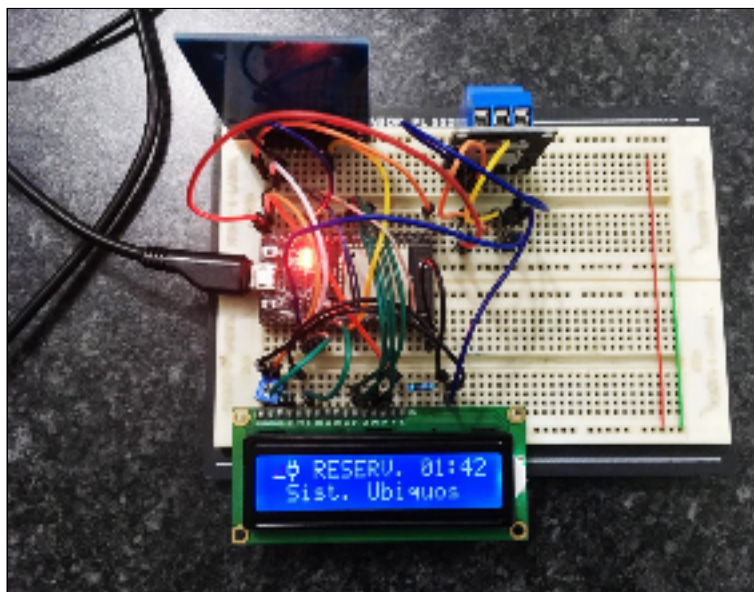


Figura 23 - Interface de Atuação para a Alocação de Aulas via UI SCAF

Posto que a reserva esteja concluída, o sistema neste momento fica à espera de uma interação via agente externo. Lembrando que o professor registrado para àquela aula é o agente primário que detém o acesso à sala diante dos posteriores acessos realizados pelos alunos cadastrados na disciplina. Na figura 24, é possível visualizar a liberação de acesso para o professor Jim Lau, discente responsável pela disciplina de Projetos de Sistemas Ubíquos.

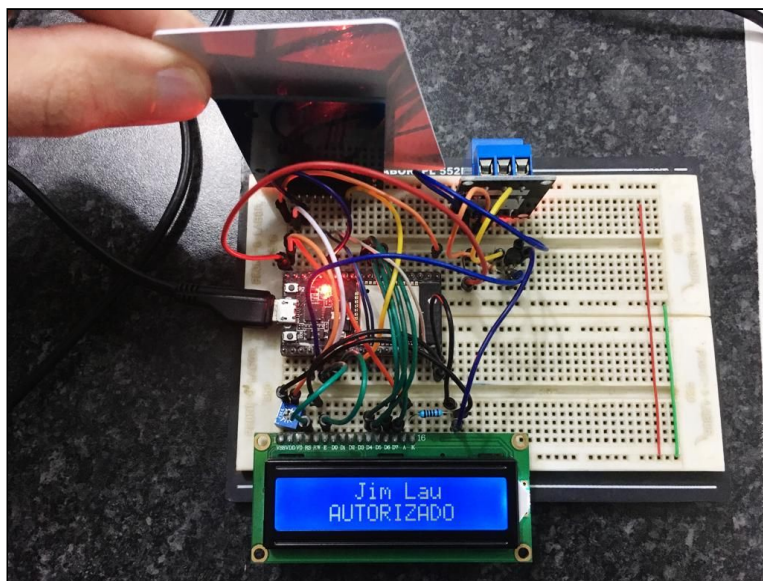


Figura 24 - Interface de Atuação para o Acesso do Professor

Nota-se que após o responsável pela disciplina entrar em sala de aula é alterado o status de RESERVADO para EM AULA, indicando que neste momento é possível a entrada de alunos para assistir a matéria de Projetos de Sistemas Ubíquos.

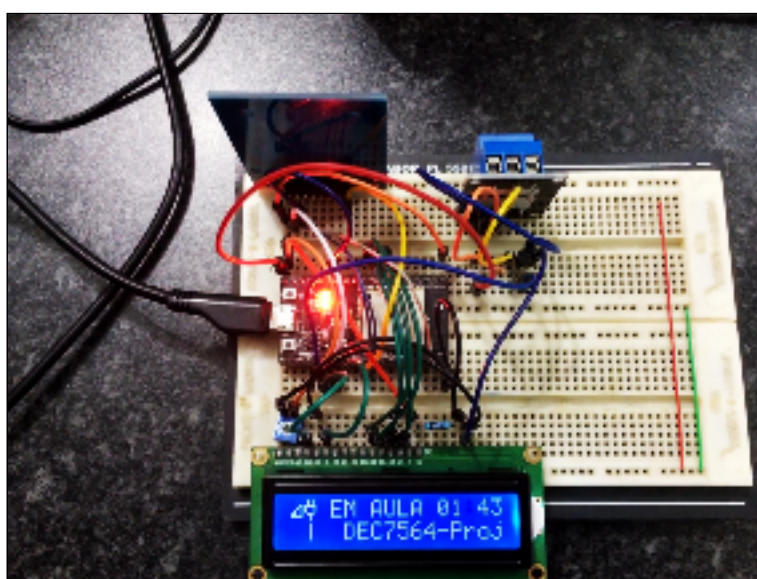


Figura 25 - Interface de Atuação para a Aula Alocada

Agora, neste exato momento, todos os alunos cadastrados na disciplina podem ter acesso à sala de aula. Para que os mesmos tenham acesso à sala é preciso apresentar, o cartão de domínio individual pertencente ao aluno da universidade, ao leitor RFID como pode ser visto, nas figuras abaixo:

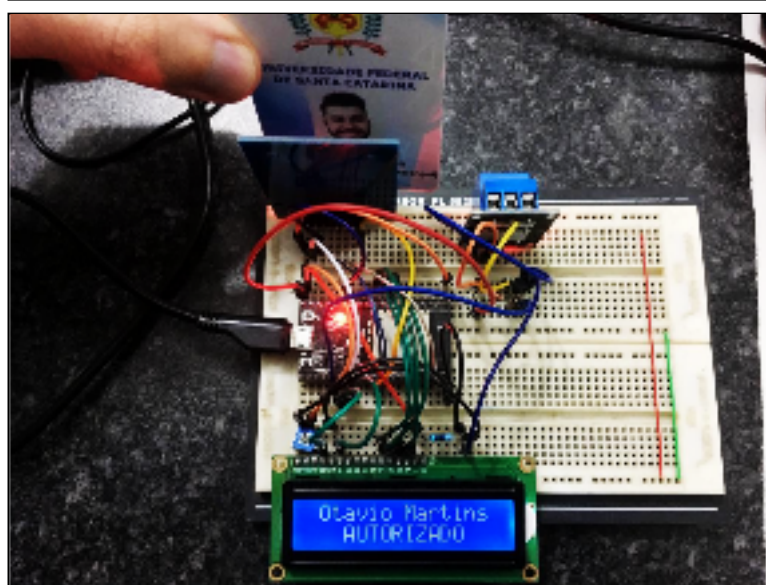
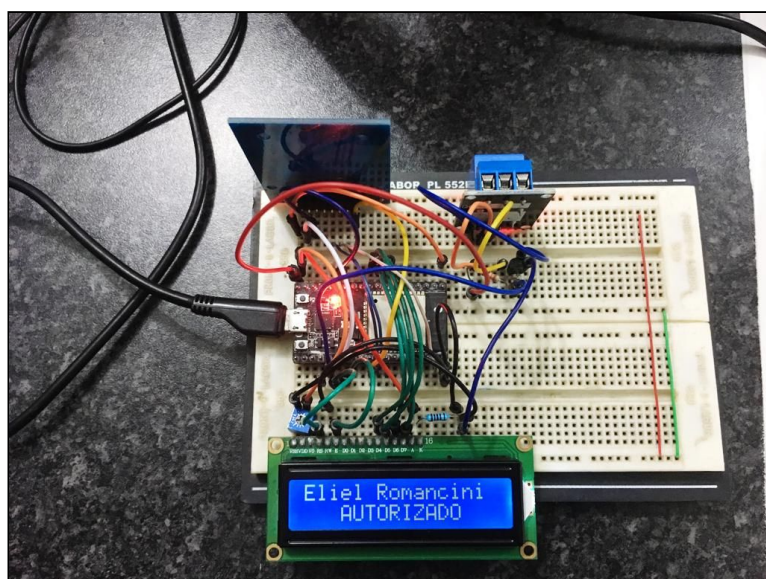


Figura 26 - Interface de Atuação para os Alunos Matriculados na Disciplina

Por fim, é possível visualizar na Interface de Gerenciamento de Usuário UI SCAF relatórios referentes a esses processos de controle de acesso efetuados no decorrer do teste de uso da prototipação do sistema.

[illegible]

Figura 27 - Relatórios na Interface de Gerenciamento de Usuários.

Como a intenção do projeto é utilizar e validar o protótipo aqui desenvolvido, em casos onde haja a falta de luz (evento externo ao sistema) é importante ressaltar que a conexão entre cliente e servidor será fechada. Porém, como solução, todas as tags identificadas através do sistema durante o tempo de ausência de energia, serão armazenadas na memória do ESP32, assim, quando a conexão for restabelecida, os dados serão descarregados ao servidor.

4 CUSTO INICIAL DO PROTÓTIPO

Na Tabela 5, é definido uma estimativa do custo inicial do protótipo. É considerado apenas a construção de uma unidade.

Tabela 5 - Custo Inicial do Protótipo

Quantidade	Componente	Custo Médio Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
1	ESP32	39,00	39,00
1	LCD	15,00	15,00
1	Trava Eletromecânica	80,00	80,00
1	Relé	10,50	10,50
1	Tact Switch	2,00	2,00
1	Trimpot 50kΩ	2,00	2,00

2	Resistores	10,00	20,00
1	Transistor Mosfet BS170	7,50	7,50
3	Bateria 3.7V	10,00	30,00
1	Conversor AC-DC	10,00	10,00
1	Conversor DC-DC	10,00	10,00
1	RFID	30,00	30,00
Custo Total (R\$):			256,00

5 CRONOGRAMA

Na Tabela 6, define-se uma previsão de cronograma para o projeto, desde a etapa de definição até a construção do protótipo final do SCAF.

Tabela 6 - Cronograma do Projeto

Data		Assunto
22/04/2019	24/04/2019	Definição do Projeto
29/04/2019	01/05/2019	Documentação do Projeto
06/05/2019	08/05/2019	Documentação do Projeto
13/05/2019	15/05/2019	Comunicação ESP32 com Display LCD 16x2
20/05/2019	22/05/2019	Levantamento e Estudo das Bibliotecas
27/05/2018	29/05/2019	Comunicação Websocket com Servidor Local
03/06/2019	05/06/2019	Comunicação Websocket com Servidor Local
10/06/2019	12/06/2019	Comunicação Websocket com Servidor Local
17/06/2019	19/06/2019	Gerenciamento do Banco de Dados
24/06/2019	26/06/2019	Gerenciamento do Banco de Dados
01/07/2019	03/07/2019	Implementação Interface UI SCAF
08/07/2019	10/07/2019	Implementação Interface UI SCAF

6 CONCLUSÃO

Para fim, o desenvolvimento do presente projeto final da disciplina de Sistemas Ubíquos possibilitou o contato com tecnologias embarcadas, ESP32 e Leitor RFID, sendo possível implementar com sucesso um sistema de controle de acesso por frequência.

Para esse projeto, o maior desafio enfrentado foi relativo ao gerenciamento do servidor, do sistema de arquivo do ESP32 e sincronização das trocas de mensagens, mas com a disponibilidade de bibliotecas e referências investigatórias foi possível sanar essas dificuldades. Foi possível, também, realizar um levantamento do custo gasto para a implementação do protótipo e verificamos que é possível desenvolver um sistema com baixo custo e eficiência.

Ainda, é válido e sugestivo ressaltar que o projeto aqui desenvolvido, poderá servir na implementação de trabalhos futuros em recintos universitários para o controle de frequência pelo Moodle-UFSC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DRYSDALE, Brad. **WebSockets: The web Communication Revolution**. Disponível em <<https://www.infoq.com/presentations/WebSockets-The-Web-Communication-Revolution/>> Acesso em 07 de junho de 2019.

GRECO, Frank. **HTML5 WebSockets: A quantum Leap in Scalability for the Web**. Disponível em <<http://www.websocket.org/quantum.html>>. Acesso em 09 de junho de 2019.