

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO PARÁ - CESUPA
ESCOLA DE NEGÓCIOS, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - ARGO
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

LUCAS HENRIQUE BARBOSA LEÃO
MARCÍSIO ISAÍAS SOUZA FRANCISCO
YGOR ALEJANDRO DA SILVA ARAUJO

**MONOX: MONITORAMENTO E CONTROLE
INTELIGENTE DE MONÓXIDO DE CARBONO**

BELÉM
2022

LUCAS HENRIQUE BARBOSA LEÃO
MARCÍSIO ISAÍAS SOUZA FRANCISCO
YGOR ALEJANDRO DA SILVA ARAUJO

**MONOX: MONITORAMENTO E CONTROLE
INTELIGENTE DE MONÓXIDO DE CARBONO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Negócios, Tecnologia e Inovação do Centro Universitário do Estado do Pará como requisito para obtenção do título de Engenheiro de Computação na modalidade PRODUTO.

Orientador: Me. Johnny Marcus Gomes Rocha.

BELÉM
2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
Biblioteca do CESUPA, Belém – PA

Leão, Lucas Henrique Barbosa.

Monox: monitoramento e controle inteligente de monóxido de carbono / Lucas Henrique Barbosa Leão, Marcísio Isaías Souza Francisco, Ygor Alejandro da Silva Araujo; orientador Johnny Marcus Gomes Rocha. – 2022.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Centro Universitário do Estado do Pará, Engenharia da Computação, Belém, 2022.

1. Sistemas embarcados. 2. Computação em nuvem. 3. Protocolo MQTT. I. Francisco, Marcísio Isaías Souza. II. Araujo, Ygor Alejandro da Silva. III. Rocha, Johnny Marcus Gomes, orient. IV. Título.

CDD 23^a ed. 621.3815

LUCAS HENRIQUE BARBOSA LEÃO
MARCISIO ISAIAS SOUZA FRANCISCO
YGOR ALEJANDRO DA SILVA ARAUJO

**MONOX: MONITORAMENTO E CONTROLE
INTELIGENTE DE MONÓXIDO DE CARBONO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Escola de Negócios,
Tecnologia e Inovação do Centro
Universitário do Estado do Pará como
requisito para obtenção do título de
Engenheiro de Computação na modalidade
PRODUTO.

Data da aprovação: / /

Nota final aluno(a) I: _____

Nota final aluno(a) II: _____

Nota final aluno(a) III: _____

Banca examinadora

Prof. Me. Johnny Marcus Gomes Rocha
Orientador e Presidente da banca

Prof. Me. Pedro Henrique Sales Giroto
Examinador interno

Profa. Me. Suzane Alfaia Dias
Examinadora interna

RESUMO

Este produto foi desenvolvido com o objetivo de prevenir acidentes causados pelo monóxido de carbono em ambientes internos em decorrência da ausência de mecanismos de detecção, monitoramento e controle. Para solucionar esse problema, foi desenvolvido uma solução composta por: sistemas embarcados, para o sensoriamento e controle automatizado do ambiente, servidor em nuvem, para o processamento dos dados coletados, e um ambiente web, para que os usuários possam visualizar toda a operação em tempo real. Para inviabilizar eventuais acidentes letais, toda a operação é automatizada, com auxílio de protocolos de comunicação avançados (MQTT e Web Sockets), ferramentas de programação (C, C++, Javascript, PHP e Node.js), e dispositivos e componentes eletrônicos. Destacamos que, uma vez detectado níveis nocivos de monóxido de carbono, uma notificação de alerta é enviada via e-mail ao responsável e, conseqüentemente, ações de controle ajudam a regularizar o ambiente de modo a garantir a integridade física dos seres humanos presentes no local. Após a regularização do ambiente, é enviado, também, uma notificação de normalização ao responsável, tudo de forma automatizada.

Palavras-chave: Monóxido de carbono; sistema embarcado; servidor em nuvem; ambiente web; protocolo MQTT.

ABSTRACT

This product was developed with the objective of preventing accidents caused by carbon monoxide in indoor environments due to the absence of detection, monitoring and control devices. To solve this problem, a solution was developed consisting of: embedded systems for sensing and controlling the environment, a cloud server for processing the collected data, and a web environment, so that users can view the entire operation in real time. To prevent any lethal accidents, the entire operation is automated, with the help of advanced communication protocols (MQTT and Web Sockets), programming tools (C, C++, JavaScript, PHP and Node.js), and electronic devices and components. We emphasize that, once harmful levels of carbon monoxide are detected, an alert notification is sent via email to the person in charge and, consequently, control actions help to regularize the environment in order to guarantee the physical integrity of the human beings present on site. After the regularization of the environment, a notification of normalization is also sent to the person in charge, all in an automated way.

Keywords: Carbon monoxide; embedded system; cloud server; web environment; MQTT protocol.

SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO	8
1.1. Introdução	8
1.2. Problema	9
1.3. Justificativa	9
1.4. Objetivos	9
1.4.1. Objetivo geral.....	9
1.4.2. Objetivos específicos.....	10
1.5. Estrutura do trabalho	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1. Monóxido de carbono e a saúde humana	10
2.2. Tecnologias de medição de monóxido de carbono	12
2.3. Uso do IoT para o monitoramento remoto de ambientes	17
3. METODOLOGIA	18
3.1. Desenvolvimento do produto	18
3.1.1. Composição e funcionamento da solução MONOX.....	18
3.1.2. Configuração dos dispositivos	20
3.1.3. Placa do sensor	20
3.1.4. Placa de acionadores	21
3.1.5. Esquema elétrico e layout das placas	22
3.1.6. Confecção das placas	24
3.1.7. Plataforma Web.....	27
3.1.8. Banco de dados.....	29
3.1.9. Mercado e público alvo	29
3.1.10. Engenharia de software	30
3.1.11. Tecnologias utilizadas	31
3.1.12. Homologação do MVP.....	33
3.1.13. Comercialização do produto.....	34

3.1.14. Produtos correlatos	35
3.2. Área de trabalho/abrangência	36
3.3. Análise de dados/Uso de arquivos de entrada e saída.....	36
3.3.1. Placa de sensor	36
3.3.2. Servidor	37
3.3.3. Placa de acionadores	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. Placa de sensor	37
4.2. Placa de acionadores.....	40
4.3. Plataforma Web	42
5. CONCLUSÃO	44
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
APÊNDICE A	47
APÊNDICE B	51
APÊNDICE C	53
APÊNDICE D	56
APÊNDICE E	59
APÊNDICE F.....	63

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1 Introdução

O monóxido de carbono é um composto facilmente encontrado nas indústrias, seja na síntese de diversos compostos orgânicos, tais como: ácido acético, ácido fórmico, plásticos, ésteres e álcoois, quanto em agentes redutores na produção de metais, como ferro e níquel, ou até mesmo na combustão incompleta de combustíveis fósseis. Apesar de suas aplicações, é um gás asfixiante muito tóxico que, dependendo da concentração e tempo de exposição, podem levar os indivíduos a diversos problemas fisiológicos, incluindo a morte.

Os acidentes causados por monóxido de carbono ocorrem predominantemente em ambientes fechados, como por exemplo: estacionamentos, quartos de hotéis, saunas e garagens.

Por conta da baixa circulação de ar nestes locais, a concentração desse gás é potencializada e, como consequência disto, há um aumento nos impactos fisiológicos na saúde humana. Um dos principais fatores que corrobora para a perpetuação destes acidentes é a ausência de detecção, monitoramento e controle dessa substância, sobretudo pelo fato do monóxido de carbono ser um gás inodoro, incolor e insípido, tornando-o de difícil detecção humana.

Outra razão para a ocorrência de fatalidades envolvendo monóxido de carbono deve-se à escassez de produtos ou equipamentos capazes de monitorar e regularizar a concentração desta substância no ambiente. Os produtos com custo mais acessíveis são capazes apenas de detectar a presença de gases liquefeitos de petróleo ou fumaça. Em contrapartida, os produtos capazes de detectar e mensurar a concentração de monóxido de carbono são muito caros e requerem ativação manual, proximidade com a fonte de emissão do gás (colocando o usuário em perigo), além de não possuírem qualquer mecanismo capaz de estabilizar o ambiente para a presença humana.

Visando solucionar este impasse, este trabalho de conclusão de curso apresentará a confecção de um produto automatizado capaz de mensurar a concentração de monóxido de carbono, bem como de atuar no ambiente a fim de garantir a integridade da saúde humana. Tal produto permitirá o monitoramento de ambientes através de um ambiente web hospedado na nuvem, capaz de ser acessado a partir de qualquer dispositivo conectado à internet, ademais o produto terá custo consideravelmente inferior aos encontrados no mercado, tendo em vista que fora construído utilizando microcontroladores e componentes eletrônicos analógicos de custo acessível e performance equivalente.

Como proposta de inovação, este trabalho de conclusão de curso irá descrever um produto capaz de detectar, monitorar e regularizar o ambiente de maneira totalmente automatizada. Tal produto é composto por: sistemas embarcados com sensores e atuadores que realizam o monitoramento e controle do ambiente, servidor hospedado na nuvem para o

processamento dos dados coletados, ambiente web para a visualização dessas informações, e notificação automatizada em caso de incidência de uma forte concentração do monóxido de carbono no ambiente. Além de que, este produto é mais sofisticado e barato quando comparado aos demais equipamentos semelhantes presentes no mercado.

1.2 Problema

A emissão de substâncias tóxicas é um dos fatores que mais corroboram para o alto índice de incidentes letais em ambientes internos, como por exemplo: quartos de hotéis, cozinhas industriais e estacionamentos fechados.

Dentre as inúmeras substâncias tóxicas comumente encontradas em ambientes fechados, umas das mais nocivas é o monóxido de carbono (CO), o qual tem sua letalidade potencializada em virtude da ausência de mecanismos de detecção, monitoramento e controle. Tais mecanismos podem ser implementados com o auxílio de IoT (*Internet of things*), ou mais especificamente, por intermédio de dispositivos eletrônicos, tais como: sistemas embarcados, sensores e atuadores.

1.3 Justificativa

O monóxido de carbono é um gás gerado a partir da queima incompleta de materiais ricos em carbono. Embora tenha suas vastas aplicações na indústria, é um gás extremamente asfixiante muito nocivo que, dependendo do tempo de exposição e da concentração inalada, pode ocasionar leves sintomas de envenenamento, dores de cabeça e até falhas na respiração, tendo em vista que a principal via de intoxicação com o monóxido de carbono é a respiratória, que faz com que o CO chegue aos pulmões rapidamente e cause a intoxicação ou até mesmo leve o indivíduo à morte.

Deste modo, é cabível haver monitoramento de monóxido de carbono em ambientes internos a fim de garantir a salubridade e a segurança no interior desses ambientes, e por consequência, evitar possíveis complicações à saúde dos seres humanos presentes nesses locais.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

Desenvolver um produto capaz de realizar a detecção, monitoramento e o controle do monóxido de carbono em ambientes fechados.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar a revisão literária acerca das temáticas envolvidas.
- Projetar e confeccionar um sistema embarcado capaz de detectar, analisar e regularizar automaticamente o nível de monóxido de carbono no ambiente.
- Estabelecer uma comunicação entre o sistema embarcado e o servidor hospedado na nuvem responsável pelo processamento dos dados coletados.
- Elaborar uma interface web responsável por fornecer remotamente os estados atuais dos ambientes aos usuários.

1.5 Estrutura do trabalho

O trabalho consiste em um primeiro capítulo contendo a introdução, na qual é contextualizado os acidentes causados pelo monóxido de carbono, de modo a informar as principais fontes emissoras desse gás, bem como os ambientes onde mais comumente ocorrem acidentes em decorrência da alta concentração desta substância. O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica, na qual abordou-se os impactos fisiológicos na saúde humana em decorrência dos níveis de concentração de monóxido de carbono no sangue, além de apresentar a legislação vigente responsável pela regulamentação da concentração e exposição a esta substância, de modo a estabelecer os parâmetros necessários para o desenvolvimento de dispositivos IOT, os quais serão responsáveis pelo monitoramento e controle do meio, de modo a garantir um ambiente seguro para presença humana. O terceiro capítulo, apresenta o desenvolvimento dos sistemas embarcados, desde o processo de seleção dos componentes eletrônicos, usinagem das placas, protocolos de comunicação até a forma de hospedagem e tratamento dos dados na nuvem, por intermédio de frameworks e linguagens de programação Web. O quarto capítulo discorre sobre a análise e discussão dos infográficos obtidos com base na mensuração da concentração do monóxido de carbono em tempo real, seguido da conclusão referente a viabilidade do produto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Monóxido de carbono e a saúde humana

Um ambiente com o ar inadequado é um grave problema para o ser humano, dado que grande parte da população, ao menos em países industrializados, convive a maior parte do seu tempo em locais fechados. Dessa forma, a qualidade do ar interior pode afetar consideravelmente mais a saúde humana do que a qualidade do ar exterior (GOMES, 2001). Isto é, a exposição a

substâncias tóxicas corrobora para o desenvolvimento de doenças na população, na qual as classes mais afetadas com essa poluição são as crianças e os idosos (LIMA; SILVA, 2016).

A respeito das substâncias químicas prejudiciais aos seres humanos, destaca-se o monóxido de carbono (CO). Trata-se de um gás inodoro, incolor e insípido, pertencente ao grupo de poluentes gasosos, cuja concentração em interiores pode ser significativamente aumentada pela combustão incompleta de combustíveis ricos em carbono, tais como: madeira, gasolina, querosene ou gás. Tal poluente é produzido tanto por fontes de emissão naturais quanto por processos provocados pelo ser humano. Dentre as fontes de emissão naturais, podemos evidenciar: as queimadas florestais espontâneas, as erupções vulcânicas e a decomposição de clorofila, enquanto, em decorrência das atividades humanas, podemos destacar: a queima de gás natural em aquecedores ineficientes, escape de gás de cozinha ou forno a lenha em locais mal ventilados e, principalmente, a queima incompleta de combustíveis oriundos de veículos automotores (WHO, 1999).

O monóxido de carbono (CO) é um gás extremamente tóxico. O CO combina-se com a hemoglobina do sangue, da mesma forma que o oxigênio (O₂). Em virtude da ligação do CO com a hemoglobina ser cerca de 300 vezes mais intensa do que com o O₂, bastam pequenas quantidades de CO no ar para bloquear uma fração apreciável da hemoglobina (FELLENBERG, 1980).

As substâncias químicas podem se tornar nocivas aos seres humanos quando submetidas sob certas condições. Os possíveis fatores que podem influenciar para que isso ocorra são: longos períodos de exposição e/ou altas taxas de concentração (OMS, 2000). A exposição a concentrações muito altas de CO resulta em dores de cabeça, fadiga, perda de consciência e, eventualmente, morte (JOBIM; LOPES; MORTARI, 2015). Demais sintomas podem ser observados no quadro 1.

Quadro 1 - Relação entre o teor de CO do ar e a formação de Carboxihemoglobina (COHb) no sangue.

Concentração de CO no ar	Proporção de COHb no sangue	Sintomas Clínicos
60 ppm = 0,006% em Vol	10%	Indícios de dificuldade visual e dor de cabeça leve.
130 ppm = 0,013% em Vol	20%	Dores abdominais e de cabeça, cansaço e primeiras manifestações de perda dos sentidos.

200 ppm = 0,020% em Vol	30%	Desmaio, paralisia, primeiros distúrbios respiratórios e possibilidade de colapso das funções circulatórias.
660 ppm = 0,066% em Vol	50%	Coma, paralisia e bloqueio das funções respiratórias.

Fonte: FELLEBERG, 1980.

Quadro 2 – Relação entre concentração de CO e sintomas clínicos.

Concentração de CO(PPM)	Sintomas em seres humanos
10	Nenhum
15	Diminuição da capacidade visual
60	Dores de cabeça
100	Tonturas e fraqueza muscular
270	Inconsciência
800	Morte

Fonte: Adaptado INEP, 1998.

2.2 Tecnologias de medição de monóxido de carbono

A legislação brasileira vigente que dispõe acerca do regulamento que rege os limites da concentração de poluentes emitidos no ar é a resolução nº 491/2018 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, sendo este usado como padrão de avaliação para a qualidade do ar atmosférico. O limite de exposição ao monóxido de carbono permitido é de no máximo 9 ppm, em uma média móvel de 8 horas diárias (CONAMA, 2018).

Quadro 3 – Concentração máxima de poluentes permitidos.

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF	
		mg/m ³	m/m ³	mg/m ³	mg/m ³	ppm
Material Particulado - MP10	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Material Particulado - MP2.5	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual ¹	20	17	15	10	-
Dióxido de Enxofre - SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual ¹	40	30	20	-	-
Dióxido de Nitrogênio - NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	-
Ozônio - O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	80	-
Chumbo - Pb ₅	Anual ¹	-	-	-	0,5	-
1 - média aritmética anual						
2 - média horária						
3 - máxima média móvel obtida no dia						
4 - média geométrica anual						
5 - medido nas partículas totais em suspensão						

Fonte: CONAMA, 2018.

Um dos equipamentos usados para realizar a medição de diversos gases, inclusive o monóxido de carbono, é o Analisador de Gases Discovery G4. Tal equipamento é homologado pelo INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - e é bastante utilizado no âmbito da inspeção veicular ambiental a fim de avaliar se os níveis de concentração dos gases emitidos por veículos movidos à gasolina, etanol, GNV e bimetano estão de acordo com os limites estabelecidos pelo regulamento criado pelo CONAMA (NETO, 2009).

Figura 1 – Analisador de Gases Discovery G4.



Fonte: ALFATEST, 2013.

O Analisador de Gases Discovery G4 é um equipamento capaz de determinar o volume percentual de CO (Monóxido de carbono), CO₂ (Dióxido de carbono), HC (Hidrocarboneto) e O₂ (Oxigênio) contidos nos gases emitidos pelos veículos automotores. Para seu pleno funcionamento, faz-se necessário haver os componentes básicos: sonda coletora de gases do escapamento, mangueira da sonda, sensor de temperatura, pinça indutiva, desacoplador óptico RPM, cabo de comunicação com o computador, cabo de alimentação AC (ALFATEST, 2013).

Figura 2 - Sonda coletora de gases do escapamento.



Fonte: LIMA; SILVA, 2016.

Para realizar o monitoramento do monóxido de carbono com este equipamento, é necessário conectá-lo fisicamente a um computador que tenha o software de interface gráfica proprietário Discovery G4. Após isso, deve-se conectar a sonda coletora diretamente no escapamento do veículo automotor com o objetivo de capturar os dados na fonte da emissão para posterior leitura no software do usuário (ALFATEST, 2013).

Figura 3 - Software de interface gráfica proprietário Discovery G4.



Fonte: ALFATEST, 2013.

Figura 4 – Ilustração da medição do monóxido de carbono em veículos automotores.



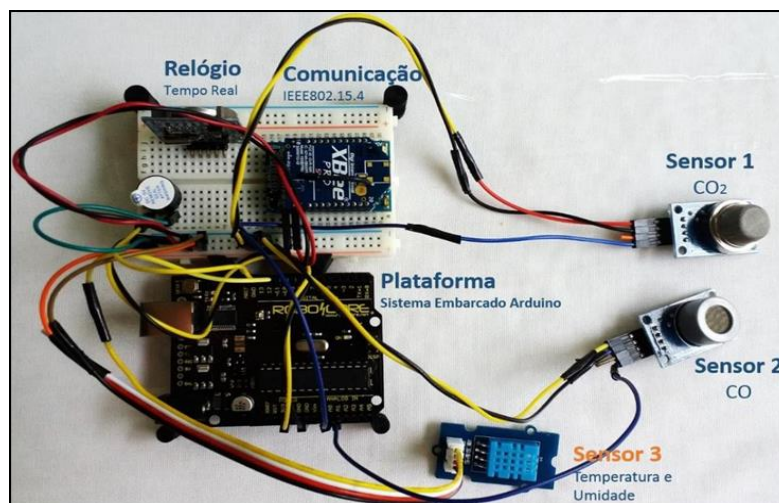
Fonte: LIMA; SILVA, 2016

Além do equipamento citado acima, há um componente eletrônico chamado MQ-7, o qual é bastante utilizado para o sensoriamento de monóxido de carbono, sobretudo em ambientes internos, dado que este sensor é capaz de mensurar a concentração de monóxido de carbono na faixa de 0 a 500 ppm (HANWEI, 2010).

A detecção do monóxido de carbono é feita com base em ciclos de alta e baixa temperatura do elemento aquecedor, de tal forma que, no ciclo de alta temperatura ocorre a eliminação de vestígios de leituras anteriores e o de baixa torna possível a detecção do monóxido através da variação da condutividade do elemento químico SnO₂ (HANWEI, 2010).

A detecção é feita através da técnica de ciclos de alta e baixa temperatura, o elemento aquecedor do sensor é alimentado, por um breve período, com tensão de 5V e, em seguida, a tensão é reduzida para 1.5V. A condutividade do elemento químico presente no sensor aumenta conforme a presença do monóxido de carbono, permitindo a leitura do nível de gás nocivo no ambiente. Ao reiniciar o ciclo, a concentração de gás detectada anteriormente pelo elemento químico SnO₂ é limpa (devido à alta temperatura do elemento aquecedor ao ser alimentado por 5V), de modo que a nova leitura seja efetiva (HANWEI, 2010).

Figura 5 – Ilustração do uso do sensor MQ-7 em circuitos eletrônicos.



Fonte: COSTA, 2015.

Figura 6 – Ilustração da medição do monóxido de carbono em veículos automotores com o uso do sensor MQ-7.



Fonte: LIMA; SILVA, 2016.

Foram coletadas amostras de monóxido de carbono no sistema de exaustão dos veículos automotores em marcha lenta e a 2500 rpm. A diferença entre a resposta do sensor MQ-7 e o analisador de gases Discovery G4 é muito pequena na faixa de concentração de CO medida. Desta forma, foi possível aferir uma boa correlação entre os valores de medição do analisador de gases Discovery G4 e o sensor MQ-7 para o monitoramento da emissão do monóxido de carbono (LIMA e SILVA, 2016).

Figura 7 - Gráficos da concentração de CO em % medida para os veículos testados.



Fonte: LIMA; SILVA, 2016.

2.3 Uso do IoT para o monitoramento remoto de ambientes

A ampla utilização da internet e a associação com sistemas microcontrolados propiciou o desenvolvimento de um novo conceito em tecnologia: Internet das Coisas (CANTÚ, 2013). O conceito de Internet das Coisas consiste em uma rede capaz de suportar a interação entre diversos dispositivos distintos presentes em um ambiente. Por sua vez, os sistemas microcontrolados são responsáveis por possibilitar a automação desses dispositivos através dos seus softwares embarcados os quais podem executar tarefas predefinidas ou atuar de acordo com dados coletados no ambiente (CANTÚ, 2013).

Com a internet das coisas, é possível que diversas informações sejam coletadas de um ambiente, processadas remotamente e transferidas através da internet (CANTÚ, 2013).

Um ambiente IoT é composto por milhares de dispositivos distintos conectados à Internet interagindo entre si. Para isso, é necessário haver novos padrões de comunicação específicos para esta finalidade, já que as tecnologias de transmissão atuais não atendem aos requisitos dos dispositivos IoT, como por exemplo: economia no consumo energético, baixa demanda de largura de banda, suporte para grande quantidade de dispositivos na rede e baixo custo de aquisição (CONCEIÇÃO; COSTA, 2018).

Um protocolo de comunicação ideal para a transferência de informações no âmbito do IoT é o MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), por conta desse protocolo ser leve, aberto, simples e projetado para ser fácil de implementar. Estas características o tornam ideal para ser usado em muitas situações, incluindo ambientes restritos, como por exemplo: nos contextos de

comunicação Máquina para Máquina (M2M) e IoT, onde códigos que ocupam pouca memória são necessários e/ou a largura de banda da rede é limitada (FREITAS, 2017).

A arquitetura do protocolo MQTT é baseada no modelo cliente/servidor. Os dispositivos sensores são clientes que se conectam a um servidor (chamado de broker) usando UDP (*User Datagram Protocol*). As mensagens a serem transmitidas são publicadas para um endereço (chamado de tópico), que inclusive, assemelha-se a uma estrutura de diretórios em um sistema de arquivos, por exemplo: casa/quarto2/temperatura. Clientes, por sua vez, podem se inscrever para vários tópicos, tornando-se assim capazes de receber as mensagens que outros clientes publicam neste tópico (JAFNEY, 2014).

Em geral, o servidor (chamado de broker) é baseado no modelo de computação em nuvem. Este modelo baseia-se na entrega de recursos de TI sob demanda por meio da Internet com definição de preço de pagamento conforme o uso. Em vez de comprar, ter e manter datacenters e servidores físicos, é possível acessar serviços de tecnologia, como capacidade computacional, armazenamento e bancos de dados, conforme a necessidade, usando um provedor de nuvem. Este modelo visa fornecer, basicamente, três benefícios. O primeiro benefício é reduzir o custo na aquisição e composição de toda infraestrutura requerida para atender as necessidades do projeto, podendo essa infraestrutura ser composta sob demanda e com recursos heterogêneos e de menor custo. O segundo é a flexibilidade que esse modelo oferece no que diz respeito à adição e substituição de recursos computacionais, podendo escalar tanto em nível de recursos de hardware quanto software para atender as necessidades dos usuários. O último benefício é prover uma abstração e facilidade de acesso aos usuários destes serviços. Neste sentido, os usuários dos serviços não precisam conhecer aspectos de localização física e de entrega dos resultados destes serviços. (SOUSA, 2009).

3 METODOLOGIA

3.1 Desenvolvimento do produto

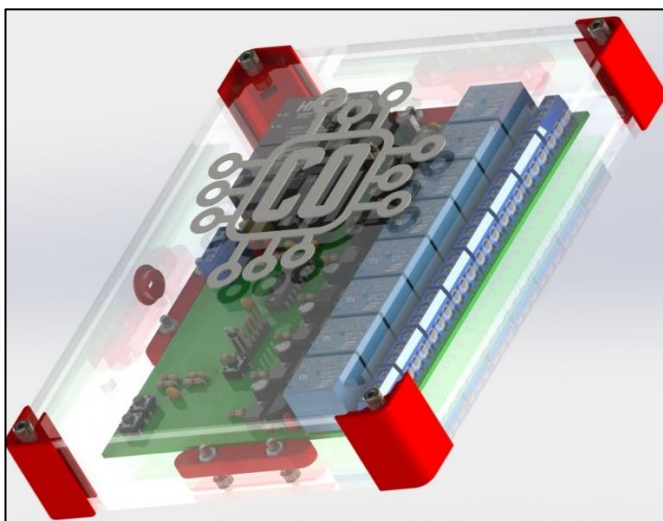
3.1.1 Composição e funcionamento da solução MONOX

A solução é composta por quatro partes: placa do sensor, servidor em nuvem, placa dos acionadores e plataforma web. Existe a possibilidade do uso de várias placas sensor e de acionadores, em virtude de a solução ser facilmente escalável.

A placa com sensor faz a leitura do nível de monóxido de carbono no ambiente e envia pela internet, através de conexão sem fio, para o servidor em nuvem, onde é realizado o processamento dos dados. O processamento consiste na análise da leitura do sensor, na qual é verificado se o nível recebido excedeu o limiar de segurança pré-configurado pelo usuário, e, caso afirmativo,

são enviados comandos para a placa dos acionadores, de forma que o ambiente possa ser normalizado de forma automatizada e em tempo hábil. Além de realizar o processamento, o servidor em nuvem também encaminhará a leitura do sensor para uma interface web, permitindo que o usuário consiga visualizar o nível de monóxido naquele ambiente, assim como o estado do acionador controlado pelo sensor em questão.

Figura 8 – Modelagem renderizado do case da placa dos acionadores.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 9 – Modelo renderizado do case da placa do sensor.



Fonte: Autor, 2022.

Cada placa de acionadores contém oito dispositivos eletromecânicos isolados, capazes de controlar a ativação ou desativação de cargas por meio de seus contatos normalmente abertos e normalmente fechados. Como exemplos de acionadores úteis podemos citar exaustores/ventiladores industriais e insufladores de ar.

A estrutura do servidor em nuvem permite o fácil escalonamento de dispositivos, visto que cada sensor ou acionador é tratado como um tópico no protocolo MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*). A estrutura de tópicos consiste na seguinte sintaxe:

- MAC_da_placa/tipo_da_placa/modelo_sensor, para placas do tipo sensor
- MAC_da_placa/tipo_da_placa/numero_do_acionador, para placas do tipo acionador.

Desta maneira é simples ter um ou mais sensores e acionadores.

3.1.2 Configuração dos dispositivos

O MONOX dispõe de reconexão automática com a rede WiFi e/ou servidor em caso de queda de energia ou indisponibilidade da rede. Além de que, caso a placa dos acionadores seja desligada, ao ligá-la novamente ocorrerá a restauração dos estados de suas saídas ao que estava antes do desligamento.

A interface com o usuário do MONOX permite a configuração de parâmetros como: rede SSID (*Service Set Identifier*) e senha do WiFi, e-mail para notificação (atribui-se 0 (zero) para não notificar), tópico do acionador (atribui-se 0 (zero) para não utilizar o acionador), limiar de alerta para o nível de monóxido, em ppm, intervalo para atualização de envio dos dados do sensor para o servidor, em segundos.

Para acessar a interface de configuração, basta manter pressionado o botão “FUNÇÃO” antes de ligar a placa. O LED de status piscará 5 vezes, indicando a alteração do modo de rede para *Access Point* e a abertura do ponto de acesso para configuração. O ponto de acesso tem como SSID o padrão “cfg_MAC-DA-PLACA_TIPO-PLACA” e a senha pré-definida é “12345678”. Ao efetuar as configurações, o ponto de acesso é automaticamente fechado e o modo de funcionamento da rede retorna para STA (*Station*).

3.1.3 Placa do sensor

Como premissa do produto, é necessário enviar dados de um sensor de monóxido de carbono para um servidor hospedado na nuvem através da internet por conexão sem fio para, somente então, haver o tratamento desses dados e as ações para a normalização do ambiente entrarem em vigor, caso necessário. Com base na premissa, foi definido um sensor capaz de detectar o gás monóxido de carbono e um microcontrolador capaz de conectar-se à internet através de rede WiFi e que dispõe de portas para entrada ou saída digitais e uma entrada analógica adequados ao produto, tendo poder de processamento e memórias RAM e ROM suficientes para a aplicação: MQ7, da Hanwei Electronics e o ESP8266EX, da Espressif, no módulo ESP12.

O ESP12 é equipado com um processador RISC de 32-bits Tensilica LX106, com clock máximo de 160MHz, memória RAM de 32KB para instruções, 96KB para dados e ROM de

64KB, barramentos I2C e SPI, conversor analógico-digital, portas para entrada ou saída, tensão de funcionamento entre 2.5 e 3.6V, entre outros recursos. Com o barramento SPI é possível o acesso à memória flash que, além de armazenar o programa, possibilita a utilização do recurso OTA (Over-The-Air), ideal para atualizações autônomas de firmware. Os recursos citados são utilizados no projeto (ESPRESSIF, 2008).

O sensor de monóxido de carbono utilizado é o MQ-7, o qual possui o elemento químico dióxido de estanho, SnO₂, capaz de detectar a presença de monóxido de carbono no ambiente em concentrações de 0 até 500 ppm. Tem como características principais a alta durabilidade, custo acessível, calibração, leituras confiáveis e circuito de controle simplificado (HANWEI, 2010).

A detecção é feita através da técnica de ciclos de alta e baixa temperatura, o elemento aquecedor do sensor é alimentado, por um breve período, com tensão de 5V e, em seguida, a tensão é reduzida para 1.5V. A condutividade do elemento químico presente no sensor aumenta conforme a presença do monóxido de carbono, permitindo a leitura do nível de gás nocivo no ambiente. Ao reiniciar o ciclo, a concentração de gás detectada anteriormente pelo elemento químico SnO₂ é limpa (devido à alta temperatura do elemento aquecedor ao ser alimentado por 5V), de modo que a nova leitura seja efetiva (HANWEI, 2010).

É importante ressaltar que o sensor MQ-7 novo requer que o seu elemento aquecedor seja alimentado por 5V (ciclo alto) durante 48h, para garantir a limpeza do elemento químico após o processo de fabricação, manuseio na montagem e exposição a umidade excessiva ou outros elementos (HANWEI, 2010).

3.1.4 Placa de acionadores

A placa dos acionadores dispõe de um circuito integrado denominado 74HC595N, um registrador de deslocamento de 8-bits que permite, com o uso de apenas três portas do microcontrolador, o controle de oito dispositivos por circuito integrado. Há a possibilidade de cascatear mais de um 74HC595N, com o número resultante de saídas sendo igual ao número de circuitos integrados em cascata multiplicado por oito. Mesmo que o número de registradores de deslocamento seja aumentado, o número de portas de controle permanece o mesmo: três (NXP, 2011).

Um componente com importante função na placa de acionadores é o relé, sendo este um dispositivo eletromecânico com a finalidade de comutar os contatos de uma ou mais chaves, dependendo do modelo do relé. É formado por uma bobina e um ou mais contatos reversíveis. É utilizado para fazer o acionamento do dispositivo a ser utilizado para normalizar o ambiente.

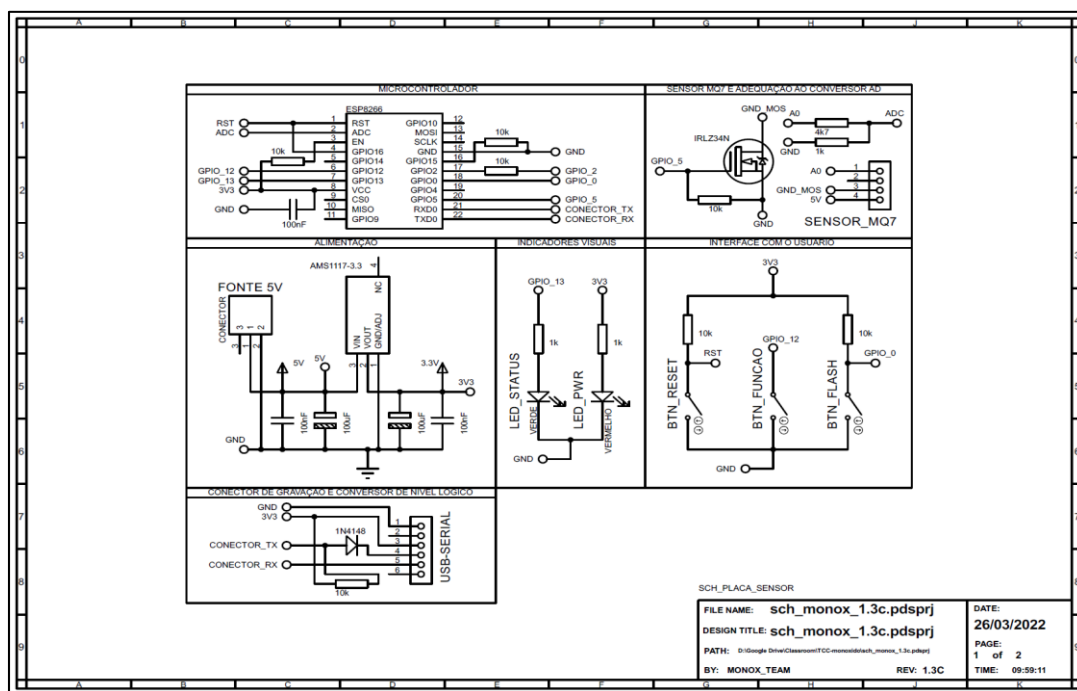
É importante ressaltar a utilização de optoacopladores para o acionamento dos relés, visto que são componentes que podem causar instabilidade em circuitos sensíveis, como os

microcontrolados, durante o acionamento de sua bobina ou, até mesmo, da carga em seus contatos. Isso ocorre devido a interferência eletromagnética causada durante o acionamento de dispositivos eletromecânicos. Há duas formas de resolver esse tipo de problema: com um circuito denominado *Snubber*, no lado dos contatos do relé ou com optoacopladores (ou fotoacopladores). Optou-se pela segunda opção, provendo isolamento total entre o circuito de controle e o circuito de acionamento da carga. Tal isolamento é perfeitamente capaz pois, além de utilizar-se os optoacopladores como interface entre o microcontrolador e os relés, ainda utilizou-se uma fonte de alimentação DC (Direct Current) exclusiva para a alimentação dos relés, com seu aterramento separado do aterramento principal.

3.1.5 Esquema elétrico e layout das placas

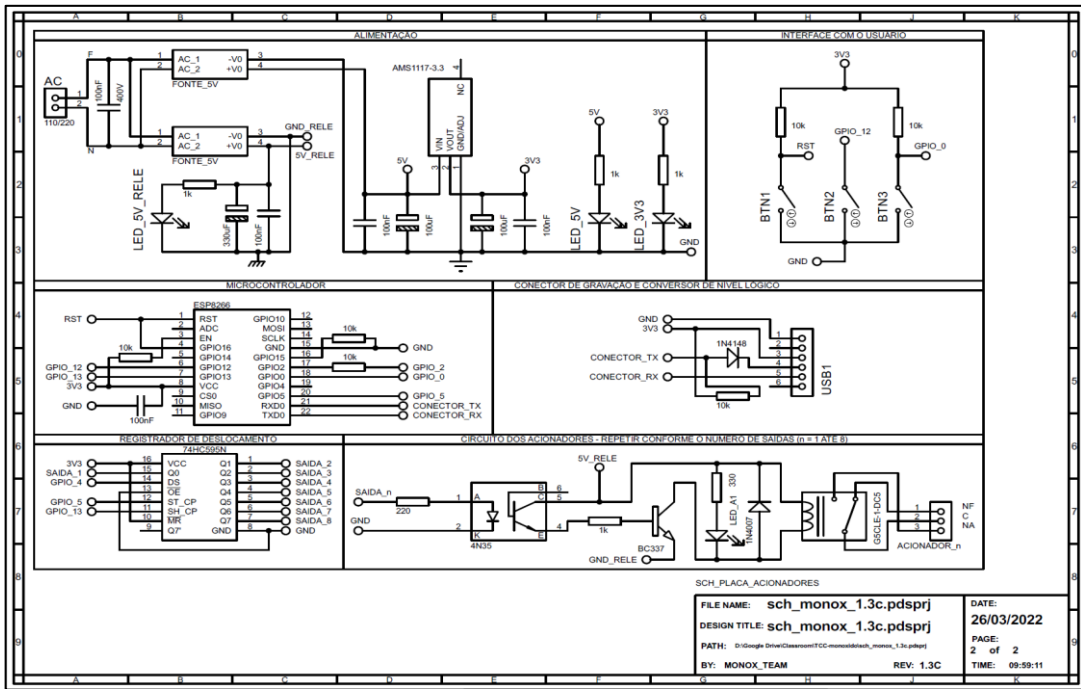
Feita a escolha dos principais componentes eletrônicos, iniciou-se o desenho do esquema elétrico dos circuitos presentes na placa do sensor e na dos acionadores, além do layout das respectivas placas de circuito impresso. Para tal finalidade, foi utilizado um software CAD (*Computer-Aided Design* ou desenho assistido por computador) para projeto de circuitos eletrônicos, denominado Proteus.

Figura 10 - Esquema elétrico da placa do sensor.



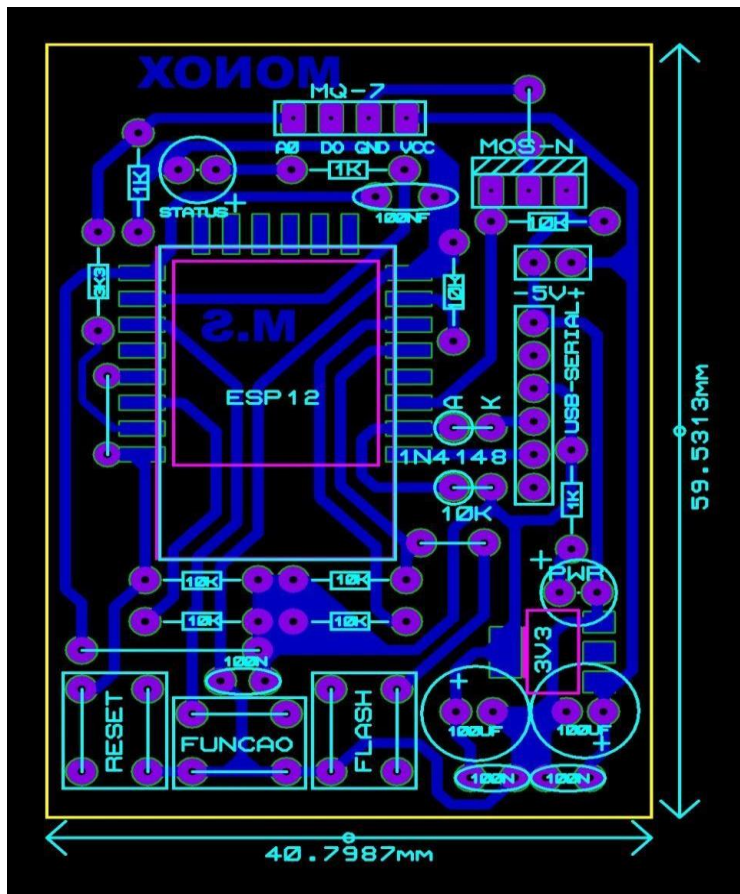
Fonte: Autor, 2022.

Figura 11 - Esquema elétrico da placa dos acionadores.



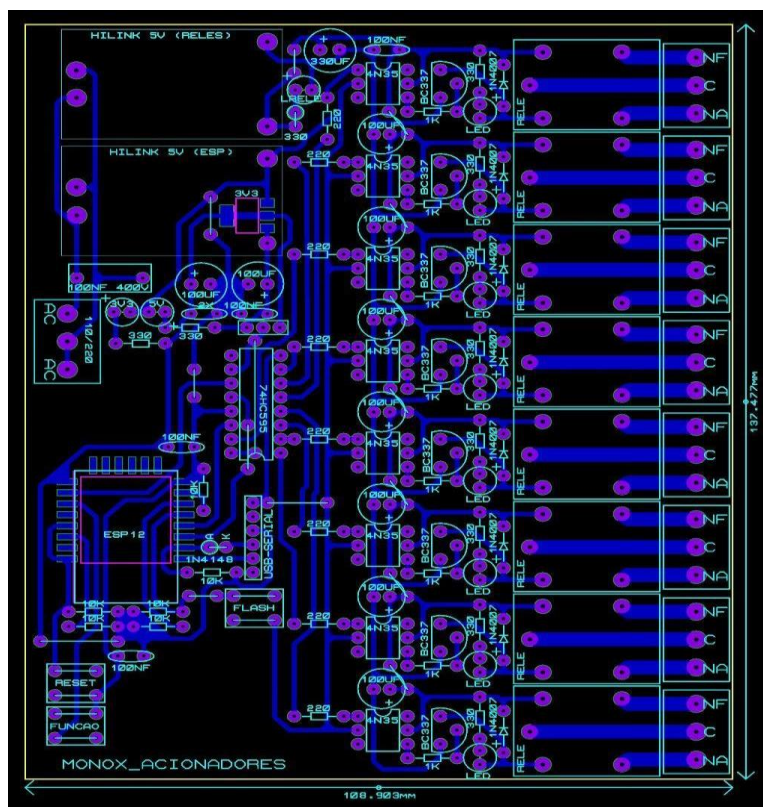
Fonte: Autor, 2022.

Figura 12 - Layout da placa do sensor.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 13 - Layout da placa dos acionadores.



Fonte: Autor, 2022.

3.1.6 Confeção das placas

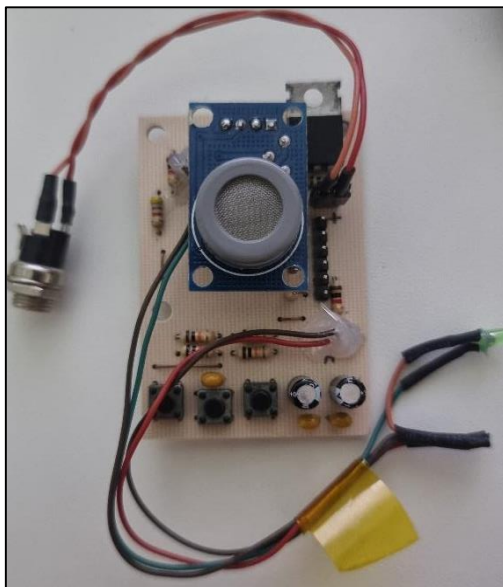
Com os esquemas elétricos e layouts prontos, foi inicializada a construção das placas para o protótipo do produto.

O Proteus permite a exportação do layout das placas para arquivos Gerber e Excellon, formatos em um padrão universal composto pela combinação de comandos utilizados por máquinas CNC (*Computerized Numerical Control*) e tem como objetivo transferir o layout para a placa de circuito impresso. Também permite a criação de modelos 3D das placas desenhadas, com fidelidade aos detalhes.

A conversão dos arquivos Gerber e Excellon gerados anteriormente para coordenadas cartesianas de máquina, denominados *G-Codes*, foi feita através um software CAM (*Computer-Aided Manufacturing*) de código-aberto, denominado *FlatCAM*. Três tipos de percursos foram gerados para cada placa: o percurso para as trilhas, utilizando fresa do tipo V, com ângulo de 90 graus e ponta com 0.1mm, percursos para os furos, que utilizam brocas de 0.8mm, 1.2mm e 3mm e o percurso do corte, que utiliza uma fresa, do tipo raiada, com diâmetro de 1.5mm. Foi utilizada uma router CNC caseira para a usinagem das trilhas, perfuração e cortes necessários. O material escolhido das placas foi fibra de vidro, devido à alta durabilidade e menor capacidade higroscópica do que o fenolite, com camada de cobre de 1 Oz (0.035mm) e espessura de 1.6mm.

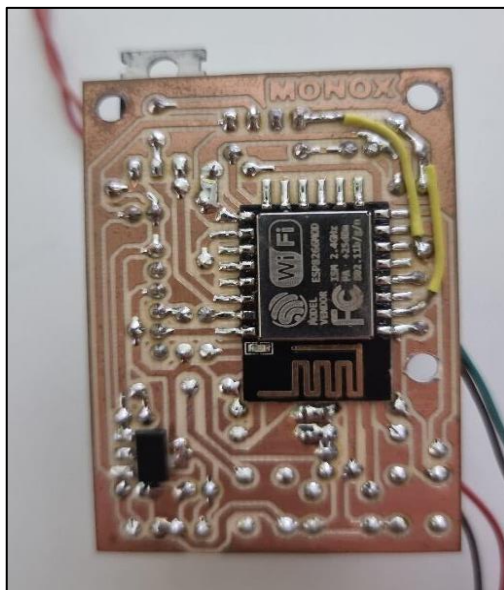
Após a confecção das placas, foi efetuada a soldagem dos componentes nas placas e constatou-se o funcionamento delas, tornando possível o avanço nos testes.

Figura 14 – Vista frontal da placa do sensor.



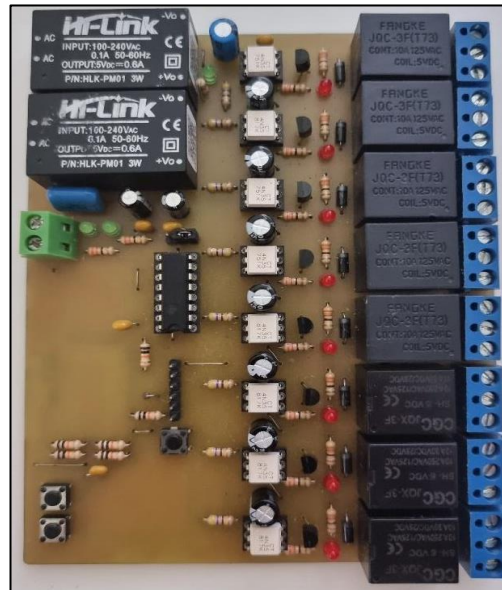
Fonte: Autor, 2022.

Figura 15 – Vista traseira da placa do sensor.



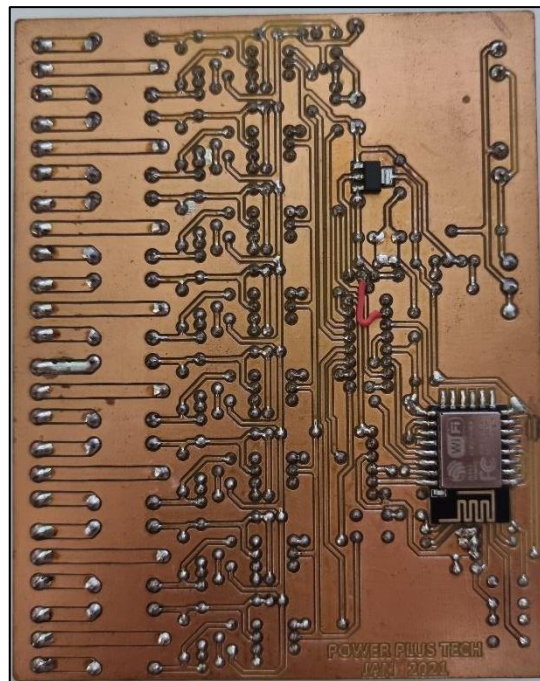
Fonte: Autor, 2022.

Figura 16 – Vista frontal da placa dos acionadores.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 17 – Vista traseira da placa dos acionadores.

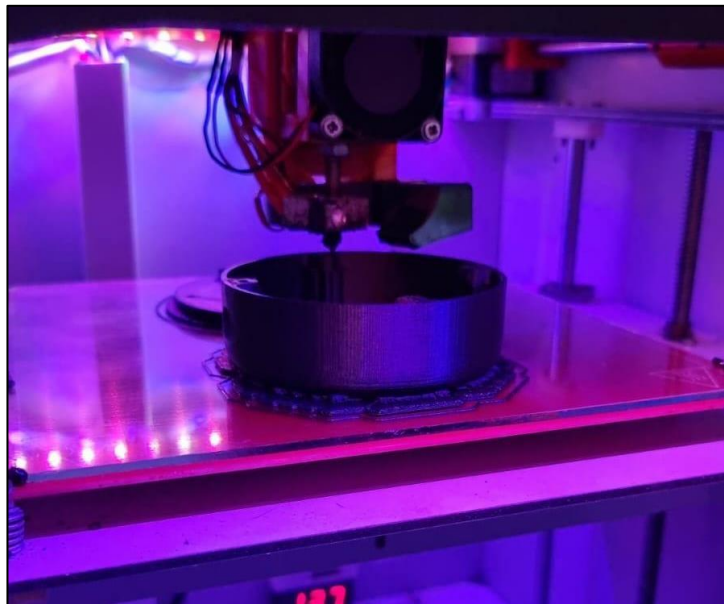


Fonte: Autor, 2022.

Foi, então, iniciado o projeto das estruturas para alojar as placas, principalmente a do sensor, tendo em vista o contato visual com o usuário e o apelo estético neste design.

Por fim, fora utilizado um software CAD para modelagem dos cases, com base no desenho 3D das placas, o que possibilitou a noção precisa de posicionamento. Com os cases criados, foi possível exportar em formato STL (*Standard Triangle Language*) - formato comumente utilizado na produção dos mesmos em impressora 3D.

Figura 18 – Confecção do case em impressora 3D.



Fonte: Autor, 2022

3.1.7 Plataforma Web

A plataforma Web fornecida aos usuários do MONOX é composta por: uma *Landing page*, para captação de novos clientes e exposição do produto, sistema de login, para autenticação e cadastro de novos usuários e/ou empresas, e um ambiente do usuário, feito inteiramente para proporcionar aos usuários uma maneira sofisticada de monitoramento em tempo real de toda a operação, desde o sensoriamento ao acionamento dos atuadores, por meio de gráficos e figuras ilustrativas.

O desenvolvimento da plataforma Web pode ser elucidado a partir da seguinte sequência de etapas: análise e definição de requisitos, design, implementação, validação e testes.

Na etapa inicial do desenvolvimento, análise e definição de requisitos, foi realizado um levantamento dos requisitos, onde foram definidas as funcionalidades, características e mecanismos que seriam imprescindíveis para a composição de uma plataforma Web ideal aos usuários.

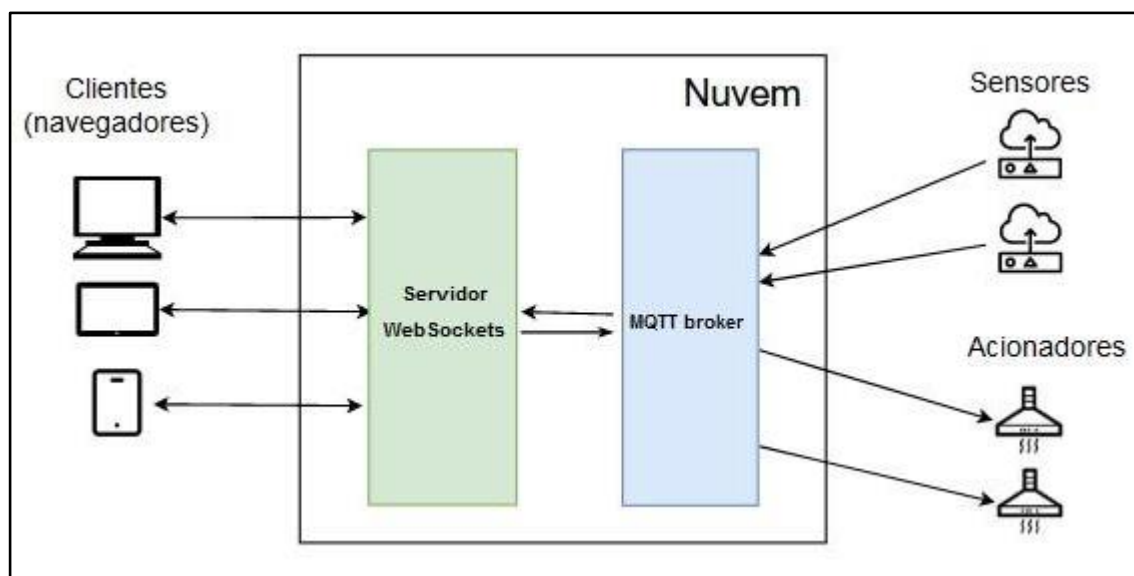
Na etapa de design, foram levados em consideração aspectos importantes durante a prototipação das telas, tais como: experiência do usuário, para garantir uma satisfatória interação com a plataforma Web durante sua utilização, e design minimalista, para evitar o excesso na utilização de elementos visuais com o intuito de garantir o pleno entendimento do produto pelos usuários.

Durante a etapa de implementação, foi realizada, inicialmente, a concepção e codificação de toda a interface visual da aplicação Web, conhecida como *Front-end*, sempre atentando-se às características importantíssimas presentes nas interfaces modernas, como por exemplo:

responsividade. Tal característica garante a plena visualização da interface de uma aplicação Web pelos seus usuários, independente da dimensão e formato de seus dispositivos. Posteriormente, foi desenvolvido toda a estrutura operacional e seus processos internos, também conhecido como *Back-end*, necessários para permitir o funcionamento das funcionalidades projetadas. Tal estrutura operacional contempla o uso de: banco de dados, para o armazenamento organizado e estruturado das informações, APIs (*Application Programming Interfaces*), para a integração entre os segmentos internos e externos, e servidores, para permitir a comunicação entre os serviços.

Ao longo da etapa de implementação, foi necessário adotar os protocolos de comunicação MQTT e WebSocket, com intuito de receber as mensagens enviadas aos tópicos contidos no servidor MQTT (chamado de *Broker*) e exibi-las em tempo real na dashboard presente no ambiente do usuário na plataforma Web. A figura 19 ilustra a implementação e utilização dos protocolos citados anteriormente.

Figura 19 – Ilustração da arquitetura usada para a comunicação.



Fonte: Autor, 2022.

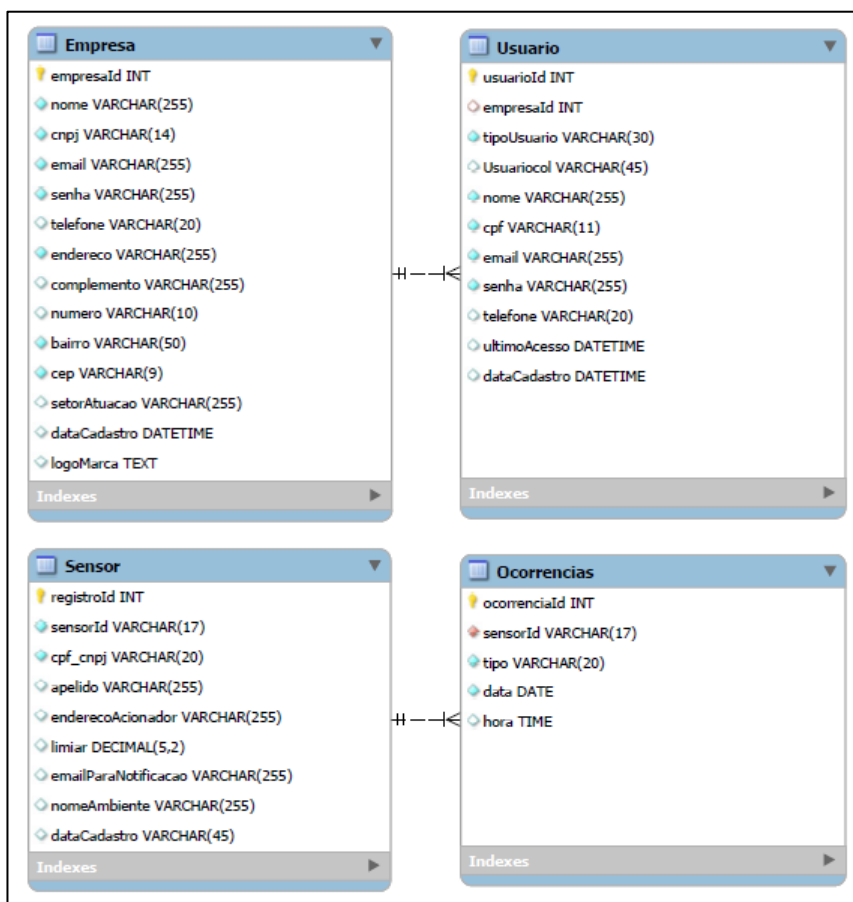
O protocolo de comunicação WebSockets é uma tecnologia avançada que permite a criação de um canal bidirecional (ou *Full-duplex*) entre o cliente e o servidor. Com esta tecnologia, é possível criar conexões persistentes de baixa latência e orientadas a eventos entre o cliente e servidor, de modo que, os permite enviar dados simultaneamente através de um mesmo canal de comunicação. Ideal para aplicações em tempo real (ex: jogos online, ferramentas de edição colaborativa e dashboard de monitoramento).

Por fim, na etapa de validação e testes, foram realizados os testes necessários para validar e homologar as funcionalidades disponibilizadas pelo produto aos usuários.

3.1.8 Banco de dados

Para o armazenamento das informações de maneira organizada e estruturada, foi projetado um banco de dados em um formato compacto, otimizado e simplificado. O SGBD (Sistema de gerenciamento de banco de dados) escolhido para esta finalidade foi o MySQL por sua facilidade de integração com servidores Web e diferentes linguagens de programação, velocidade de execução de instruções SQL (*Structured Query Language*) e processamentos dos dados, além da facilidade no uso. Todas as tabelas, suas colunas e seus relacionamentos podem ser ilustrados através da figura 20.

Figura 20 – Diagrama esquemático do banco de dados.



Fonte: Autor, 2022.

3.1.9 Mercado e público-alvo

Após ser realizada a pesquisa de mercado em relação a produtos e soluções comercializados em território nacional, constatou-se a ausência de dispositivos capazes de mensurar e principalmente regularizar a concentração do monóxido de carbono em ambientes internos, sendo este o principal diferencial da solução MONOX.

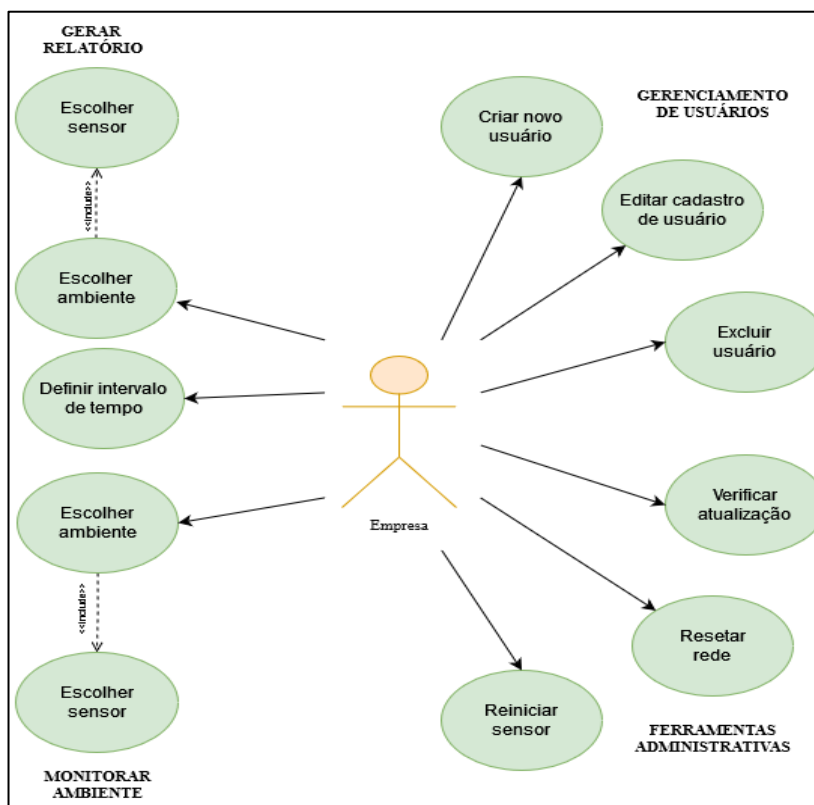
Diante de sua arquitetura escalável, o MONOX visa suprir a demanda de diversos cenários, desde o monitoramento dessa substância em ambientes domésticos, bem como a

medição e controle constante deste elemento químico em indústrias e estabelecimentos comerciais.

3.1.10 Engenharia de software

3.1.10.1 Diagrama de caso de uso estendido

Figura 21 – Diagrama de caso de uso.



Fonte: Autor, 2022.

O diagrama de caso de uso acima (Figura 21) ilustra claramente todas as funcionalidades oferecidas aos usuários por meio da plataforma Web. Sendo estas:

- **Gerenciamento de usuários:** permite que uma empresa cadastrada na plataforma Web crie, gere e exclua usuários com níveis de acesso e recursos disponíveis limitados.
- **Geração de relatório:** permite que uma empresa cadastrada na plataforma Web gere relatórios em PDF, os quais descrevem detalhadamente as ocorrências que ocorreram durante um certo intervalo de tempo e em um determinado ambiente e sensor.
- **Ferramentas administrativas:** permite que uma empresa cadastrada na plataforma Web execute ações administrativas remotamente, como por exemplo: verificação de atualização de *firmware*, reconfiguração de rede e reinicialização do sensor.
- **Monitoramento de ambiente:** permite que uma empresa cadastrada na plataforma Web monitore remotamente um determinado ambiente e sensor.

3.1.11 Tecnologias utilizadas

AJAX:

O termo AJAX (*Asynchronous JavaScript and XML*) descreve um conjunto de técnicas de desenvolvimento direcionado para a web que permite que aplicações trabalhem de modo assíncrono, processando qualquer requisição ao servidor em segundo plano. Com isso, é possível fazer com aplicações sejam capazes de fazer rapidamente atualizações incrementais para a interface do usuário sem recarregar a página inteira do navegador. Isso torna a aplicação mais rápida e sensível às ações do usuário, tornando-a mais interativa e atrativa. Na plataforma Web, esta tecnologia permitiu que as páginas se tornassem mais interativas, dinâmicas e customizadas de acordo o usuário.

Bootstrap:

O Bootstrap é uma ferramenta gratuita para desenvolvimento HTML, CSS e JS. Através dela, é possível criar protótipos rapidamente ou aplicações completas com sistemas de grid responsivo, componentes pré-construídos e poderosos plugins com jQuery. No desenvolvimento do produto, este *framework* foi imprescindível, já que permitiu um aumento na velocidade de desenvolvimento e ajudou a garantir a responsividade das páginas Web.

C/C++:

São linguagens de programação compiladas de propósito geral, estruturada, imperativa e procedural. Foi desenvolvida para lidar diretamente com o hardware, sendo utilizada na programação de processadores, microcontroladores e drivers. Esta linguagem foi utilizada para a programação do microcontrolador ESP8266 nas placas de sensor e atuadores.

CSS:

CSS é um acrônimo para *Cascading Style Sheets*. Refere-se à uma linguagem de estilos usada para estilização e formatação de conteúdos contidos em páginas Web criadas utilizando o HTML. No âmbito da plataforma Web, sua função foi vital para garantir a criação e formatação de páginas visualmente atrativas.

HTML:

HTML é um acrônimo para *HyperText Markup Language*. Trata-se de uma linguagem de marcação usada para criar, estruturar e inserir conteúdos em páginas Web. Através dele é possível criar um documento HTML, com uma estrutura básica e um conteúdo. Após criado, este documento HTML pode ser lido e renderizado por um navegador. Com isso, o conteúdo pode ser

visualizado pelos usuários finais. Por meio dessa linguagem, foi possível estruturar todo o conteúdo das páginas da plataforma Web.

Linux:

Linux é um termo popularmente empregado para se referir a sistemas operativos ou sistemas operacionais que utilizam o Kernel Linux, o qual possibilita a execução de programas em um computador e outros dispositivos, de modo a poder ser livremente modificado e distribuído. Este foi o sistema operacional utilizado na VPS, com o intuito de hospedar o MQTT Broker, Node-RED e o banco de dados.

Javascript:

Javascript é uma linguagem de programação de comportamento que permite a criação de conteúdos dinâmicos, controle de mídias e animações para deixar as páginas Web mais interativas e dinâmicas. Ideal para o desenvolvimento de aplicações Web e mobile. Na implementação da plataforma Web, esta tecnologia foi utilizada em todas as páginas, desde a *landing page* até o ambiente do usuário, sempre proporcionando recursos interativos, gráficos e de animações.

Mosquitto:

O Mosquitto é um *broker*, de código aberto, utilizado no protocolo MQTT, sendo o intermediário entre os dispositivos e protocolos. Sua função é imprescindível na solução MONOX, tendo em vista que é o responsável por tornar possível a comunicação entre os dispositivos, de forma que a solução possa agir de maneira automatizada.

MySQL:

O MySQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional, que utiliza a linguagem SQL, permitindo o armazenamento e manipulação dos dados em tabelas. Este banco de dados é o responsável por armazenar as informações provenientes do sensor, assim como dos dados cadastrais dos clientes. Além disto, é encarregado do armazenamento das ocorrências, nas quais a concentração de CO é superior ao limiar de segurança, como nas de regularização e estabilização do ambiente.

Node.js:

O Node.js é um ambiente de execução de JavaScript do lado do servidor, de software livre e multiplataforma baseado no mecanismo JavaScript V8 do Chrome. Com alta capacidade de escalabilidade, boa flexibilidade, arquitetura e baixo custo, torna-se uma ótima opção para programação. Ideal para aplicações em tempo real, criação de APIs, etc. No contexto da

plataforma web, essa tecnologia foi usada na criação de um servidor WebSockets, o qual permitiu o recebimento de dados do MQTT broker e a exibição em tempo real na dashboard.

Node-RED:

O Node-RED é uma ferramenta, de código aberto, de desenvolvimento baseado em fluxo para programação visual, com o intuito de conectar dispositivos de hardware, APIs e serviços online como parte da Internet das Coisas. Sua principal função foi permitir a integração das placas de sensor e acionadores com o MQTT Broker.

PHP:

O PHP, ou *PHP: Hypertext Preprocessor*, é uma linguagem de script de código-aberto, de uso geral e multiplataforma, ideal para o desenvolvimento Web, já que permite a criação de aplicações dinâmicas e execução de scripts no lado do servidor, além de ser compatível com diferentes SGBDs e servidores Web. No desenvolvimento da plataforma Web, o PHP foi usado como linguagem de programação principal para a implementação das funcionalidades gerais no lado do servidor.

Proteus:

Proteus é um software para criação de projetos eletrônicos, permitindo a simulação de circuitos elétricos e microcontrolados. Este software foi usado para criação dos layouts e esquemas elétricos das placas de sensor e acionadores.

VPS:

VPS é uma sigla que representa o termo *Virtual Private Server* que traduzido significa Servidor Virtual Privado. Trata-se de um tipo de hospedagem que utiliza técnicas de virtualização para se tornar uma opção mais vantajosa entre uma hospedagem compartilhada comum e os custosos servidores dedicados. Sua principal função no produto MONOX se refere a hospedar o MQTT Broker (Mosquitto) e o Node-RED, de modo a garantir os princípios de alta disponibilidade e escalabilidade, proporcionados pela computação em nuvem.

3.1.12 Homologação do MVP

Para assegurar a detecção e quantificação do monóxido de carbono pela placa de sensor, foi realizado o procedimento indicado pelo *datasheet* do fabricante do sensor, a fim de calibrá-lo da maneira adequada. Sendo assim, foi realizada a combustão de gasolina, por meio do escapamento de uma moto (em marcha neutra), em uma garagem fechada de 87 m³. Tal teste fez-

se necessário, tendo em vista este ser um dos acidentes mais recorrentes envolvendo monóxido de carbono.

A fim de garantir a capacidade de estabilizar um ambiente através da placa de acionadores, foi confeccionado um ambiente de testes (cujo volume é de 0,014 m³), de modo que exaustor e ventilador, ambos representados por ventoinhas, são os responsáveis por assegurar a redução da concentração de monóxido de carbono a níveis seguros no ambiente, demonstrando a importância dos acionadores para garantir um ambiente sadio para presença humana.

3.1.13 Comercialização do produto

3.1.13.1 *Estimativa de custos*

Para realizar esta estimativa de custos, foram considerados os seguintes fornecedores: mouser.com, digikey.com e lcsc.com. Levando em conta todos os componentes necessários que devem ser adquiridos para a produção de uma unidade da solução MONOX (módulos sensor e acionador), o custo total através de fornecedores estrangeiros é de, aproximadamente, R\$157,60.

Em contrapartida, na cidade de Belém do Pará, foram consideradas as seguintes lojas locais: TIP Eletrônica, Eletrônica Belém e SóVídeo. Tendo em conta a aquisição dos componentes no comércio local, o custo total estimado seria de R\$403,80.

3.1.13.2 *Estratégia de vendas*

A solução MONOX será comercializada em duas modalidades diferentes: para uso pessoal ou uso empresarial.

A primeira modalidade descreve a venda apenas do módulo sensor, a qual será feita diretamente ao cliente final, de modo que este cliente adquira o produto com a finalidade de monitorar o seu ambiente. Nesta modalidade não há contratos ou cobranças mensais.

A segunda modalidade descreve a venda que será feita para as empresas. Indicada para estabelecimentos comerciais e industriais que tem a necessidade de monitorar e controlar N ambientes contendo N sensores. Nesta modalidade está incluso suporte, recursos exclusivos, implementação física dos sensores e o módulo de acionadores, o qual é o responsável pela regularização automatizada do nível de monóxido de carbono nos ambientes monitorados.

3.1.13.3 *Preços*

Considerando os custos de produção descritos anteriormente e o fator inovador do produto no mercado, definimos o preço de varejo (usuário final) do módulo sensor como R\$ 180. Enquanto que, para as empresas que optarem pela modalidade corporativa com suporte, recursos exclusivos e implementação física, há duas possibilidades:

1) A empresa deseja adquirir permanentemente a solução. Então, além de ter que assinar um contrato com prazo mínimo (ex: 12 meses) e uma taxa mensal respectiva ao serviço, terá que pagar pelo(s) módulos sensor(es) e acionador(es). Ambos tendo seus valores variando de acordo com a quantidade adquirida. Demais informações sobre os possíveis valores encontram-se no APÊNDICE F.

2) A empresa deseja adquirir a solução como um serviço. Deste modo, apenas irá ter que assinar um contrato com prazo mínimo (ex: 12 meses) e uma taxa mensal respectiva ao serviço e à quantidade de sensores contratados. Vale ressaltar que nesta modalidade a taxa mensal é maior do que a primeira possibilidade, em virtude da não aquisição total dos módulos e da isenção de sua responsabilidade quanto às suas integridades e disponibilidades (exceto em situações atípicas, como por exemplo: furto ou danos por uso indevido etc.).

3.1.14 Produtos correlatos

Tendo em vista que o propósito do produto desenvolvido neste trabalho de conclusão de curso é a detecção, monitoramento e, principalmente, a regularização do nível de monóxido de carbono em ambientes internos, não foi encontrado no mercado nenhum produto capaz de realizar todas essas funções.

Os produtos presentes no mercado são apenas capazes de detectar ou medir o monóxido, sendo que nenhum é capaz de regularizar o ambiente automaticamente, de modo a garantir a integridade da saúde humana. Desta forma, os dispositivos capazes de detectar apenas emitem um alerta sonoro caso identifiquem uma quantidade predeterminada de monóxido de carbono. Apenas alguns modelos enviam notificações ou alertas no aplicativo proprietário da empresa, porém é necessário comprar dispositivos a parte (como *hubs* proprietários) e estar presencialmente no ambiente monitorado.

Figura 22 – Sensor inteligente Geonav.



Fonte: Geonav, 2022.

Figura 23 – Detector smart de monóxido de carbono.



Fonte: Intelbras, 2022.

Enquanto que os produtos capazes de aferir a concentração de monóxido de carbono necessitam que o usuário esteja próximo à fonte emissora, colocando o usuário em risco, além de não dispor de nenhum mecanismo de alerta e, principalmente, uma forma de estabilizar o ambiente.

Figura 24 – Medidor de monóxido de carbono AK780.

Fonte: Akso, 2022.

3.2 Área de trabalho/abrangência

A área de abrangência para a atuação deste produto não se limita à cidade de Belém-PA, em virtude de que todo o processamento e monitoramento dos dados são realizados em computação em nuvem. Tal arquitetura permite a implementação e configuração em indústrias, residências e estabelecimentos em todo território nacional.

3.3 Análise de dados/Uso de arquivos de entrada e saída

3.3.1 Placa de sensor

As concentrações de CO são capturadas pelo sensor MQ-7, de tal forma que é possível estimar a concentração (em ppm) da substância com base na condutividade elétrica do elemento químico do sensor (SnO₂), que irá aumentar ou diminuir conforme a concentração de monóxido de carbono. Após conseguir estimar a concentração de CO no ambiente, estas informações são enviadas ao servidor, por intermédio do microcontrolador ESP8266EX, no módulo ESP12.

3.3.2 Servidor

Para realizar o monitoramento de diversas áreas, o servidor é capaz de registrar diversos sensores e seus respectivos ambientes, de forma a propiciar ao usuário uma visão detalhada referente a cada cenário.

Após receber os dados coletados pela placa do sensor, o servidor irá comparar os valores recebidos com o limiar de concentração permitido pela legislação vigente (resolução 491 do CONAMA). Em caso de detecção de concentrações prejudiciais à saúde humana, o servidor irá registrar a ocorrência no banco de dados, atualizará a dashboard do ambiente, notificará o usuário da ocorrência através de e-mail, bem como enviará o comando para a placa de acionadores regularizar o ambiente.

3.3.3 Placa de acionadores

Em caso de concentrações de CO nocivas ao ser humano, o microcontrolador da placa de acionadores (ESP8266EX) receberá instruções, provenientes do servidor, para regularizar o ambiente, acionando os relés eletromecânicos da placa, por conseguinte ativando os elementos responsáveis pela normalização do ambiente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a legislação do padrão de qualidade do ar (resolução nº 491/2018 do CONAMA), vigente em território nacional, a qual determina o tempo de exposição máximo sendo uma média móvel de 8 horas à uma concentração de 9 PPM de monóxido de carbono, bem como os efeitos fisiológicos nocivos de uma alta concentração de CO no ser humano, tais como: dores de cabeça, insuficiência respiratória, desmaio e, eventualmente, a morte. Constatou-se a necessidade da criação de um dispositivo capaz de detectar, monitorar e, principalmente, regularizar o nível de CO em ambientes internos, de modo a garantir a integridade humana.

4.1 Placa do sensor

O dispositivo responsável pelo sensoriamento do ambiente mostrou-se eficaz para mensurar a concentração de monóxido de carbono prejudicial à saúde humana, entre a faixa de

10 a 800 PPM (INEP, 1998). Entretanto, para fins de segurança, adotou-se, como margem de erro, um incremento de 5 por cento no valor da medição realizada pelo sensor MQ-7, uma vez que este possui um erro padrão de 5 por cento em sua medição. É importante ressaltar que, para a plena comercialização do produto, faz-se necessário o certificado de calibração do Inmetro.

Com o objetivo de garantir a integridade física do dispositivo, bem como a fácil implementação do mesmo em um ambiente, foi confeccionado (em ABS) o case para a placa de sensor, de modo a possuir LEDs para a identificação do estado em que se encontra o dispositivo.

Figura 25 – Versão final da placa de sensor com case impresso.

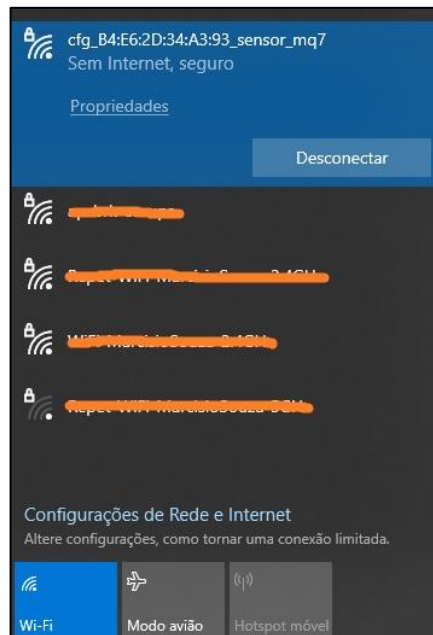


Fonte: Autor, 2022

Para realizar a configuração do dispositivo será necessário pressionar o botão “FUNÇÃO” e conectar o dispositivo na tomada. Após isso, será alternado para o modo de *Access Point* da placa para realizar as configurações necessárias. Diante disto, será disponibilizado ao usuário uma rede Wi-Fi conforme ilustrado na figura 26.

Para concluir a configuração, deve-se informar as credenciais da rede Wi-Fi na qual deseja se conectar. Além disso, é necessário: definir um nome amigável para o dispositivo, e-mail para receber as notificações (ou 0, caso não deseje ser notificado), nome do ambiente que será monitorado, limiar da concentração de monóxido de carbono, tópico do acionador responsável pela regularização (0, caso não disponha de acionador), intervalo de envio (em segundos) do nível de CO para o servidor e o CPF/CNPJ do proprietário do sensor.

Figura 26 – Modo *Access Point* da placa de sensor.



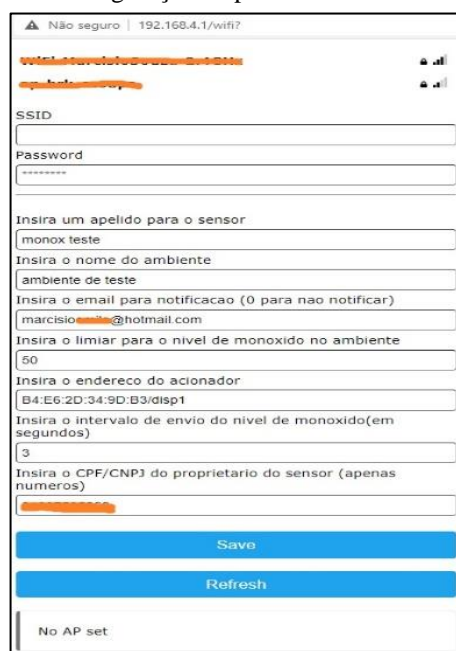
Fonte: Autor, 2022.

Figura 27 – Informações da placa de sensor.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 28 – Configuração da placa de sensor na rede Wi-Fi.



Fonte: Autor, 2022.

4.2 Placa de acionadores

O dispositivo responsável pelos acionadores dispõe de relés capazes de controlar, de forma independente, oito dispositivos com corrente máxima individual de 10A. Através do uso de optoaclopadores, foi possível prover o isolamento total entre o microcontrolador e os relés.

Com o objetivo de garantir a integridade física do dispositivo, bem como a sua fácil implementação em um ambiente, foi confeccionado (em acrílico) o *case* para a placa de acionadores, a qual possui LEDs que indicam o estado dos relés.

Figura 29 – Versão final da placa de acionadores com case impresso.

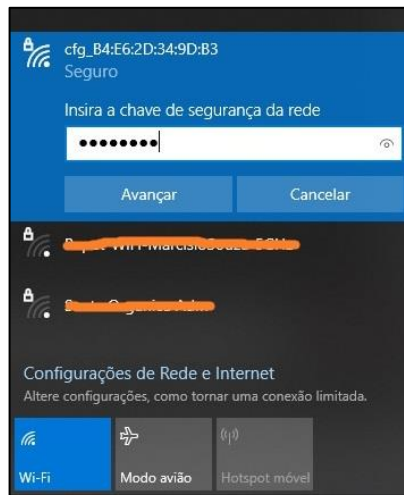


Fonte: Autor, 2022.

Para realizar a configuração do dispositivo será necessário pressionar o botão “FUNÇÃO” e conectar o dispositivo na tomada. Após isso, será alternado para o modo de *Access Point* da placa para realizar as configurações necessárias. Diante disto, será disponibilizado ao usuário uma rede Wi-Fi conforme ilustrado na figura 30.

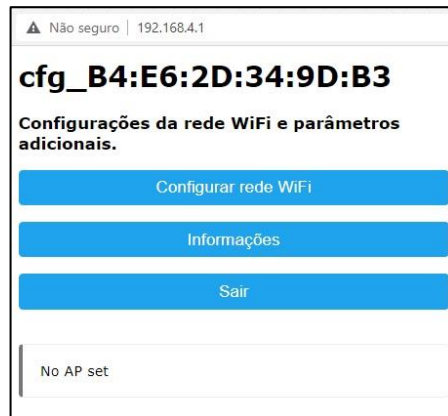
Para concluir a configuração, deve-se informar as credenciais da rede Wi-Fi e definir uma descrição para a placa.

Figura 30 – Modo *Access Point* da placa de acionadores.



Fonte: Autor, 2022

Figura 31 – Informações da placa de acionadores.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 32 – Configuração da placa de acionadores na rede Wi-Fi.

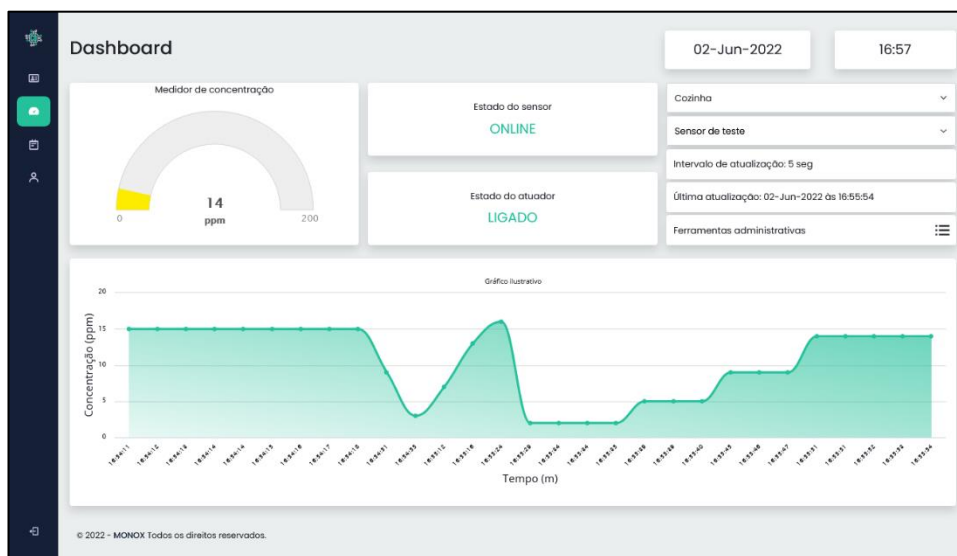


Fonte: Autor, 2022.

4.3 Plataforma Web

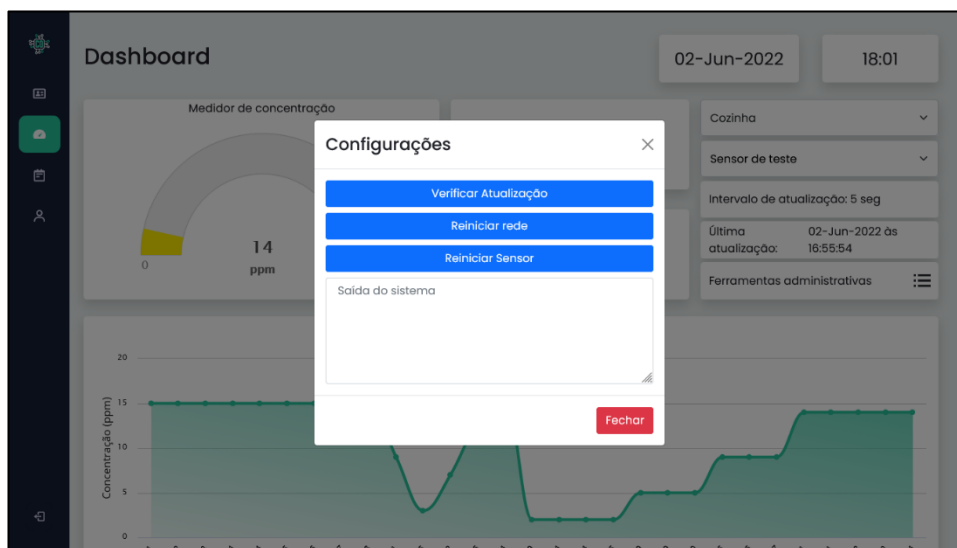
A plataforma Web fornecida aos usuários do MONOX, ou mais especificamente, o ambiente do usuário criado inteiramente para proporcionar aos usuários uma maneira sofisticada de monitoramento em tempo real de toda a operação, demonstrou-se capaz de receber os dados captados e exibi-los em tempo real através da *dashboard* – um painel de controle composto por gráficos, figuras ilustrativas e menus que permitem escolher qual ambiente e sensor monitorar, assim como visualizar informações sobre a operação e executar comandos administrativos remotamente por meio das ferramentas administrativas.

Figura 33 – Versão final da dashboard.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 34 – Tela de exibição da opção Ferramentas administrativas.



Fonte: Autor, 2022.

O ambiente do usuário também proporciona aos seus usuários uma forma de terem relatórios detalhados que descrevem as ocorrências – registros gerados ao detectar níveis acima do limiar definido (alerta) ou após a regularização do ambiente (normalização) – registradas em um determinado sensor, ambiente e/ou uma data específica, permitindo uma percepção abrangente de todo o local monitorado.

Figura 35 – Tela de exibição da opção de menu Relatórios.

Fonte: Autor, 2022.

Figura 36 – Exemplo de relatório em PDF gerado a partir do ambiente do usuário.

Nome: Empresa demonstração Ltda
CNPJ: 17854002000150

Relatórios de ocorrências

Nome do ambiente	Descrição do sensor	Tipo de ocorrência	Hora	Data
Setor de teste	Sensor de teste (B6:26:59:BE:4B:59)	Alerta	17:33:13	19/05/2022
		Normalização	17:38:18	19/05/2022
Setor financeiro	Sensor 2 (46:4F:14:5C:F0:C9)	Alerta	17:33:30	19/05/2022
		Normalização	17:38:43	19/05/2022
Setor financeiro	Sensor 2 (46:4F:14:5C:F0:C9)	Alerta	17:34:51	21/05/2022
		Normalização	17:35:00	21/05/2022
Setor financeiro	Sensor 2 (46:4F:14:5C:F0:C9)	Alerta	20:03:48	21/05/2022
		Normalização	20:09:44	21/05/2022
Setor de teste	Sensor de teste (B6:26:59:BE:4B:59)	Alerta	20:34:05	21/05/2022
		Normalização	21:05:15	21/05/2022
Setor de teste	Sensor de teste (B6:26:59:BE:4B:59)	Alerta	23:56:37	26/05/2022
		Normalização	00:05:56	27/05/2022

Fonte: Autor, 2022.

As demais imagens da plataforma Web e suas funcionalidades básicas encontram-se nos **APÊNDICE A** ao **APÊNDICE C**.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um produto capaz de detectar, monitorar e regularizar os níveis do monóxido de carbono em ambientes fechados. Este produto mostrou-se capaz de: quantificar o nível de CO na faixa de concentração prejudicial ao ser humano, de modo a notificar (via e-mail), em tempo hábil, o usuário em relação ao perigo do acúmulo desta substância, além de permitir o acompanhamento remoto do ambiente através da *dashboard*. A solução mostrou-se eficaz ao regularizar, de modo automático, ao atingir níveis nocivos de CO no ambiente por intermédio dos acionadores. Desta forma, o produto MONOX foi capaz de realizar todas as funcionalidades às quais se propôs a cumprir.

No entanto, para a plena comercialização do produto, algumas ações devem ser realizadas, tais como: a obtenção do certificado de calibração do Inmetro, a fim de aferir o erro padrão do dispositivo, bem como a realização de um estudo referente ao alcance da capacidade de detecção do sensor MQ-7, de modo a determinar área de cobertura efetiva do sensor com intuito de garantir a maior eficácia do dispositivo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFATEST. **DISCOVERY G4 QUICK REFERENCE_1.00**. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.alfatest.com.br/atualizacao/Anal_Gases_Discovery_G4_PT.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2021.

CANTÚ, Dyego. **Sistema web para monitoramento de sensores de temperatura e umidade**. 2013. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 491 de 19 de novembro de 2018**: Padrão de qualidade do ar. Brasília, 2018.

CONCEIÇÃO, Wellington N. E.; COSTA, R. M. R. **Análise do Protocolo MQTT para Comunicação IoT através de um Cenário de Comunicação**. Caderno de Estudos em Sistemas de Informação, Juiz de Fora – MG, v. 5, n. 2, p. 1-14, Ago, 2018.

COSTA, Beatriz. Projeto de uma plataforma sensorial para monitoramento de temperatura, umidade, monóxido e dióxido de carbono em sistemas agrofloretais na Amazônia. **Researchgate**, Fortaleza, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283719630_PROJETO_DE_UMA_PLATAFORMA_SENSORIAL_PARA_MONITORAMENTO_DE_TEMPERATURA_UMIDADE_MONOXIDO_E_DIOXIDO_DE_CARBONO_EM_SISTEMAS_AGROFLORESTAIS_NA_AMAZONIA>. Acesso em 5 de dez. 2021.

ESPRESSIF. **ESP8266 Wi-Fi & Bluetooth MCU I Espressif Systems**. Pequim, 2008. Disponível em: <<https://www.espressif.com/en/products/modules>>. Acesso em: 4 dez. 2021.

FELLENBERG, Gunter. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. São Paulo: EPU: Springer: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980.

FREITAS, Artur Sousa. **Estudo e implementação do protocolo de comunicação mqtt aplicado a um sistema de automação predial**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande -PB, 2017.

GOMES, J. F. P. **Poluição Atmosférica**. Porto: Instituto Nacional de Meteorologia, set. 2001. Disponível em: <<http://bit.ly/1VSY9Mt>>. Acesso em: 26 nov. 2021.

HANWEI. **TECHNICAL DATA MQ-7 GAS SENSOR FEATURES**. Pequim, 2010. Disponível em: <<https://datasheetspdf.com/pdf/610263/Hanwei/MQ-7/1>>. Acesso em: 4 dez. 2021.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Brasília. 1998. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enem/provas-e-gabaritos>>. Acesso em 25 de mar. 2022.

JAFFEY, Toby. **MQTT and CoAP, IoT protocols**. 2014. Disponível em: http://www.eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/february/article2.php. Acesso em 30 nov. 2021.

JOBIM, Alan; LOPES, Bianca; MORTARI, Sergio. Monitoramento de monóxido de carbono em estacionamento de veículos automotores em Santa Maria. **Disciplinarum Scientia**, nº 3, p. 489-500, 2015.

LIMA, A. L. R.; SILVA, V. L. Dispositivo para monitoramento da qualidade do ar proveniente da emissão de monóxido de carbono (CO) por veículos automotores. **Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent**, nº 6, p. 295-305, 2016.

NETO, R. V.; et. al. **O analisador de gases e a inspeção veicular ambiental**. Oficina Brasil, São Paulo, n. 225, p. 64-65, 2009.

NXP. 8-BIT SERIAL-IN, SERIAL OR PARALLEL-OUT SHIFT REGISTER WITH OUTPUT LATCHES; 3-STATE. Eindhoven, 2011. Disponível em: < http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/7/4/H/C/74HC595N.shtml >. Acesso em: 5 dez. 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Substâncias químicas perigosas à saúde e ao ambiente**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2008.

SOUSA, Flávio. **Computação em Nuvem: Conceitos, Tecnologias, Aplicações e Desafios**. Piauí, ERCEMAPI 2009, 1. Ed.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants**. Geneva: WHO, 1999.

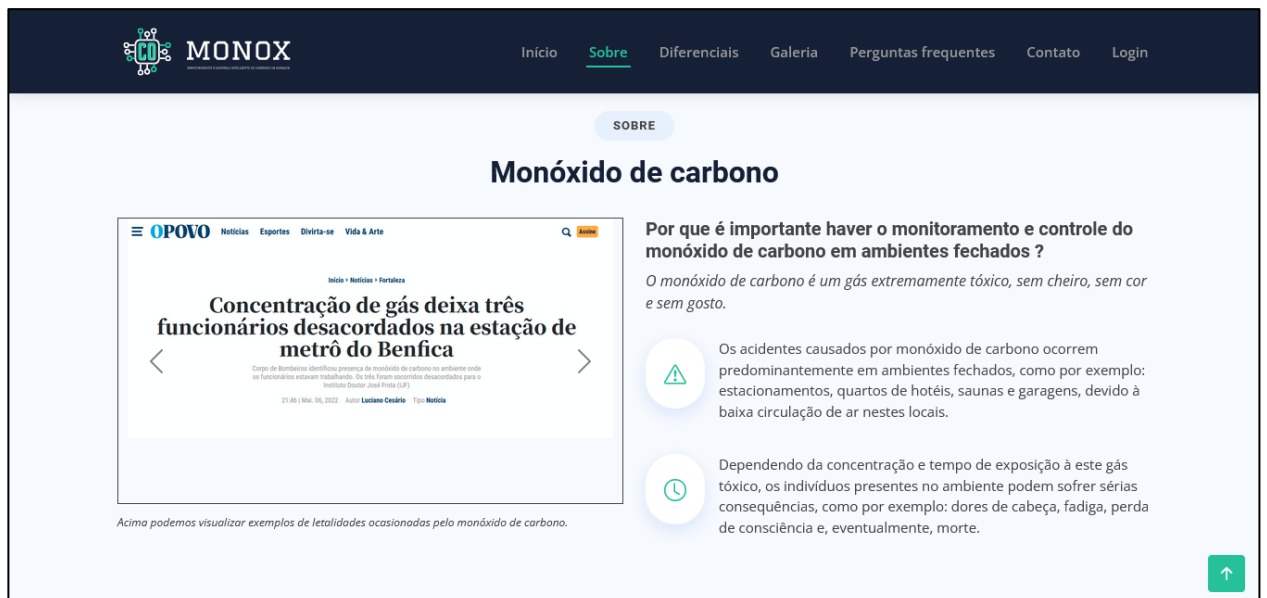
APÊNDICE A

Abaixo estão inseridas as imagens correspondentes à *landing page*.

Tela inicial



Tela informativa sobre o monóxido de carbono



Tela informativa sobre o produto

Início Sobre Diferenciais Galeria Perguntas frequentes Contato Login

MONOX

Este produto foi desenvolvido com o objetivo de prevenir acidentes causados pelo monóxido de carbono em ambientes internos em decorrência da ausência de mecanismos de detecção, monitoramento e controle. Para solucionar esse problema, foi desenvolvido uma solução composta por: sistemas embarcados, para o sensoriamento e controle do ambiente, servidor em nuvem, para o processamento dos dados coletados, e um ambiente web, para que os usuários possam visualizar toda a operação em tempo real.


Para inviabilizar eventuais acidentes letais, toda a operação é automatizada, com auxílio de protocolos de comunicação avançados, ferramentas de programação, e dispositivos e componentes eletrônicos. Destacamos que, uma vez detectado indícios nocivos de monóxido de carbono, alertas são enviados via e-mail aos responsáveis, e ações de controle ajudam a regularizar o ambiente de modo a garantir a integridade física dos seres humanos presentes no local.

Como funciona toda a operação?




↑

Tela informativa sobre os diferenciais de mercado do produto


Início Sobre Diferenciais Galeria Perguntas frequentes Contato Login

Nossos diferenciais de mercado




Alerta automatizado

Em caso de incidência de uma alta concentração do monóxido de carbono no ambiente, os responsáveis são alertados por meio de notificações enviadas por e-mail.




Recuperação de falhas

Em caso de interrupção de energia ou conexão, os dados recebidos são conservados.



Dashboard

Painél de controle contendo gráfico ilustrativo, medidor de concentração e figuras representativas.



Arquitetura escalável

Capacidade de monitoramento de N ambientes contendo N sensores.

↑

Tela de exibição contendo imagens da solução

The screenshot displays the MONOX website's gallery page. At the top, the navigation menu includes 'Início', 'Sobre', 'Diferenciais', 'Galeria' (highlighted), 'Perguntas frequentes', 'Contato', and 'Login'. Below the navigation, there are tabs for 'TUDO', 'SENSOR', 'AMBIENTE WEB', and 'OUTROS'. The main content area features several images: a 3D cutaway of the device, a close-up of the blue sensor unit, a photograph of the physical device, and a screenshot of the 'Dashboard' showing a CO concentration gauge and a line graph. Below the dashboard is a table titled 'Relatório de ocorrências' (Incident Report) with columns for 'Nível de anomalia', 'Descrição do sensor', 'Tipo de ocorrência', 'Hora', and 'Data'.


Nível de anomalia	Descrição do sensor	Tipo de ocorrência	Hora	Data
anormalidade de nível	Nível de nível	Alerta	13:08:19	20/08/2022
anormalidade de nível	(84 69 20 24 A3 03)	Normalização	13:09:21	20/08/2022
anormalidade de nível	Nível de nível	Alerta	13:11:48	20/08/2022
anormalidade de nível	(84 69 20 24 A3 03)	Normalização	13:11:49	20/08/2022
anormalidade de nível	Nível de nível	Alerta	13:13:38	20/08/2022
anormalidade de nível	(84 69 20 24 A3 03)	Normalização	13:13:38	20/08/2022
anormalidade de nível	Nível de nível	Alerta	08:25:33	20/08/2022
anormalidade de nível	(84 69 20 24 A3 03)	Normalização	08:26:36	20/08/2022
anormalidade de nível	Nível de nível	Alerta	18:28:18	20/08/2022
anormalidade de nível	(84 69 20 24 A3 03)	Normalização	18:28:28	20/08/2022
anormalidade de nível	Nível de nível	Alerta	13:31:45	20/08/2022
anormalidade de nível	(84 69 20 24 A3 03)	Normalização	13:31:49	20/08/2022
anormalidade de nível	Nível de nível	Alerta	12:48:48	20/08/2022
anormalidade de nível	(84 69 20 24 A3 03)	Normalização	12:48:48	20/08/2022
anormalidade de nível	Nível de nível	Alerta	08:11:53	20/08/2022
anormalidade de nível	(84 69 20 24 A3 03)	Normalização	08:12:05	20/08/2022
anormalidade de nível	Nível de nível	Alerta	08:12:17	20/08/2022
anormalidade de nível	(84 69 20 24 A3 03)	Normalização	08:12:24	20/08/2022
anormalidade de nível	Nível de nível	Alerta	10:51:43	20/08/2022
anormalidade de nível	(84 69 20 24 A3 03)	Normalização	10:51:42	20/08/2022

Tela informativa contendo perguntas frequentes sobre o produto

The screenshot shows the 'Perguntas frequentes' (Frequently Asked Questions) page on the MONOX website. The navigation menu at the top includes 'Início', 'Sobre', 'Diferenciais', 'Galeria', 'Perguntas frequentes' (highlighted), 'Contato', and 'Login'. The main heading is 'Perguntas frequentes'. Below the heading, there are seven questions, each followed by a horizontal line representing the answer:


- ✓ Quais as principais fontes de monóxido de carbono ?
- ✓ O que acontece quando uma pessoa inala monóxido de carbono ?
- ✓ Qual a concentração máxima que um ser humano pode ser expor diariamente ?
- ✓ Qual o intervalo de medição de monóxido de carbono que o MONOX consegue atuar ?
- ✓ Quais as formas de adquirir o MONOX ?
- ✓ Como eu faço para receber as notificações ?


Tela de contato





Início Sobre Diferenciais Galeria Perguntas frequentes Contato Login

Entre em contato conosco

**Nosso endereço**
Belém/PA - Brasil

**E-mail**
contato@monox.com.br

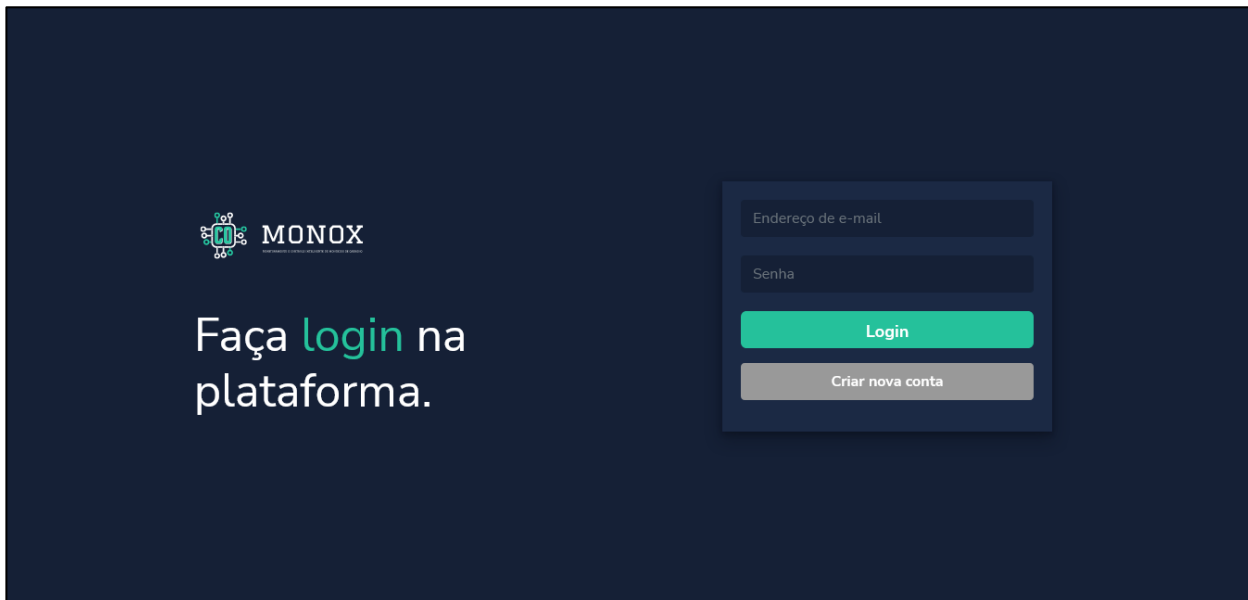
**Telefone**
+55 91 98888-8888



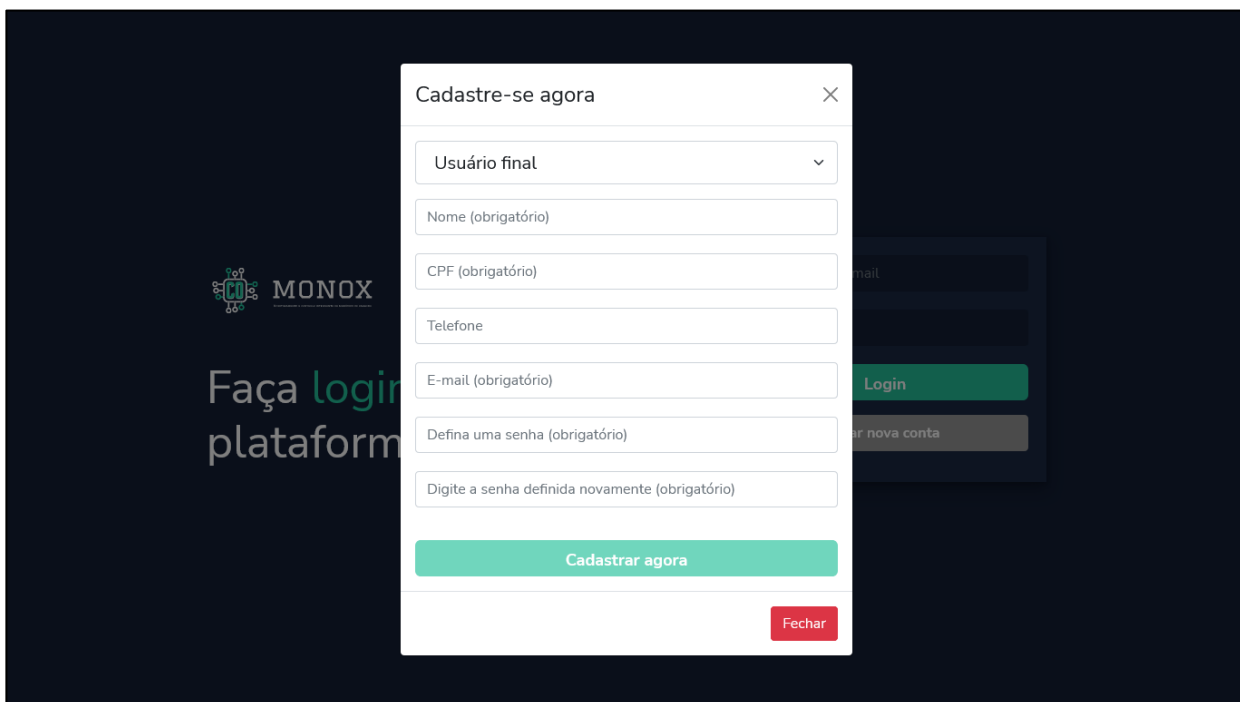
APÊNDICE B

Abaixo estão inseridas as imagens correspondentes à tela de login.

Tela de login



Tela de cadastro para novos usuários finais



Tela de cadastro para novas empresas

The image shows a registration form titled "Cadastre-se agora" (Register now) overlaid on a dark background. The background features the MONOX logo and the text "Faça login na plataforma" (Log in to the platform). The form itself is white and contains the following fields:

- A dropdown menu labeled "Empresa" (Company).
- A text input field labeled "Nome da empresa (obrigatório)" (Company name (required)).
- A text input field labeled "CNPJ (obrigatório)" (CNPJ (required)).
- A text input field labeled "E-mail (obrigatório)" (Email (required)).
- A text input field labeled "Telefone" (Phone).
- A text input field labeled "Endereço (obrigatório)" (Address (required)).
- A text input field labeled "Complemento" (Complement).

At the bottom right of the form is a red button labeled "Fechar" (Close). In the background, a "Login" button and a "Criar nova conta" (Create new account) button are partially visible.

APÊNDICE C

Abaixo estão inseridas as imagens correspondentes ao ambiente do usuário.

Tela de cadastro dos usuários finais

Meu cadastro

Nome: *
usuario teste22

Email: *
usuariodemo@empresademo.com

CPF: *
02222357816

Telefone:
99999999999

Salvar

Mudar senha Excluir cadastro

© 2022 - MONOX Todos os direitos reservados.

Tela de cadastro das empresas

Meu cadastro

Nome: *
Empresa testeeeXXXXEETT

Email: *
exemplo99@empresademo.com

CNPJ: *
17854002000150

Telefone:
44444444444

Endereço: *
endereço teste

Complemento:
Próximo ao supermercado teste

Número:
99

Bairro:
Bairro demo

CEP:
222

Setor de atuação:

Salvar

Mudar senha Excluir cadastro

MONOX

Meu cadastro

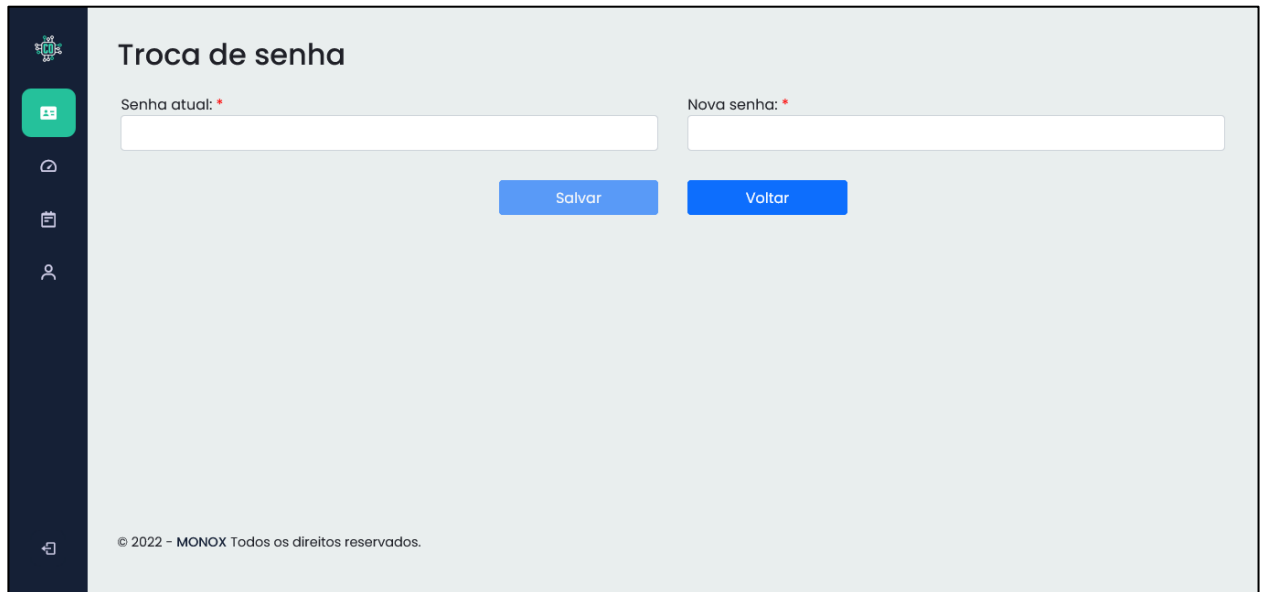
Dashboard

Relatórios

Usuários

Empresa test
Admin

Tela de troca de senha



Troca de senha

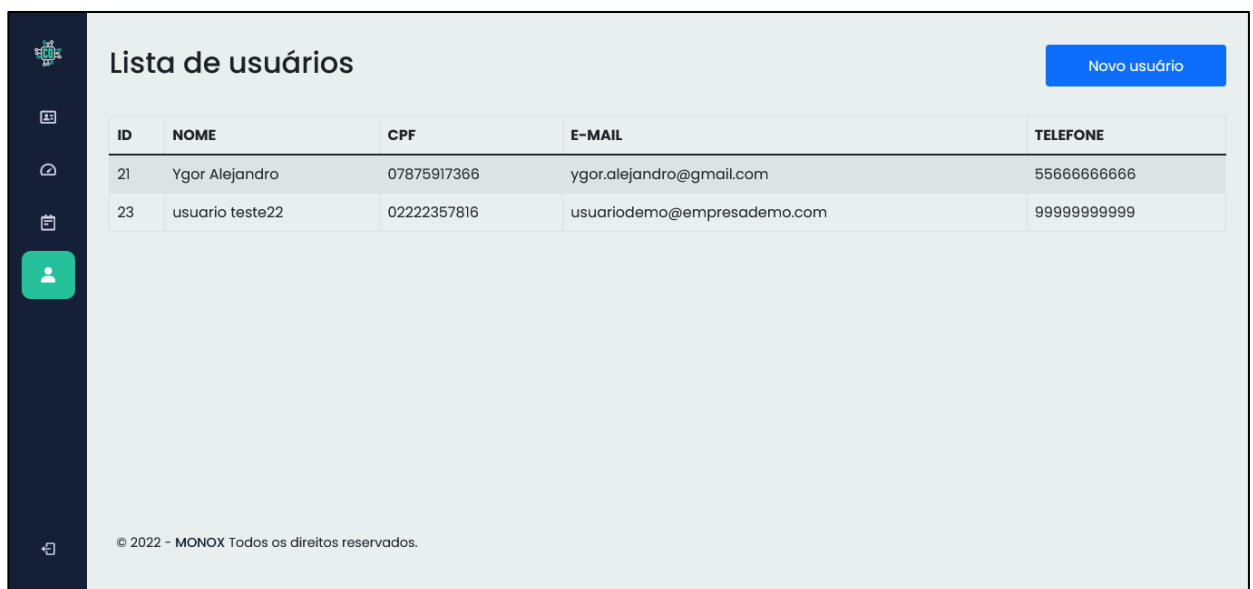
Senha atual: *

Nova senha: *

Salvar Voltar

© 2022 - MONOX Todos os direitos reservados.

Tela de gerenciamento de usuários




Lista de usuários

Novo usuário

ID	NOME	CPF	E-MAIL	TELEFONE
21	Ygor Alejandro	07875917366	ygor.alejandro@gmail.com	55666666666
23	usuario teste22	02222357816	usuariodemo@empresademo.com	99999999999

© 2022 - MONOX Todos os direitos reservados.

Tela de gerenciamento de cadastros dos usuários criados pelas empresas




Editar cadastro

Nome: * Email: *

CPF: * Telefone:

© 2022 - MONOX Todos os direitos reservados.

Tela de adição de novos usuários das empresas



Adicionar um novo usuário

Nome: * Email: *

CPF: * Telefone:

Senha: * Confirmar senha: *

© 2022 - MONOX Todos os direitos reservados.

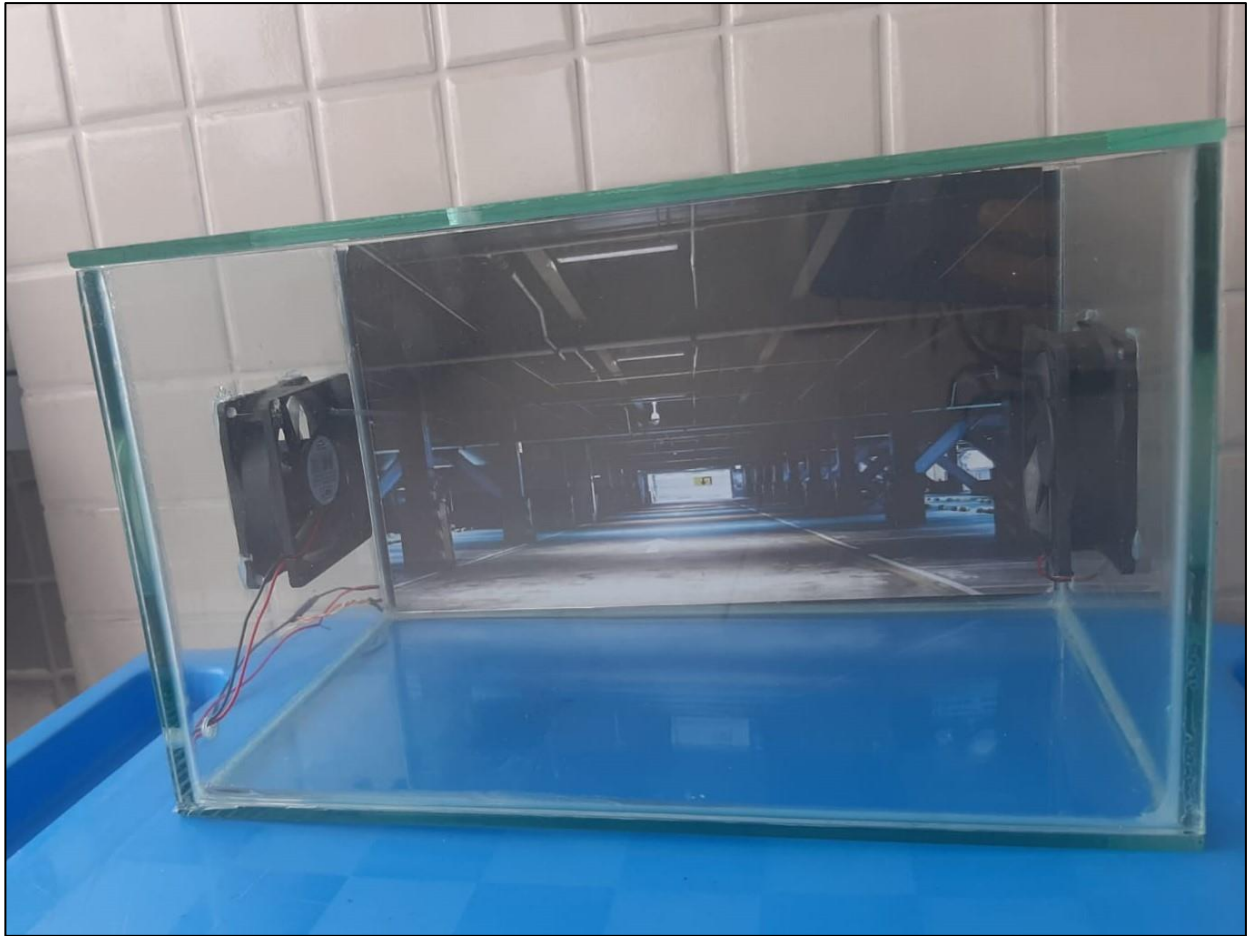
APÊNDICE D

Abaixo estão inseridas as imagens correspondentes aos ambientes de teste.

Ambiente real de teste



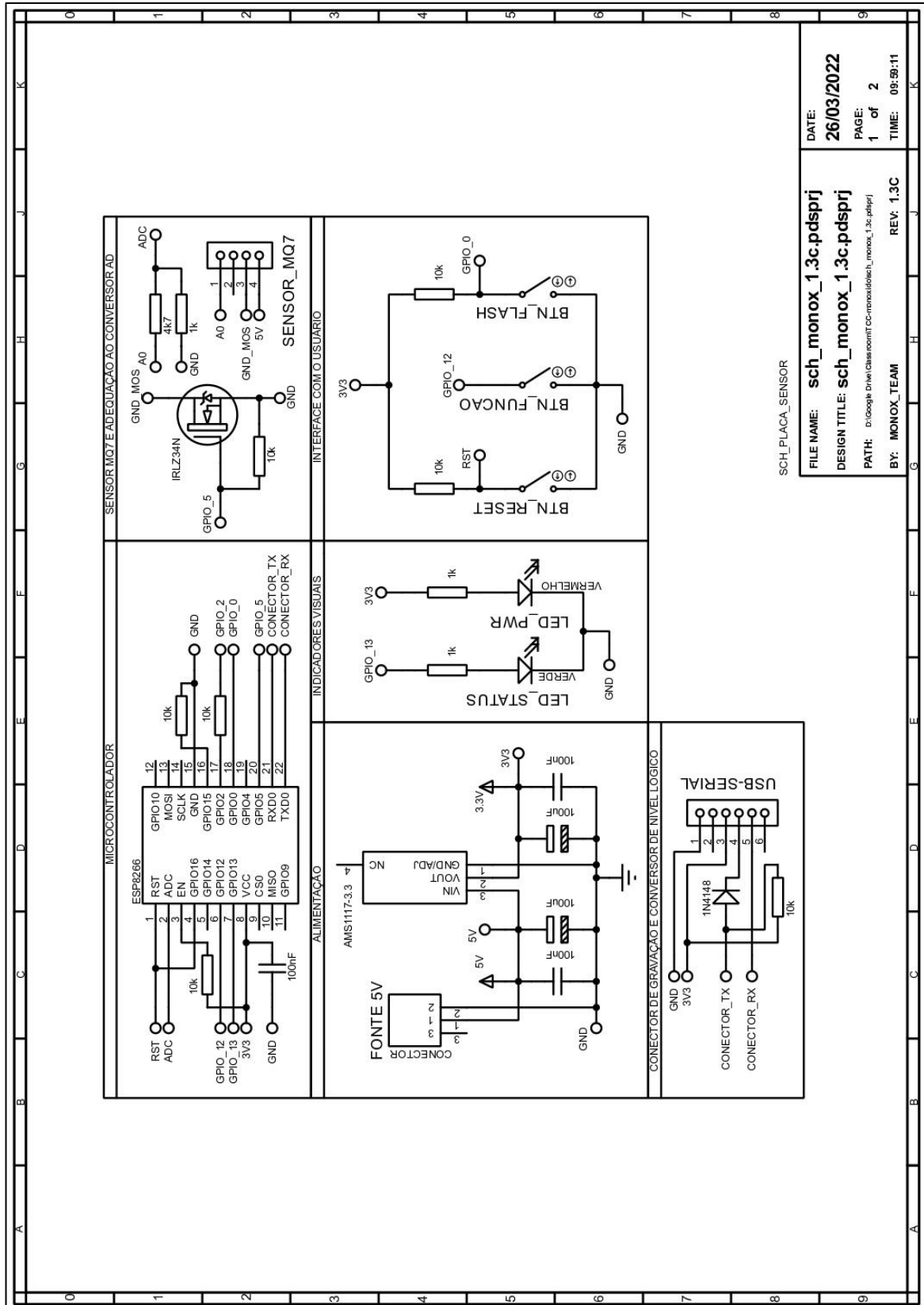
Ambiente simulado de teste



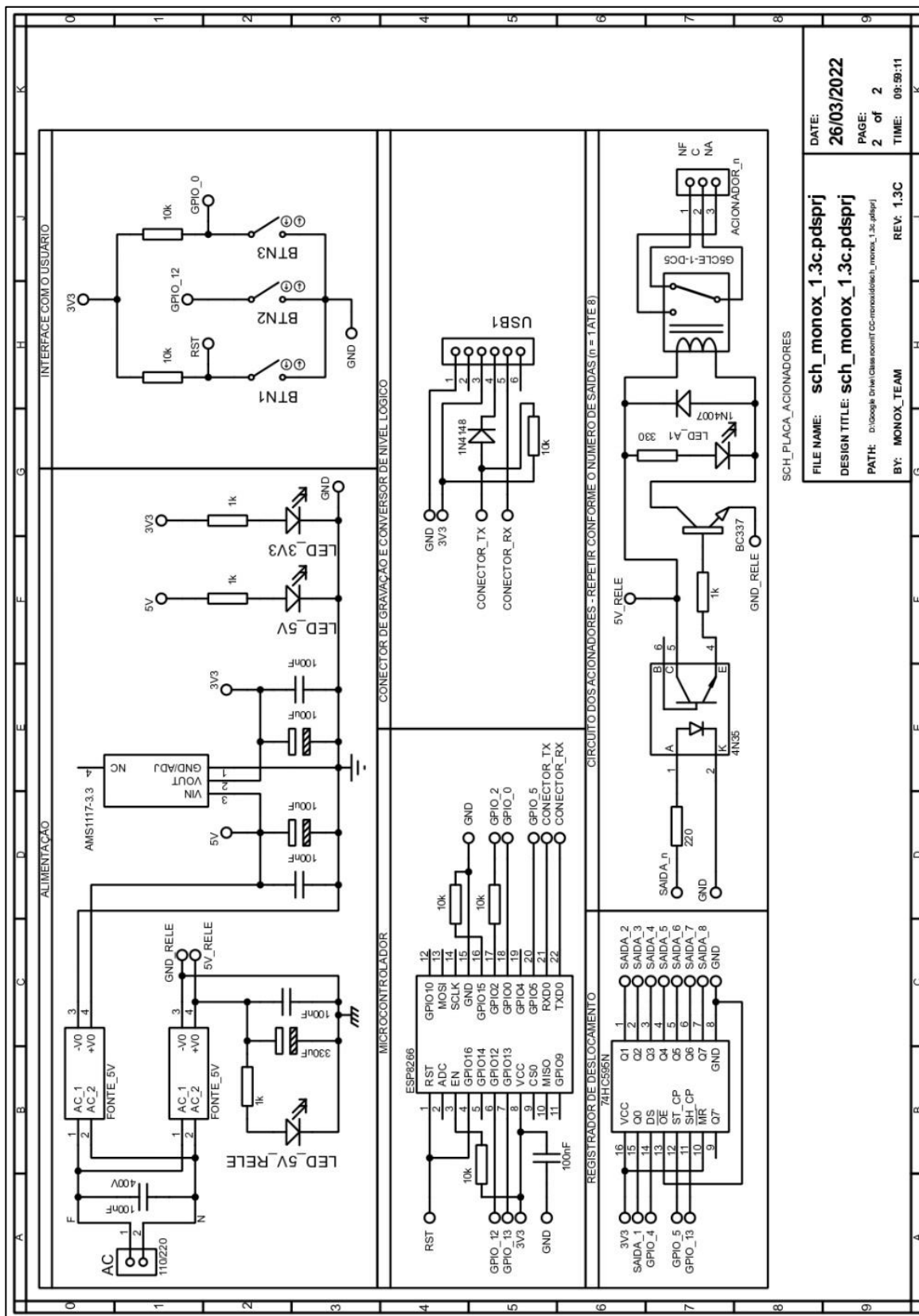
APÊNDICE E

Abaixo estão inseridas as imagens em alta resolução correspondentes aos esquemas elétricos e layouts das placas.

Esquema elétrico da placa do sensor

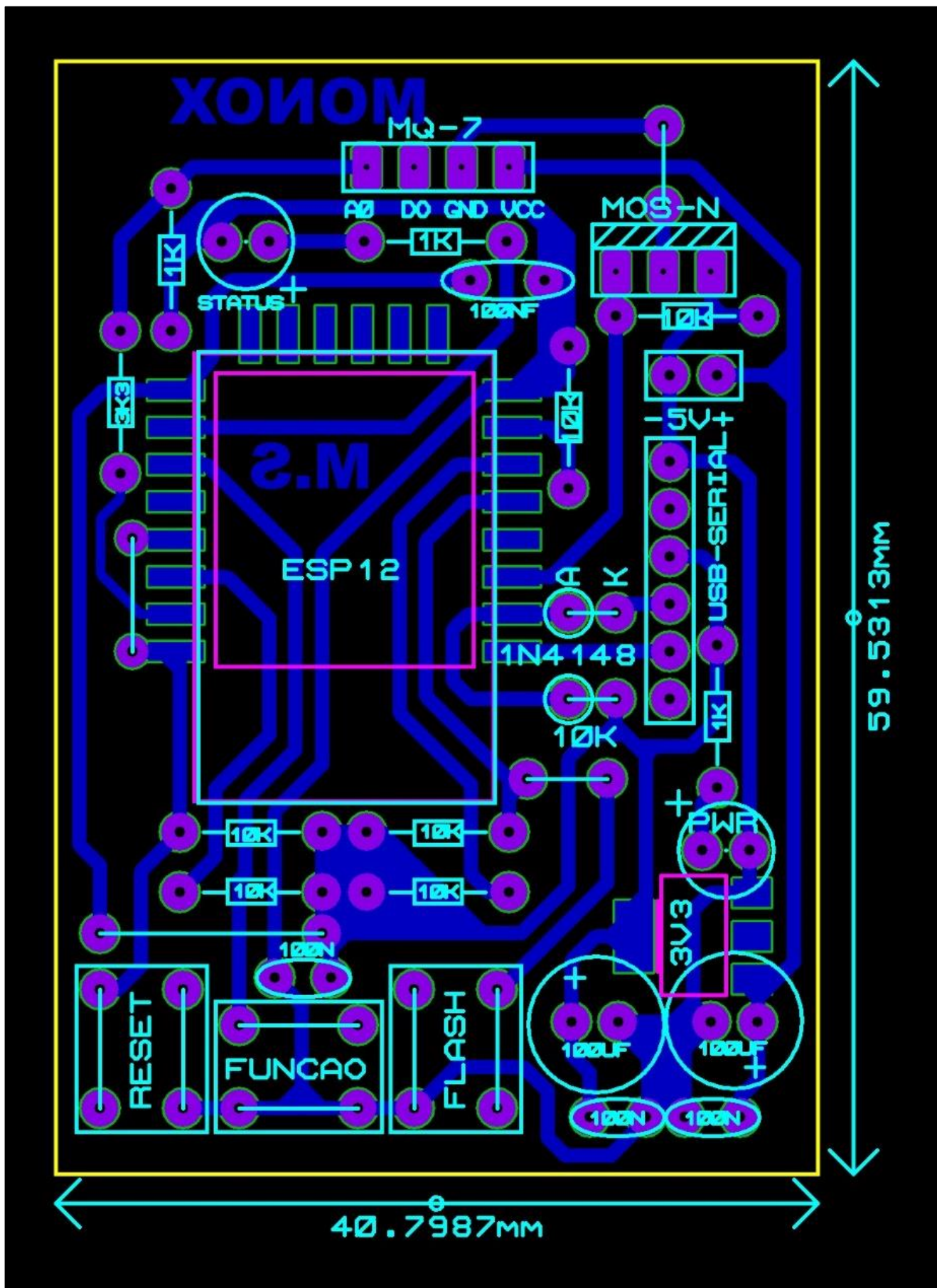


Esquema elétrico da placa do acionador

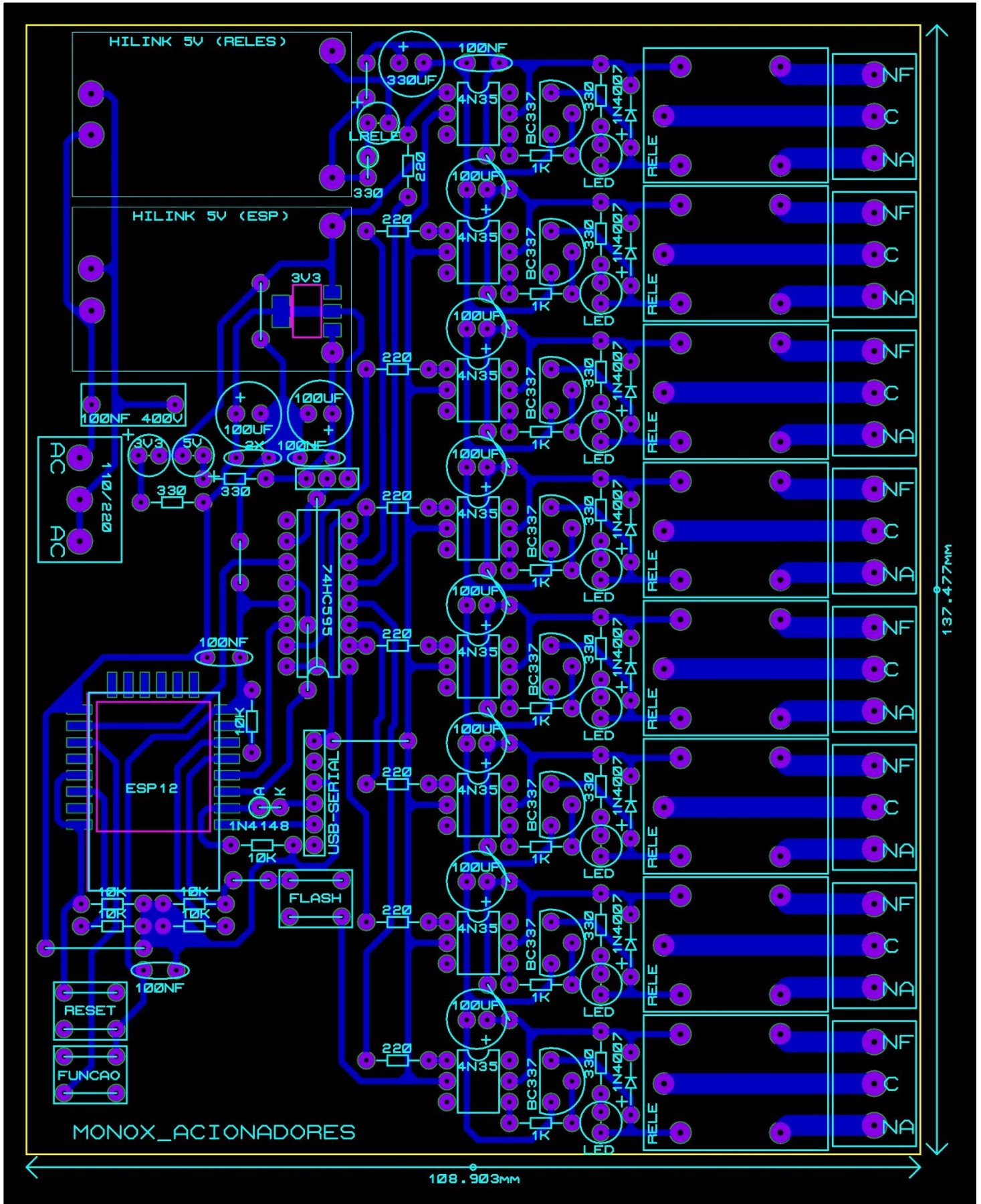


DATE: 26/03/2022
 FILE NAME: sch_monox_1.3c.pdsprj
 DESIGN TITLE: sch_monox_1.3c.pdsprj
 PATH: D:\logoo Drive\classroom\TC-monox\ide\sch_monox_1.3c.pdsprj
 BY: MONOX_TEAM
 REV: 1.3C
 PAGE: 2 of 2
 TIME: 09:59:11

Layout da placa do sensor



Layout da placa do acionador



APÊNDICE F

Abaixo está inserida a imagem referente ao plano de comercialização que ilustra, por meio de uma tabela, os exemplos de preços.

Exemplo de preços para a opção de aquisição 1 (Aquisição permanente).

Quantidade (unid.)	Módulo sensor (R\$)	Módulo acionador (R\$)	Mensalidade (R\$)
Até 8	180	350	200
De 9 a 32	170	330	350
De 33 a 56	160	310	550
De 51 a 104	150	290	700
Acima de 105	135	250	A negociar