

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

ADONIS ANDREAS MARINOS

Aplicação IoT Para Análise e Classificação da Qualidade do ar

São José - SC

Abril/2022

APLICAÇÃO IOT PARA ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Engenharia de Telecomunicações do campus São José do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do diploma de Engenheiro de Telecomunicações.

Orientador: Prof. Arliones Stevert Hoeller Junior, Dr.

São José - SC

Abril/2022

RESUMO

Este trabalho trata de como a composição do ar de um determinado ambiente, no qual há constante atividade tecnológica poluente, pode ter sua qualidade afetada e, consequentemente, impactar no dia-a-dia e na vida das pessoas que ali frequentam. O objetivo final do projeto será confeccionar um produto que colete dados sobre as grandezas que são utilizadas para classificar este ar por meio de sensores vinculados a um microcontrolador, a comunicação deste com um banco de dados para o armazenamento dos dados, além de um software de análise para assim rotular o ar do local.

Palavras-chave: Qualidade do ar. Sensores. Microcontrolador.

ABSTRACT

This work deals with how the composition of the air in a given environment, in which there is constant polluting technological activity, can have its quality affected and, consequently, impact the day-to-day and the lives of the people who attend there. The final objective of the project will be to manufacture a product that collects information on the gases that are measured to classify the air quality through sensors linked to a microcontroller, its communication with a database for data storage, as well as a software that analyzes and labels the air of a certain place.

Keywords: Air quality. Sensors. Microcontroller.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama da arquitetura IoT	11
Figura 2 – Diagrama de funcionamento do projeto.	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrões de qualidade do ar (BRASIL, 2018).	10
Tabela 2 – Níveis de atenção, alerta e emergência para poluentes (BRASIL, 2018).	11
Tabela 3 – Soluções existentes e proposta do trabalho.	15
Tabela 4 – Cronograma de Atividades.	18
Tabela 5 – Sensores adquiridos.	19

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	Objetivos	7
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1	Resolução do CONAMA sobre qualidade do ar	9
2.2	O conceito de <i>Internet of Things</i> e sua arquitetura	10
2.2.1	Sensores/Atuadores	11
2.2.2	<i>Gateway</i>	12
2.2.3	<i>Edge Analytics</i>	12
2.2.4	Central de dados/Plataforma na nuvem	13
2.3	Análise de Séries Temporais	13
2.4	Soluções Existentes	14
3	PROPOSTA DE PROJETO	16
3.1	Análise de Requisitos	16
3.1.1	Requisitos funcionais	16
3.1.2	Requisitos não-funcionais	16
3.2	Proposta de arquitetura	17
3.3	Metodologia	17
3.3.1	Etapas do Projeto	17
3.3.2	Cronograma de Trabalho	18
3.4	Resultados Esperados	18
3.5	Resultados Preliminares	19
	REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

A rápida evolução tecnológica da sociedade traz em sua bagagem diversos impactos ambientais, muitos deles sendo imperceptíveis para a grande maioria da população, como os gases nocivos que não são visíveis ao olho nu e estão presentes em grande parte das situações cotidianas do ser humano, o que pode ser considerado uma possível ameaça à saúde a longo prazo.

Levando em conta essa evolução, a Internet das Coisas (IoT) tem simbolizado um novo estágio histórico para o desenvolvimento da Internet. O ponto chave da IoT pode ser definido como “utilizar uma tecnologia de rede integrada, sinérgica e ubíqua para prover serviços ubíquos inteligentes” (GUO; ZHU; YANG, 2016), ou em outras palavras, utilizando a onipresente tecnologia de rede de informação para entregar serviços inteligentes onipresentes. A ascensão da IoT possibilita a criação de soluções e serviços diversos que se comunicam e trocam dados através da Internet podendo incorporar inúmeras possibilidades.

Trazendo o conceito de IoT e as complicações provenientes dos gases danosos à saúde, a proposta deste trabalho é desenvolver uma solução IoT para realizar o monitoramento e classificação da qualidade do ar. Para atingir o produto final é necessário determinar as grandezas importantes para classificar o ar de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2018), definir quais sensores serão utilizados para medir essas grandezas a partir de um dispositivo microcontrolador, desenvolver um banco de dados para armazenar dos dados que serão coletados e a realizar uma análise dos mesmos a fim de rotular a qualidade do ar.

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é criar, a partir de sensores integrados a um microcontrolador em comunicação com o banco de dados, uma forma de medição das grandezas que compõem o ar de um determinado ambiente e, a partir da análise dos dados coletados e armazenados como séries temporais, determinar a classificação desse ar como próprio, impróprio, inconveniente, danoso ou prejudicial à segurança, de acordo com as resoluções mais recentes do CONAMA.

Para alcançar esse objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Determinar as grandezas a serem medidas para classificar a qualidade do ar e os respectivos sensores a serem utilizados para efetuar cada medição.

- Desenvolver um dispositivo de coleta de dados que integra sensores e uma interface de comunicação sem fios a uma plataforma microcontroladora.
- Desenvolver um banco de dados para que os dados coletados sejam armazenados de forma leve e escalável.
- Organizar os dados no formato de séries temporais para possibilitar possíveis predições comportamentais.
- Monitorar o ar de um ambiente específico e analisar os dados sob a ótica dos padrões de qualidade do ar do CONAMA.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo são apresentadas as revisões bibliográficas sobre os principais conceitos que serão abordado e como os mesmos têm relação direta com o tema e a proposta do projeto que será descrita no [Capítulo 3](#).

2.1 Resolução do CONAMA sobre qualidade do ar

Usaremos como referência os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente na resolução 491/2018 para realizar a análise e classificação da qualidade do ar. Qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características que tornem ou possam tornar o ar nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança é considerada um poluente atmosférico. (BRASIL, 2018).

De acordo com a resolução mencionada, as grandezas a serem medidas para classificar a qualidade do ar de um determinado ambiente são: Material Particulado MP10 (partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 micrômetros), Material Particulado MP2,5 (diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 micrômetros), Partículas Totais em Suspensão (diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 50 micrômetros), SO₂ (Dióxido de Enxofre), NO₂ (Dióxido de Nitrogênio), O₃ (Ozônio), Fumaça, Monóxido de Carbono (CO) e Chumbo (Pb₅) (BRASIL, 2018).

A resolução também menciona que os padrões seriam definidos para determinados Períodos de Referência, sendo eles PI-1, PI-2, PI-3 e PF. Na data do desenvolvimento deste documento nos encontramos no PI-1, porém cada período não possui um tempo determinado e pode ser menor ou maior que o anterior. Para os fins deste trabalho, iremos trabalhar utilizando o PI-1 como referência, podendo ser adaptado para o período atual.

As condições definidas como referência são temperatura de 25°C e a pressão de 760mmHg. Como podemos ver na [Tabela 1](#), que nos informa qual a concentração dos poluentes que define os padrões de qualidade do ar, a unidade de medida é micrograma por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), com exceção do Monóxido de Carbono que será reportado como partes por milhão (ppm). Já na [Tabela 2](#) nós temos quais os níveis de concentração desses poluentes que devem ser considerados de atenção, alerta e emergência para o ambiente. (BRASIL, 2018)

Tabela 1 – Padrões de qualidade do ar (BRASIL, 2018).

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF	-
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	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	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

2.2 O conceito de *Internet of Things* e sua arquitetura

A evolução da tecnologia de comunicação sem fio chegou ao nível de termos uma forma de comunicar objetos que estejam conectados à Internet. Estes objetos com computação integrada, a conexão entre eles através da rede e as suas capacidades de sensoriamento constituem o que chamamos hoje em dia de Internet das Coisas (IoT), tornando objetos simples e complexos, sendo ou não de uso cotidiano, em objetos inteligentes (HOU et al., 2016).

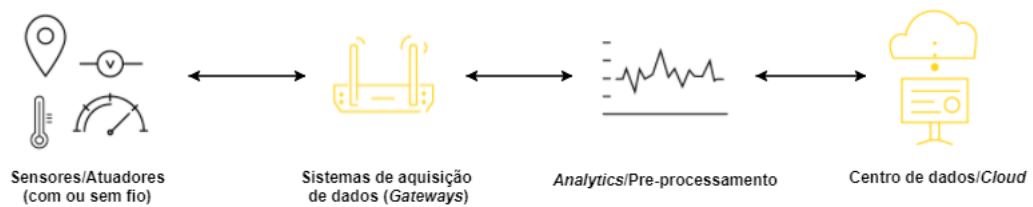
Podemos descrever a arquitetura IoT separando-a em quatro camadas, as quais podem ser vistas no diagrama da Figura 1 e iremos tratar cada uma de forma detalhada a seguir.

Tabela 2 – Níveis de atenção, alerta e emergência para poluentes (BRASIL, 2018).

Nível	Poluentes					
	SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *	MP10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *	MP2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *	CO ppm ⁺	O ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ +	NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ §
Atenção	800	250	125	15	200	1130
Alerta	1600	420	210	30	400	2260
Emergência	2100	500	250	40	600	3000

*: média de 24h; +: média móvel de 8h; §: média de 1h.

Figura 1 – Diagrama da arquitetura IoT



Autor: (AVSYSTEM, 2020).

2.2.1 Sensores/Atuadores

Dentre os dispositivos conectados a uma rede IoT, os sensores são a base para o fornecimento dos dados, que são a captação dos parâmetros físicos no mundo exterior ou até mesmo podendo ser parâmetros do próprio objeto em questão, sendo eles dispositivos próprios ou objetos autônomos de coleta e medição de dados. Um exemplo da aplicação que será implementada neste trabalho é todo o conjunto de sensores que serão usados para medir as grandezas que compõem e classificam o ar, tanto quanto as condições do mesmo como temperatura e pressão atmosférica.

Outro tipo de dispositivo que pode estar presente são os atuadores, que são os responsáveis por realizar uma ação física a partir dos dados medidos ou gerados pelos objetos inteligentes e sensores da rede. No caso da aplicação deste trabalho, poderíamos por exemplo colocar um alarme para disparar um alerta sonoro ou luminoso quando alguma das grandezas que estão sendo medidas passarem do limite de concentração que classificaria o ar como próprio.

Todos os objetos conectados devem ser capazes de comunicar-se entre si através de seus *gateways* ou sistemas de aquisição de dados de forma bidirecional, a fim de transmitir as informações em tempo real para que a aplicação IoT atinja seu objetivo e realize sua função em um determinado contexto. (AVSYSTEM, 2020)

2.2.2 Gateway

Os *gateways* são considerados os intermediários entre os módulos de coleta de dados e a conexão com a nuvem, sendo assim um ponto de ligação necessário para todas as camadas restantes. Eles se responsabilizam por determinar a capacidade das transferências pela rede, selecionar e priorizar os dados a serem transmitidos dentre as inúmeras entradas e saídas de vários dispositivos que podem estar simultaneamente conectados na rede.

O artigo “What is IoT architecture?”, publicado em 2019, define bem a funcionalidade dos *gateways*:

“Sentados à beira do mundo das OT (Tecnologias operacionais) e IT (Tecnologias da informação), os *gateways* facilitam a comunicação entre os sensores e o resto do sistema, convertendo os dados dos sensores em formatos que são facilmente transferíveis e utilizáveis para outros componentes do sistema. Além disso, são capazes de controlar, filtrar e selecionar dados para minimizar o volume de informação que precisa ser encaminhado para a nuvem, o que afeta positivamente os custos de transmissão da rede e os tempos de resposta. Assim, os *gateways* fornecem um lugar para o pré-processamento local dos dados dos sensores, que são reduzidos a ponto de se tornarem mais úteis para processamento posterior.” (AVSYSTEM, 2020)

Uma das mais importantes funções dos *gateways* é a segurança da rede IoT. Como eles são responsáveis pelo fluxo dos dados e informações que vem de todos os sentidos, evitam a possibilidade de vazamentos desses dados armazenados na nuvem e reduzem o risco de possíveis ataques externos e maliciosos, juntamente com a ajuda de ferramentas de criptografia.

2.2.3 Edge Analytics

Embora não seja uma componente obrigatória de toda arquitetura IoT, a computação de borda (ou *edge analytics*) é uma abordagem de coleta e análise de dados na qual, ao invés de esperar que as informações sejam processadas na central de dados, esta análise ocorre de forma automatizada no próprio dispositivo, podendo ele ser um sensor, um *switch* de rede, etc. (POSEY, 2020)

Dentre os benefícios do uso da *edge analytics*, podemos citar a análise de dados realizada praticamente em tempo real no próprio dispositivo sem necessitar da espera do tempo de transmissão dos dados. Ela permite uma escalabilidade natural, pois a carga de trabalho é dividida, uma vez que cada dispositivo realiza sua própria análise. Além disso, ela providencia uma possível redução dos custos gerais do sistema relacionados ao armazenamento de dados para análise, adiciona um nível maior de segurança por reduzir

as transmissões necessárias e mantém os dados base do sistema nos dispositivos que os coletaram/criaram. (POSEY, 2020)

2.2.4 Central de dados/Plataforma na nuvem

“Se os sensores são neurônios e o *gateway* é a espinha dorsal da IoT, então a nuvem é o cérebro da IoT.” (AVSYSTEM, 2020)

A central de dados é onde os grandes volumes de informações vindas do sistema podem ser armazenadas, processadas e analisadas para atender as necessidades da aplicação fazendo o uso da rede em nuvem. Normalmente são atrelados a mecanismos de aprendizagem de máquina e algoritmos de análise, fazendo que a sua presença seja ainda mais importante, pois os dispositivos em si não suportariam essas formas mais avançadas de análise.

Na aplicação deste trabalho, será de extrema importância ter uma central de dados para comunicar com as interfaces e *dashboards* que irão mostrar os dados em tempo real para o usuário final, tanto quanto poder realizar a classificação da qualidade do ar ao longo do tempo e permitindo uma análise detalhada das séries temporais dos dados utilizando determinadas técnicas, que serão abordadas na próxima seção.

2.3 Análise de Séries Temporais

As medições feitas pelos sensores da rede IoT implicam na geração de séries temporais de dados, sendo assim o ponto chave para expandir a análise e estudo em cima das informações que podemos reunir na aplicação em questão. A partir do que for apresentado nas séries, podemos por exemplo prever o comportamento de futuras medições, fazendo uso de inúmeras formas de analisar as tendências dos dados.

A seguir será descrito o que pode ser definido como uma série temporal de dados, assim como a citação de alguns exemplos de técnicas e formas de análise que poderão ser utilizadas neste trabalho para criar previsões e definições a partir das informações coletadas ao longo do tempo pela aplicação que irá medir e classificar a qualidade do ar.

Colocando de forma simples, podemos chamar de série temporal uma coleção de observações de uma ou mais informações que sejam variáveis feitas sequencialmente ao longo de um determinado período de tempo. As séries temporais são de grande atuação em áreas como economia, marketing, finanças, demografia, meteorologia, epidemiologia, etc. São utilizadas técnicas de análise para atender qual seja o propósito da medição destas séries, seja para prever o mercado financeiro, comportamentos sociais ou até mesmo as variações da qualidade do ar em um local ou região.

Podemos definir que uma previsão acontece quando a informação é transferida através do tempo, e normalmente para pontos específicos no tempo, gerando modelos estatísticos para simulações estocásticas que geram versões alternativas daquela série temporal, representando o que poderia acontecer em períodos não específicos no futuro. (WIKIPEDIA, 2022)

Um exemplo simples para a predição de séries de longo comprimento é a análise de tendências, no qual se utiliza dos modelos linear, quadrático, crescimento ou decrescimento exponencial e de curva S de tendência. Usado para prever a tendência quando não temos uma componente sazonal na série a ser analisada. (MINITAB, 2022)

Previsões em séries temporais normalmente são feitas com o uso de pacotes de softwares específicos e linguagens de programação como *Julia*, *Python*, *R*, *SAS*, *SPSS*, etc. Alguns dos processos presentes na teoria das previsões incluem a segmentação da série temporal, a estimação do sinal e a sua classificação. (WIKIPEDIA, 2022)

2.4 Soluções Existentes

Durante a pesquisa para a confecção do presente trabalho, pôde-se notar que no mercado já existe uma série de produtos que se propõem a monitorar e medir os índices de qualidade do ar. A partir disso, neste tópico serão apresentadas algumas destas soluções, suas principais características e diferenças, além de estabelecer uma comparação com a proposta deste trabalho.

A primeira delas é o *Portable Air Quality Monitor - Series 200* da empresa *Aeroqual*, que se trata de uma ferramenta que mede a concentração em tempo real de um determinado poluente, variando em até 30 diferentes poluentes dependendo do sensor que estiver conectado ao aparelho. Outra vantagem deste produto é o fato dele ser portátil, podendo medir ambientes internos e externos sem dificuldades. (AEROQUAL, 2022)

Outra solução encontrada foi a *Air Quality Station* da empresa *Libelium*, contando com cinco sensores de gases para medir simultaneamente os principais poluentes, como CO, NO₂, NO, O₃ e SO₂. Além disso, o dispositivo conta com conexão à *Libelium Cloud* para o envio dos dados através de redes móveis 4G e uma estrutura robusta e resistente às adversidades climáticas. (LIBELIUM, 2022)

Por fim, temos a *uHoo Smart Air*, focada em ambientes internos como casas e apartamentos, possui uma grande variedade de sensores e uma interface de fácil entendimento para seus usuários visualizarem as medições através de um aplicativo para celular. Como um grande diferencial, ela conta com algo chamado pela empresa de “Índice de Vírus”, que mede a probabilidade de um vírus sobreviver em um determinado ambiente e se o ar tem menos ou mais chances de espalhar um vírus. (UHOO, 2022)

Tabela 3 – Soluções existentes e proposta do trabalho.

Produto	Sensores	Gases Medidos Simultaneamente	Portátil	Conexão Externa	Ambientes	Medidas CONAMA	Custo Aprox.
Portable Air Quality Monitor - Series 200	30	1	Sim	Cabo USB	Internos e Externos	9/9	\$ 750
Libelium Air Quality Station	5	5	Não	4G	Externos	4/9	\$?
uHoo Smart Air	6	6	Não	Wi-fi	Internos	5/9	\$ 329
Solução proposta pelo trabalho	5	6	Não	LoRaWAN	Inicialmente Internos	6/9	R\$ 200,00

Uma comparação entre as características dos produtos citados e a proposta deste trabalho, que será abordada mais a fundo no próximo capítulo, pode ser vista na [Tabela 3](#), onde podemos notar que, além de termos uma solução que possui características semelhantes às outras soluções já citadas, poderá ter um desempenho e qualidade similar com um custo de produção altamente reduzido.

Alguns detalhes importantes que podem ser notados na tabela são a questão da diferença entre a quantidade de gases que serão medidos simultaneamente, no qual a solução que será proposta conta com seis medições, o fato que mesmo que haja necessidade de adaptar a escalabilidade da solução com componentes de maior qualidade, ainda faria com que fosse o produto de menor custo dentre os citados nessa pesquisa, além de ser a opção mais condizente com as definições mais atuais do CONAMA para grandezas que definem e categorizam a qualidade do ar, sendo elas: partículas totais em suspensão, fumaça, MP10, MP2,5, CO, O₃ e NO₂.

3 PROPOSTA DE PROJETO

Levando em conta todas as informações que foram abordadas até então, podemos dizer que não temos uma solução que atenda os requisitos abordados na resolução 491/2018 do CONAMA e possua um preço acessível. Portanto a solução proposta neste trabalho terá sua confecção visando atender principalmente esses requisitos, além de outros que serão apresentados ao longo deste capítulo.

A estrutura deste capítulo será composta de todos os requisitos do projeto, divididos entre funcionais e não-funcionais, um diagrama detalhado do funcionamento da solução, a metodologia a ser utilizada, incluindo um cronograma quinzenal de todo o desenvolvimento, resultados esperados ao final do projeto e os já obtidos na pesquisa inicial.

3.1 Análise de Requisitos

3.1.1 Requisitos funcionais

RF01: Medir e transmitir dados de vários sensores simultaneamente num microcontrolador.

RF02: Armazenar dados dos sensores como séries temporais em um banco de dados.

RF03: Gerenciar acesso por usuários.

RF04: GUI para explorar dados das séries temporais graficamente e em tabelas.

RF05: Análise de séries temporais e predição de comportamentos.

RF06: Gerenciar o cadastro de várias estações de monitoramento.

RF07: Recarregar bateria por painel fotovoltaico.

3.1.2 Requisitos não-funcionais

RNF01: Custo baixo (Max. R\$500).

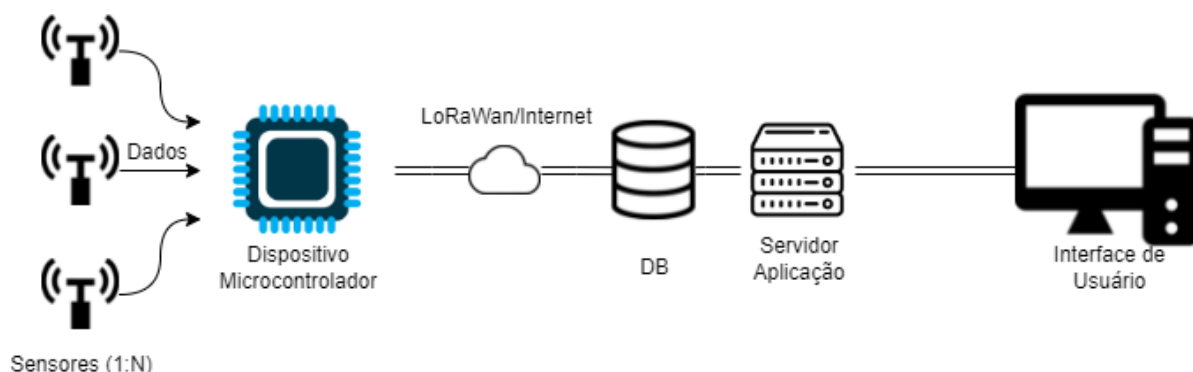
RNF02: Baixo consumo de energia (bateria deve durar ao menos 7 dia sem recarga).

RNF03: Interface de fácil utilização.

RNF04: Atender aos padrões de qualidade do ar do órgão CONAMA.

RNF05: Possuir alertas configuráveis.

Figura 2 – Diagrama de funcionamento do projeto.



Fonte: Próprio autor.

3.2 Proposta de arquitetura

Como pode ser visto na [Figura 2](#), a arquitetura final terá quatro módulos, consistindo de:

- Um microcontrolador integrado com sensores para a medição dos gases/grandezas definidos na pesquisa, enviando dados através da rede.
- Um banco de dados onde serão armazenados os dados recebidos do microcontrolador, podendo estar fisicamente conectado ao servidor da aplicação ou não.
- Um servidor onde é executada a aplicação que realiza a análise dos dados medidos, assim como as classificações dos índices de qualidade do ar e geração de alertas.
- A interface pela qual os usuários poderão acessar com login e senha para visualizar os dados apresentados graficamente.

3.3 Metodologia

3.3.1 Etapas do Projeto

Para atingir os objetivos propostos, este trabalho foi dividido nas seguintes etapas:

- **Etapas 1:** Definir os objetivos geral e específicos do projeto.
- **Etapas 2:** Determinar a partir da resolução 491/2018 do CONAMA quais são as grandezas a serem medidas para poder classificar a qualidade do ar.
- **Etapas 3:** Pesquisar quais são sensores para medir as determinadas grandezas encontradas e realizar a compra dos mesmos.

- **Etapa 4:** Pesquisar sobre a arquitetura IoT, séries temporais e soluções existentes no mercado para redigir a fundamentação teórica do trabalho.
- **Etapa 5:** Documentar a definição da proposta do projeto.
- **Etapa 6:** Iniciar a produção da parte prática do trabalho, integrando os sensores ao microcontrolador.
- **Etapa 7:** Confeccionar um banco de dados para armazenar as informações obtidas no formato de séries temporais.
- **Etapa 8:** Realizar o desenvolvimento da aplicação que fará a análise das séries temporais para predições e apresentação dos dados.
- **Etapa 9:** Integrar a interface gráfica para visualização dos dados.
- **Etapa 10:** Realização de testes de campo, onde a aplicação ficará coletando dados durante determinados períodos de tempo para validar a proposta apresentada.

3.3.2 Cronograma de Trabalho

A expectativa de conclusão de cada etapa do projeto se dará de acordo com o cronograma da [Tabela 4](#):

Tabela 4 – Cronograma de Atividades.

Atividade	Mês									
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Etapa 1	X									
Etapa 2	X									
Etapa 3	X									
Etapa 4		X	X	X						
Etapa 5					X	X				
Etapa 6							X	X		
Etapa 7							X	X		
Etapa 8								X		
Etapa 9									X	
Etapa 10									X	X
Relatório Final									X	X
Defesa do TCC										X

3.4 Resultados Esperados

O resultado esperado no fim da fase de experimentos e testes é de medir as componentes que determinam a qualidade do ar de um ambiente a ser escolhido com

sucesso, utilizando os sensores coordenados a partir de um microcontrolador, além de desenvolver uma aplicação que receba esses dados a partir de uma rede IoT e classifique o ar de qualquer ambiente *indoor* e possivelmente *outdoor*.

3.5 Resultados Preliminares

Levando em conta a pesquisa até o momento, as grandezas a serem medidas para a classificação de um ar em um determinado ambiente foram encontradas a partir da resolução 491/2018 do CONAMA. Subsequentemente, como pode ser visto na tabela [Tabela 5](#), foram listados os sensores que as medem respectivamente, além de ter definido que o microcontrolador a ser utilizado será um Arduino, por conta das suas entradas possibilitarem a conexão com os sensores adquiridos, por possuir maior familiaridade com a tecnologia e esta ter baixo consumo de energia.

Dentre os sensores que foram escolhidos e adquiridos para o projeto, por motivos financeiros e dificuldade de encontrar, não foi possível ainda incluir sensores para medir as concentrações de chumbo, SO₂ e partículas totais em suspensão.

Tabela 5 – Sensores adquiridos.

Modelo	MP10	MP2,5	SO ₂	NO ₂	O ₃	Fumaça	CO	PTS	Pb
MICS-6814	-	-	-	X	-	-	X	-	-
MQ-7	-	-	-	-	-	-	X	-	-
MQ-2	-	-	-	-	-	X	-	-	-
MQ-5	-	-	-	-	X	-	-	-	-
DSM501A	X	X	-	-	-	-	-	-	-

REFERÊNCIAS

- AEROQUAL. *Series 200 – Portable Air Quality Monitor*. 2022. Disponível em: <<https://www.aeroqual.com/products/s-series-portable-air-monitors/series-200-portable-air-pollution-monitor>>. Citado na página 14.
- AVSYSTEM. *What is IoT architecture?* 2020. Disponível em: <<https://www.avsystem.com/blog/what-is-iot-architecture/>>. Citado 3 vezes nas páginas 11, 12 e 13.
- BRASIL. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 491. *Diário Oficial da União*, v. 223, n. 1, p. 155, 2018. Disponível em: <in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895>. Citado 5 vezes nas páginas 5, 7, 9, 10 e 11.
- GUO, Y.; ZHU, H.; YANG, L. Service-oriented network virtualization architecture for internet of things. *China Communications*, v. 13, n. 9, p. 163–172, 2016. Citado na página 7.
- HOU, L. et al. Internet of things cloud: Architecture and implementation. *IEEE Communications Magazine*, v. 54, n. 12, p. 32–39, 2016. Citado na página 10.
- LIBELIUM. *Air Quality Station Technical Guide*. 2022. Disponível em: <<https://development.libelium.com/air-quality-station-technical-guide/>>. Citado na página 14.
- MINITAB. *Métodos para análise de séries temporais*. 2022. Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/time-series/supporting-topics/basics/methods-for-analyzing-time-series/>>. Citado na página 14.
- POSEY, B. *DEFINITION edge analytics*. 2020. Disponível em: <<https://searchbusinessanalytics.techtarget.com/definition/edge-analytics>>. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.
- UHOO. *Create a healthy home*. 2022. Disponível em: <<https://getuhoo.com/home>>. Citado na página 14.
- WIKIPEDIA. *Time series*. 2022. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Time_series#Exploratory_analysis>. Citado na página 14.