



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Instituto de Ciências Exatas e de Informática

Ar Puro MG

Abel Leony Macedo da Paixão
Caio Ignatz Martins
Gabriel Víctor Guimarães Xavier
Iago Oliveira de Almeida
Katryn Ribeiro de Jesus Oliveira
Phelipe Octavio Antunes Silva

Resumo

A ONG Ar Puro MG realiza medições e monitoramento contínuos da qualidade do ar na região metropolitana de Belo Horizonte em resposta ao aumento da poluição atmosférica. Com o objetivo de fornecer dados confiáveis tanto para o poder público quanto para a sociedade civil, a ONG contribui para a formulação de políticas públicas e práticas sustentáveis. A API REST pública, principal produto da organização, permite o acesso em tempo real aos dados de qualidade do ar, bem como o armazenamento e a análise histórica dessas informações. A infraestrutura tecnológica envolve uma rede resiliente de sensores distribuídos, utilizando tecnologias como LPWAN e NB-IoT, para garantir a integridade e segurança dos dados, assegurando a continuidade do serviço. Através de relatórios detalhados e uma gestão eficiente de dados, a ONG busca promover a conscientização ambiental, impactando diretamente a saúde pública e o meio ambiente. Além disso, a Ar Puro MG oferece suporte remoto aos colaboradores e serviços integrados de e-mail, login, e VPN, para garantir a continuidade do trabalho e a comunicação segura entre os sensores e a matriz.

Palavras-chave: Monitoramento do ar; Sensores; LPWAN; NB-IoT; Saúde pública.

Abstract

The NGO Ar Puro MG conducts continuous air quality measurement and monitoring in the metropolitan region of Belo Horizonte in response to rising atmospheric pollution. With the objective of providing reliable data to both public authorities and civil society, the organization contributes to the development of public policies and sustainable practices. The organization's main product, a public REST API, enables real-time access

to air quality data, as well as the storage and historical analysis of this information. The technological infrastructure involves a resilient network of distributed sensors using technologies such as LPWAN and NB-IoT to ensure data integrity and security, guaranteeing service continuity. Through detailed reports and efficient data management, the NGO aims to raise environmental awareness, directly impacting public health and the environment. Additionally, Ar Puro MG provides remote support to collaborators and integrated services for email, login, and VPN to ensure continuous work and secure communication between sensors and the main office.

Keywords: Monitoring;Sensors; LPWAN; NB-IoT; public health.

1 INTRODUÇÃO (1 - 2 PÁGINAS)

A *Ar Puro MG* é uma organização não governamental (ONG) dedicada à medição e monitoramento da qualidade do ar na região metropolitana de Belo Horizonte. Em resposta ao aumento da poluição atmosférica e à necessidade crescente de informações precisas sobre a qualidade do ar, nossa organização se compromete a fornecer dados confiáveis que possam ser utilizados tanto pelo poder público quanto pela sociedade civil para o desenvolvimento de políticas públicas e práticas sustentáveis.

Para garantir o direito à informação sobre a qualidade do ar, a missão da *Ar Puro MG* é promover a saúde pública e o bem-estar da população. Isso é realizado através do monitoramento contínuo e da divulgação transparente dos níveis de poluição atmosférica para órgãos governamentais e para a sociedade civil.

Com o objetivo de ser referência nacional na medição da qualidade do ar, a visão da organização é contribuir para a construção de cidades mais saudáveis e ambientalmente responsáveis, gerando um impacto positivo na vida das pessoas e no meio ambiente.

Além disso, um dos pilares da *Ar Puro MG* é agir com clareza e honestidade na divulgação dos dados e na comunicação com o público, reafirmando o compromisso de proteger e melhorar a saúde da população. As suas atividades possuem práticas que promovem o desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente, enquanto busca constantemente por novas tecnologias e metodologias para aprimorar os serviços prestados.

A equipe formada por membros responsáveis pelo desenvolvimento, manutenção, comunicação externa e interna, financeiro e gerência mantém a ONG em funcionamento com o modelo de trabalho presencial na matriz e nas unidades, onde estão os equipamentos que permitem a realização dos trabalhos.

A *Ar Puro MG* opera nos modelos B2B (Business to Business), B2G (Business to Government) e B2C (Business to Consumer), fornecendo serviços para empresas privadas, organizações não governamentais e órgãos públicos, além de atender ao público geral. A empresa oferece dados precisos sobre a qualidade do ar, auxiliando na tomada de decisões e na formulação de políticas ambientais.

As atividades da empresa incluem a instalação e manutenção de dispositivos de medição estrategicamente posicionados na região metropolitana de Belo Horizonte, a coleta e análise de dados em tempo real, e a divulgação dessas informações por meio de uma Interface de Programação de Aplicações (API) aberta.

Com sua infraestrutura de rede e sistemas de computação, a *Ar Puro MG* oferece como principal produto uma API REST aberta ao público, permitindo que desenvolvedores, pesquisadores e organizações acessem e utilizem os dados coletados pelos sensores com segurança e integridade em tempo real.

A API REST pública facilita a integração com aplicações externas e possibilita a criação de soluções inovadoras utilizando os dados fornecidos. Para garantir a eficácia dessa integração, a empresa conta com um sistema robusto de gestão de dados, que abrange a coleta, armazenamento e análise das informações obtidas pelos sensores, assegurando a sua

disponibilidade e acessibilidade por meio da API. A segurança dos dados é garantida por mecanismos de autenticação e autorização rigorosos, assegurando um uso responsável e protegido das informações. Além disso, a infraestrutura está equipada para suportar o trabalho remoto, oferecendo acesso seguro e protegido aos sistemas e servidores da organização.

2 SERVIÇOS DE INFRAESTRUTURA

O serviço de monitoramento da qualidade do ar oferecido pela empresa Ar Puro MG utiliza uma infraestrutura de rede moderna e eficiente, baseada em dispositivos Raspberry Pi equipados com sensores de dióxido de carbono e conectados à rede da unidade através de módulos USB WiFi. A topologia da rede segue o modelo estrela (*star*), onde todas as unidades se conectam a um ponto central, neste caso, a sede, para comunicação com um serviço de backend hospedado no Google Cloud. Essa configuração garante que os dados coletados pelos sensores sejam transmitidos de forma rápida e segura para a nuvem, onde são processados e armazenados.

Cada unidade é uma ponta da topologia estrela. As unidades coletam os dados dos sensores e os enviam à sede, que é o centro da topologia, que por sua vez, os envia para o backend via HTTPS. A segurança da comunicação é garantida não apenas pelo uso do protocolo HTTPS, mas também pela implementação de um serviço de VPN que cria túneis criptografados entre as unidades e o backend. Isso assegura que os dados transmitidos estejam protegidos contra interceptação e ataques, mantendo a integridade e a confidencialidade das informações.

O serviço de backend, hospedado no Google Cloud, é responsável por receber, processar e armazenar os dados enviados pelas unidades próximas aos dispositivos Raspberry Pi. A utilização da infraestrutura do Google Cloud permite escalabilidade, alta disponibilidade e facilidade na gestão dos dados, que são críticos para o funcionamento do sistema de monitoramento da qualidade do ar. Além disso, o uso de APIs RESTful facilita a integração com outros serviços e a criação de dashboards e relatórios personalizados para análise dos dados.

Também hospedado no Google Cloud vai estar a aplicação web que possibilita visualizar dados de monitoramentos de maneira consolidada em dashboards utilizando BI (Business Intelligence) e também possibilita ao usuário realizar seu cadastro para obter acesso à API Rest de monitoramento.

Além da rede de dispositivos Raspberry Pi mencionados anteriormente, a infraestrutura de rede da Ar Puro MG inclui um escritório central de desenvolvimento com 7 máquinas conectadas à internet via banda larga compartilhada tanto por Wi-Fi quanto por cabo e filiais com quantidades de máquinas variáveis, cada uma delas possui uma rede local, que é responsável pelos seus sensores e dispositivos, sendo essencial para o desenvolvimento e manutenção do software que gerencia o serviço de monitoramento. A conexão via banda larga permite que a equipe de desenvolvimento tenha acesso à internet para realizar atualizações, acessar ferramentas de desenvolvimento em nuvem e se comunicar com a infraestrutura do Google Cloud. Na rede do escritório também possui

a gestão de usuários, grupos e permissões utilizando o serviço de Active Directory (AD), fornecido pela Microsoft.

A segurança das redes e da comunicação entre elas é feita por firewalls que analisam os dados que trafegam na rede, bloqueando aqueles não desejados, e pela VPN, que isola o tráfego interno.

O modelo de topologia em estrela adotado facilita a escalabilidade da rede, permitindo a integração simples de novas filiais e dispositivos Raspberry Pi. Quando for necessário adicionar mais filiais para expandir o monitoramento, os novos dispositivos podem ser facilmente conectados à rede interna da filial e configurados para enviar dados ao mesmo serviço de backend. Essa flexibilidade é crucial para a Ar Puro MG, pois possibilita a escalabilidade da cobertura de monitoramento conforme a demanda dos clientes aumenta, sem exigir reconfigurações extensivas da infraestrutura de rede.

3 INFRAESTRUTURA DA REDE

Para garantir segurança, estabilidade e confiabilidade, o rack da matriz inclui dois servidores dedicados a gestão de DHCP, Active Directory e FTP, um switch central que conecta o switch de cada setor que por sua vez é responsável por interligar os dispositivos cabeados, e um firewall dedicado para controlar o acesso externo e gerenciar a VPN para a conexão entre as unidades com segurança. Adicionalmente, o roteador principal, em conjunto com dois repetidores de sinal, assegura a cobertura WiFi na empresa.

Ao todo, a empresa possui um total de 80 máquinas, 50 máquinas na sede e 30 distribuídas igualmente entre as filiais, incluindo notebooks e computadores. Na sede, as máquinas são distribuídas entre os departamentos e conectadas tanto à rede WiFi quanto aos switches de cada setor. Os dispositivos estão organizados da seguinte forma:

- Diretoria Executiva:
 - 3 Notebook
 - 2 Computadores
 - 1 Smartphone corporativo
 - 1 Impressora wireless
- TI
 - 5 Computadores
 - 5 Notebook's
 - 1 Roteador Wireless WRT300N
 - 1 Switch 2960
- RH / DP
 - 5 Computadores
 - 5 Notebook
 - 1 Impressora wireless
 - 1 Telefone utilizando VoIP
- Laboratório

- 20 Computadores
- 1 Impressora Wireless
- 1 Switch 2960
- Financeiro
 - 5 Computadores
 - 1 Impressora conectada via cabo Ethernet
 - 1 Switch 2960
- Sala de Equipamentos
 - 2 Servidores para DHCP, AD e FTP
 - 1 Roteador para acesso a rede externa (Gateway)
 - 1 Roteador wireless WRT300N para gerenciar rede para visitantes
 - 1 Firewall

Os serviços relacionados a DNS, VPN e aplicação web são disponibilizados utilizando servidores em nuvem com o intuito de promover uma alta disponibilidade e possibilitar uma escalabilidade que não afete o espaço físico.

Sobre as filiais, para garantir um suporte eficiente e a continuidade das operações, a estrutura de rede inclui uma sala de equipamentos dedicada em cada uma das três filiais. Cada sala de equipamentos está equipada com servidores dedicados para gerenciar as funções críticas da rede e garantir a disponibilidade dos serviços essenciais. As filiais possuem 10 máquinas cada, incluindo computadores e notebooks, conectadas a switches centrais que interligam todos os dispositivos de rede e 1 dispositivo Raspberry Pi por filial. A equipe de desenvolvimento, que é responsável pela manutenção e atualização contínua da infraestrutura de TI, tem acesso a equipamentos e recursos adequados para suportar suas atividades. Os roteadores nas filiais são configurados para fornecer acesso seguro à internet e manter a comunicação entre as unidades, enquanto os switches garantem que todos os dispositivos estejam conectados de forma estável e eficiente. A integração com os serviços em nuvem assegura a escalabilidade e a alta disponibilidade dos recursos, promovendo uma operação contínua e a capacidade de responder rapidamente às necessidades da empresa.

Departamento de Suporte:

- 3 Máquinas: Essas máquinas serão usadas para realizar o suporte técnico diário, gerenciamento de tickets e manutenção de sistemas, assegurando que qualquer problema de TI seja resolvido de forma rápida e eficiente.

Sala de Equipamentos:

- 2 Máquinas: Essas máquinas estarão dedicadas ao gerenciamento e monitoramento da infraestrutura de rede, além de servir como estações para a configuração e manutenção dos equipamentos da rede.

Equipe de Desenvolvimento:

- 5 Máquinas: Esses computadores serão utilizados pelos desenvolvedores para codificação, testes de software e desenvolvimento de aplicações. Ter uma quantidade maior de máquinas aqui permitirá que a equipe trabalhe simultaneamente em projetos diferentes, aumentando a produtividade e eficiência no desenvolvimento.

As comunicações entre os sensores conectados via 5G e a API em nuvem são criptografadas, garantindo a privacidade e a segurança dos dados. A rede é monitorada continuamente, com a coleta de logs para detectar e responder rapidamente a qualquer atividade suspeita. Esta abordagem proporciona uma rede bem estruturada, capaz de suportar o monitoramento eficaz da qualidade do ar e garantir uma operação contínua e confiável em diversas localidades da região metropolitana de Minas Gerais.

Além disso, o roteador será configurado com NAT (Network Address Translation) para permitir que os dispositivos da rede local acessem a internet. O roteador também atuará como servidor DHCP, distribuindo endereços IP para os dispositivos, exceto para o Raspberry Pi, que manterá um IP fixo. Para a segurança da rede, será implementada uma senha de acesso ao console do roteador e à configuração via SSH.

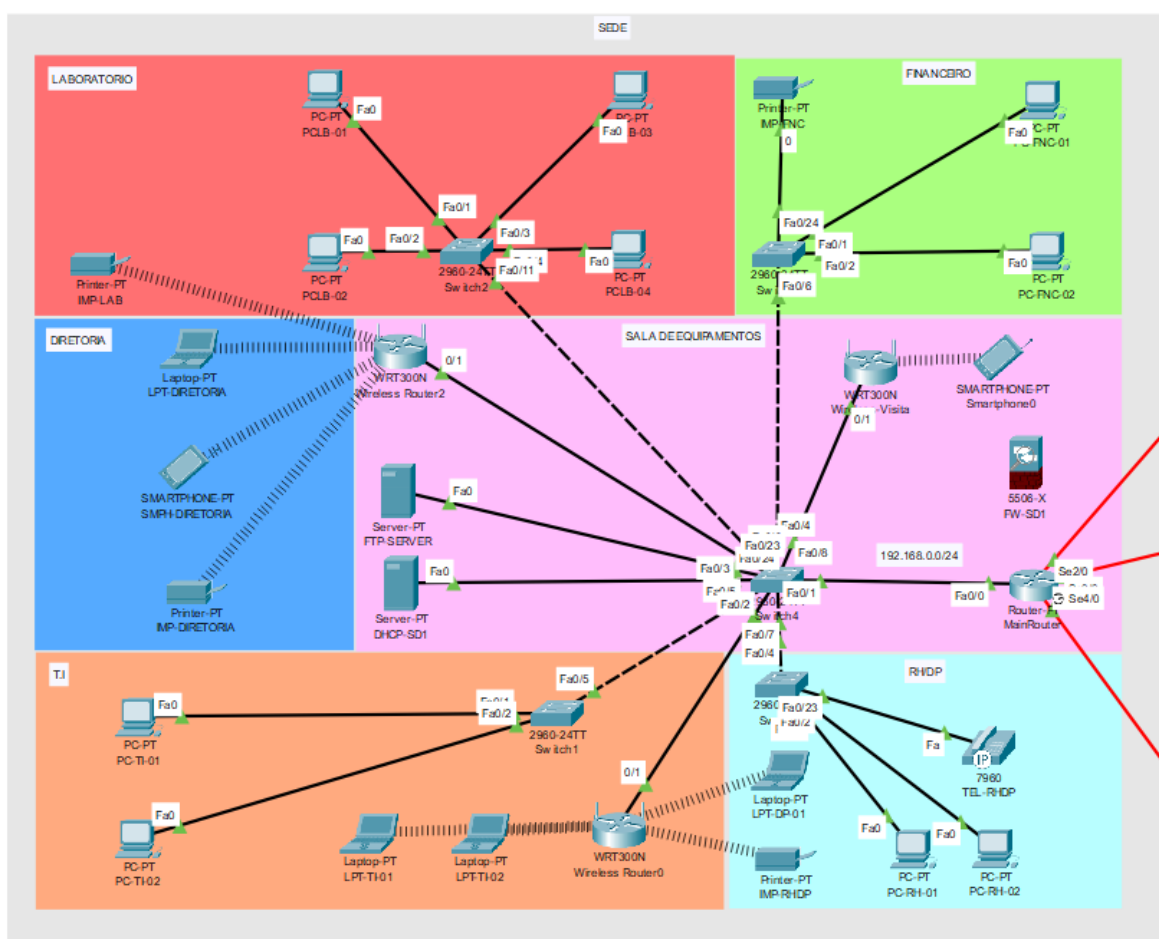


Figura 1 -Proposta de Infraestrutura de Rede para a Sede da Ar Puro MG