

Modernização de Sistemas Convencionais de Climatização com Tecnologias IoT

Isabelle de S. Medeiros (IFPB, Campus João Pessoa), Luciana Pereira Oliveira (IFPB, Campus João Pessoa),
Diógenes Montenegro G. de B. Silva (IFPB, Campus Santa Rita)

E-mails: isabelle.souza@academico.ifpb.edu.br, luciana.oliveira@academico.ifpb.edu.br, diogenes.silva@ifpb.edu.br.

Área de conhecimento:(Tabela CNPq): 1.00.00.00-3 Ciências Exatas e da Terra.

Palavras-Chave: IoT; Monitoramento; Conforto térmico; Ar - condicionado; esp32; rede de sensores.

1 Introdução

As tecnologias de automação residencial e Internet das Coisas (IoT) permitem criar soluções acessíveis transformando cômodos sem ventilação em ambientes confortáveis e inteligentes. Entre os diversos dispositivos que compõem uma casa ou escola conectada, o aparelho de ar condicionado é um dos elementos essenciais para a manutenção do conforto térmico e, portanto, do bem-estar dos ocupantes desses espaços, tornando-se necessário obter medidas para avaliar e garantir um bom funcionamento deste tipo de aparelho.

Este projeto propõe o desenvolvimento de um protótipo utilizando o microcontrolador ESP32 NodeMCU, conectado via protocolo MQTT, com o objetivo de automatizar o controle de condicionadores de ar convencionais. Embora modelos mais modernos — especialmente os que utilizam a tecnologia inverter, que regula eletronicamente a rotação do compressor — já possuam sistemas de controle integrados, ainda é ampla a presença de aparelhos tradicionais no mercado. Mesmo após a entrada em vigor da Resolução nº 1/2022 do Inmetro (GOV.BR, 2022), continuam sendo amplamente utilizados os condicionadores de ar do tipo janela (ACJ) e os modelos split — com unidades de condensação e evaporação separadas — que operam com o sistema liga/desliga (ON/OFF), caracterizando-os como equipamentos convencionais.

Além do controle remoto, o protótipo também é capaz de coletar dados ambientais — como temperatura e umidade —, além de parâmetros elétricos, como tensão e corrente. Essas informações, obtidas em tempo real, possibilitam o monitoramento contínuo do equipamento e uma análise detalhada de seu funcionamento. Com isso, torna-se viável identificar anomalias operacionais e falhas de forma preventiva ou corretiva, contribuindo para uma manutenção mais rápida, eficiente e econômica.

A aplicação do protótipo em salas de aula visa não apenas proporcionar maior conforto térmico aos estudantes — fator diretamente relacionado à concentração e ao desempenho acadêmico —, mas também evitar cancelamentos de aulas causados por falhas no resfriamento do ambiente, além de reduzir o desperdício de energia elétrica com aparelhos funcionando fora do horário de uso previsto.

2 Materiais e Métodos

A proposta apresentada neste documento foi resultado da análise bibliográfica de vários artigos científicos, que tratam do monitoramento de variáveis relevantes ao estudo do conforto térmico decorrente do uso dos aparelhos de ar condicionado em diferentes abordagens e contextos. Neste tópico será abordado um comparativo entre essas bibliografias, com o intuito de apresentar a proposta de protótipo.

2.1 Conforto térmico

Uma forma muito desejável de conforto climático é um ambiente interno fresco e úmido, sobretudo em áreas com climas tropicais e quentes (SUTARJI; SUSANTO; MUHAMMAD, 2024). Isso caracteriza o conforto térmico que pode ser definido como o estado em que há satisfação devido à temperatura do ambiente (FALCUNITIN et al., 2024). O aparelho de ar condicionado é um dos dispositivos eletromecânicos mais importantes para a manutenção do conforto ambiental. Nas bibliografias, o conforto térmico não é o principal problema a ser

resolvido pois o uso do aparelho ar condicionado soluciona essa demanda . Entretanto, essa solução cria um outro obstáculo, em tempos de eficiência energética e uso racional dos recursos, que consiste em diminuir o gasto de energia e aumentar a vida útil do dispositivo, que por vezes é danificado por reparos tardios ou manutenções desnecessárias.

De acordo com (NEGARA; ANAKOTTAPARY; WINDIANTARA, 2024), a tecnologia IoT em sistemas de ar condicionado fornece informações sobre cargas de energia, qualidade do ar interno e recursos para diminuir os custos envolvidos no processo de climatização. A adoção dessa tecnologia permite que os ocupantes monitorem seu sistema de ar-condicionado em tempo real. Além disso, a tecnologia de sensores baseada em IoT oferece processamento e armazenamento de dados para controlar o sistema de ar-condicionado. Logo, é uma alternativa acessível e fundamental para o bom funcionamento do dispositivo.

2.2 Funcionamento do Ar condicionado

O sistema de ar-condicionado(AC) é um dispositivo que controla a temperatura, a umidade e a qualidade do ar em um ambiente fechado. Basicamente, esse sistema é constituído de quatro partes: o evaporador, o compressor, a válvula de expansão e o condensador. O processo de refrigeração inicia no compressor, onde o gás refrigerante é submetido a um aumento de pressão e temperatura. O gás é conduzido para o condensador, onde é transformado em líquido e encaminhado para a válvula de expansão. O líquido sofre uma redução de pressão e temperatura, e passa para o evaporador, onde troca calor com o ambiente, absorvendo calor transformando-se novamente em gás e resfriando o ambiente ao seu redor, sendo esse processo potencializado com a ajuda de um ventilador que puxa o ar aquecido do ambiente e o sopra resfriado. O ar frio é expelido pelo ventilador, e o gás dentro da bobina do evaporador é novamente conduzido ao compressor. O compressor é considerado o “coração” do dispositivo AC pois transfere energia para o processo acontecer continuamente. Esse dispositivo é controlado pelo termostato, pois ele é acionado enquanto o valor do ambiente estiver diferente do valor indicado pelo termostato. Logo, para manter o estado de funcionamento de um ar condicionado, é essencial controlar o desempenho do compressor e do termostato.

3 Resultados e Discussão

3.1 Aparelho de ar condicionado

Para execução do protótipo sugerido será utilizado um aparelho de ar condicionado do tipo janela (ACJ) ON/OFF de 7500BTU/h, devido a facilidade de manuseio, em função de unidade condensadora e evaporadora estarem juntas. Estes tipos de aparelhos contam, em sua maioria, com controles para velocidade de ventilação e ajuste de temperatura. A temperatura varia de acordo com a posição do botão de mesmo nome e é controlada através de um sensor eletromecânico denominado termostato, que aciona diretamente o compressor e é responsável por verificar o estado de resfriamento do evaporador, que deve estar aproximadamente 10°C mais frio do que a temperatura do ambiente, para um bom funcionamento do dispositivo. O ventilador é controlado por outro botão que é na verdade uma chave comutadora responsável por selecionar uma das duas velocidades de ventilação, com ou sem a refrigeração.

3.2 Protótipo

O protótipo deverá substituir as placas de controle : (1) do ventilador, que determina o modo de operação do dispositivo, e (2) do termostato, que regula o valor da temperatura. Estas placas serão substituídas por um sistema constituído por dois microcontroladores esp32 associados em uma rede de sensores sem fio para acionamento do aparelho de ar condicionado e monitoramento das variáveis elétricas e de ambiente.

O protótipo apresenta três end-devices: a esp32 que está dentro do ar condicionado, e que controla o termostato e o estado de operação do aparelho; a esp32 que está no ambiente externo, monitorando as variáveis coletadas; e o servidor onde o banco de dados estará armazenado.

No ar condicionado, a placa esp32 estará associada ao sensor de temperatura eletromecânico e aos terminais de controle de operação do AC por meio de um módulo de quatro relés responsáveis pelo acionamento do compressor e do ventilador. A temperatura será monitorada por sensores PTC 10k e os valores de tensão e corrente elétrica por um transformador de grão orientado e um sensor de efeito hall respectivamente.

A placa esp32 que está no ambiente externo é acoplada a um sensor DHT22 de temperatura e umidade, comunicando-se com a placa interna ao aparelho de ar condicionado através do protocolo MQTT. Dessa forma o compressor e o ventilador são controlados em função da diferença entre o valor medido e o valor informado pelo usuário. Os valores medidos serão registrados em um banco de dados MongoDB para controle das variáveis de ambiente e do funcionamento do ar condicionado.

O usuário será um dispositivo mobile ou um computador que acessa um sistema de controle do dispositivo AC através de uma aplicação web.

4 Considerações Finais

O protótipo apresentado é uma proposta inicial e que possivelmente será ampliada para adicionar novas variáveis relevantes, conforme necessidade, para a melhoria do conforto e do bem-estar dos ocupantes. Por outro lado, moderniza o controle dos aparelhos com tecnologia ON/OFF, sejam splits ou ACJs, substituindo controles eletromecânicos de aparelhos mais antigos, bem como permitindo o monitoramento e eventuais supervisões de anomalias que ainda não provocaram danos perceptíveis a esses tipos de aparelhos, aumentando a vida útil e melhorando a o consumo energético do sistema de ar condicionado.

Nesse contexto, poderão ser incluídos novos sensores a fim de identificar a necessidade de manutenções corretivas no aparelho ar condicionado de acordo com outras condições como vibração, parâmetros sonoros, etc. Esta abordagem é indicada para prolongar a vida útil do aparelho AC, e pode ser acoplada a um sistema de Machine Learning para identificação de defeitos, como na proposta apresentada.

Referências

FALCUNITIN, J. M. et al. Sistema de monitoramento da unidade de ar condicionado em tempo real com análise para manutenção preditiva. In: *TENCON 2024 - Conferência IEEE da Região 10*. [S.l.: s.n.], 2024.

GOV.BR. *Novo Programa de Metas para Condicionadores de AR. Resolução Nº 1 de 29 de abril de 2022*. 2022. <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cgiee/portarias-e-resolucoes/resolucao-n-01-2022-condicionadores-de-ar.pdf>>.

NEGARA, G. A.; ANAKOTTAPARY, D. S.; WINDIANTARA, I. B. G. Monitoramento em tempo real de ar condicionado habilitado para iot: uma abordagem com arduino uno r4 para temperatura interna, umidade e características elétricas. In: *Proceedings of the International Conference on Sustainable Green Tourism Applied Science - Engineering Applied Science 2024 (ICoSTAS-EAS 2024)*. [S.l.: s.n.], 2024.

SUTARJI; SUSANTO, R.; MUHAMMAD, N. F. Sistema de monitoramento e controle de ar condicionado baseado em iot. *International Journal of Information System & Technology*, 2024.