

**ISABELLA BOLOGNA SALOMÃO
RENATO DE OLIVEIRA FREITAS**

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS
ELETRÔNICOS PARA MONITORAMENTO DE
QUALIDADE E CONFORTO EM AMBIENTES
EMPRESARIAIS**

São Paulo
2020

**ISABELLA BOLOGNA SALOMÃO
RENATO DE OLIVEIRA FREITAS**

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS
ELETRÔNICOS PARA MONITORAMENTO DE
QUALIDADE E CONFORTO EM AMBIENTES
EMPRESARIAIS**

Trabalho apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para ob-
tenção do Título de Engenheiro Eletricista
com ênfase em Eletrônica e Sistemas.

Orientador:

Prof. Dr. Gustavo P. Rehder

Prof.^a Dra. Cíntia Borges Margi

São Paulo
2020

RESUMO

Resumo...

Palavras-Chave – Internet of Things, Conforto Térmico, Conforto Acústico, Conforto Luminoso, Wireless Sensor Network, Green Buildings, Smart Office.

SUMÁRIO

Parte I: INTRODUÇÃO	4
1 Descrição da Necessidade	6
2 Descrição do Problema	8
3 Objetivos	9
Parte II: CONFORTO EM AMBIENTES INTERNOS	10
4 Indicadores de Conforto	11
5 Benchmark	13
Referências	14

PARTE I

INTRODUÇÃO

IoT blablabla monitorar conforto balbla ambientes empresariais

1 DESCRIÇÃO DA NECESSIDADE

Com o aumento do tempo que as pessoas passam em ambientes fechados, como escritórios, há também nos últimos anos um crescente interesse por monitorar esses ambientes, garantindo não só saúde e conforto para as pessoas, mas também podendo atuar de maneira energeticamente sustentável. Esses espaços são comumente chamados de prédios inteligentes (*smart buildings*, do inglês) ou *green buildings* (em português, construção sustentável) [7] [9].

Não apenas o monitoramento dos ambientes, mas torna-se necessário, no desenvolvimento de construções sustentáveis, que seja pensado na automação dos edifícios desde o projeto e sua concepção, ocorrendo de forma integrada à construção civil. Isto ocorre pois com uma pesquisa mais aprofundada no conforto dos ambientes pode interferir no projeto, sendo repensados materiais utilizados, além de aquecimento, ventilação, iluminação, dentre outros.

Foi com essa necessidade e a proposta de desenvolver um dispositivo eletrônico, que o professor Vanderley Moacir, do departamento de Construção Civil da Poli (PCC) entrou em contato. A ideia é que seja desenvolvido um dispositivo capaz de fazer medições de parâmetros relacionados ao conforto nos ambientes internos de uma construção e também coletar dados das pessoas ali presentes, para assim saber o real impacto dos indicadores de conforto. Além disso, é importante que os dispositivos possam estar integrados a uma central de controle, que possa monitorar todo o ambiente.

Assim, a construção de uma rede de dispositivos sensoreados tem, além de uma aplicação prática monitorando a qualidade para as pessoas, também grande utilidade em pesquisas de construção civil e arquitetura, com medições mais precisas e incluindo um elemento muitas vezes deixado de lado: o fator humano.

Em edifícios, escritórios são hoje os que ocupam a maior área física e tem o maior consumo de energia, sendo sistemas de iluminação, aquecimento e resfriamento (como ar condicionados) os principais causadores do alto consumo [9]. Por isso, escritórios são o

nicho escolhido para o desenvolvimento dessa rede de dispositivos, podendo ser testada nas salas do departamento de Construção Civil.

2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O conforto e a qualidade em ambientes internos é determinado através de quatro principais indicadores: térmico, acústico, luminoso e olfativo [3].

A fim de conseguirmos monitorar esses indicadores, é necessário medirmos diversos dados a respeito do ambiente a ser estudado:

- Térmico: temperatura ambiente e umidade relativa
- Acústico: ruído ambiente
- Luminoso: intensidade e temperatura da luz incidente
- Olfativo: VOC

Além da medição de VOC, para uma boa qualidade do ar é também importante medirmos a concentração de CO₂ []

Não apenas esses elementos são importantes, mas também a combinação deles afeta a percepção de conforto pelas pessoas [8]. Assim, faz-se mais necessário que haja uma medição completa dos elementos presentes no ambiente a ser estudado.

3 OBJETIVOS

PARTE II

CONFORTO EM AMBIENTES INTERNOS

4 INDICADORES DE CONFORTO

Ainda que conforto seja um termo qualitativo e subjetivo, existem regulamentações e normas, além de estudos, que podem nos dar critérios quantitativos para analisar os dados medidos, que serão usados como

A legislação brasileira determina os valores máximos e mínimos dos indicadores de conforto no ambiente para que haja boas condições de trabalho:

NR17 do Ministério do Trabalho [4]

17.5. Condições ambientais de trabalho.

17.5.2. Nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as seguintes condições de conforto:

- a) níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no INMETRO;
- b) índice de temperatura efetiva entre 20oC (vinte) e 23oC (vinte e três graus centígrados);

[...]

- d) umidade relativa do ar não inferior a 40 (quarenta) por cento.

17.5.2.1. Para as atividades que possuam as características definidas no subitem 17.5.2, mas não apresentam equivalência ou correlação com aquelas relacionadas na NBR 10152, o nível de ruído aceitável para efeito de conforto será de até 65 dB (A)

[...]

17.5.3.3. Os níveis mínimos de iluminamento a serem observados nos locais de trabalho são os valores de iluminâncias estabelecidos na NBR 5413, norma brasileira registrada no INMETRO.

NBR 10152 [1] para Escritórios

Salas de reunião: 30 - 40 dB(A)

Salas de gerência, Salas de projetos e de administração: 35 - 45 dB(A)

Salas de computadores: 45 - 65 dB(A)

Salas de mecanografia: 50 - 60 dB(A)

NBR 5413 [2]

Para escritórios: 500 - 750 - 1000 lux

Alguns outros índices, como VOC e CO2 não são descritos na legislação.

Conforto Visual

Além da intensidade da luz incidente, cujos níveis são estabelecida na legislação, a temperatura da cor da luz incidente também influencia tanto na saúde quanto no conforto e na atenção das pessoas, como visto em [5]:

- Conforto, luz natural: 3000K - 6000K
- Concentração: acima de 5300K

A temperatura também relaciona-se com a qualidade do ambiente. A muitos anos sabe-se que a luz azul emitida, de maior temperatura, causa danos à retina [6].

5 BENCHMARK

REFERÊNCIAS

- [1] Associação brasileira de normas técnicas. NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico, 1987.
- [2] Associação brasileira de normas técnicas. NBR 5413: Iluminância de interiores, 1992.
- [3] L. Ciabattoni, F. Ferracuti, G. Ippoliti, S. Longhi, and G. Turri. Iot based indoor personal comfort levels monitoring. *2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, pages 125–126, 2016.
- [4] Ministério do Trabalho. NR17: Ergonomia, 2018.
- [5] Q. Gao, K. Zhang, and D. Li. Research on visual comfort based on fuzzy neural network. pages 884–888, 2018.
- [6] J. O’SHEGAN, M. Khazova and L. Price. Low-energy light bulbs, computers, tablets and the blue light hazard. *Eye*, 30:230–233, 2016.
- [7] A. Kumar and G. P. Hancke. An energy-efficient smart comfort sensing system based on the iee 1451 standard for green buildings. *IEEE Sensors Journal*, 14(12):4245–4252, 2014.
- [8] Li Huang, Yingxin Zhu, Qin Ouyang, Bin Cao. A study on the effects of thermal, luminous, and acoustic environments on indoor environmental comfort in offices. *Building and environment*, 49:304–309, 2012.
- [9] Tuan Anh Nguyen and Marco Aiello. Energy intelligent buildings based on user activity: A survey. *Energy and Buildings*, 56:244–257, 2013.