



# Desenvolvimento de Estação Meteorológica de Baixo Custo para Análise Exploratória de Parâmetros Térmicos em Campinas

Guilherme de Brito Abreu<sup>1</sup> e Paula Dornhofer Paro Costa<sup>2</sup>

**Resumo**—Projeções realizadas nos últimos anos nos mostram uma crescente na população idosa em nossa sociedade, o que faz com que voltemos nossas preocupações no que diz respeito ao monitoramento da saúde em nossos lares. Sistemas que implementam os conceitos de AAL visam possibilitar aos usuários um melhor entendimento de suas práticas desenvolvidas, a detecção de mudanças de padrões de atividades e a identificação de possíveis situações de risco. Com o objetivo de alavancar estudos sobre o assunto no Brasil, foi desenvolvida uma estação meteorológica de custo médio aproximado de 6 dólares capaz de aferir dados de temperatura e umidade, e armazená-los localmente. Esta foi instalada em uma residência de Campinas e colheu dados durante 32 dias. Com as informações extraídas por esta estação e com dados fornecidos pelo sistema Qualar-CETESB, foi realizada uma análise de ondas de temperatura da região, num processo de análise exploratória. Não foi observado a ocorrência de ondas de temperatura durante o período da análise. No entanto, foi observado uma elevada diferença entre a amplitude térmica diária interna e externa à residência, conforme esperado, sendo que foram obtidos valores menores para a primeira.

## I. INTRODUÇÃO

O número de pessoas com 60 anos ou mais no Brasil, ultrapassou 30 milhões em 2017 [1]. Segundo projeções do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2060, o percentual da população com 65 anos ou mais de idade chegará a 25,5% (58,2 milhões de idosos), enquanto que em 2020 essa proporção é de 14,6% (30,3 milhões de idosos) [2]. O envelhecimento afeta a razão de dependência de uma população. Numa população onde os indivíduos em idade economicamente ativa são muito mais numerosos que o número de crianças e idosos, a taxa de dependência é baixa. Por outro lado, conforme o número de idosos de uma população aumenta numa taxa superior à da população de jovens, a razão de dependência aumenta. Em 2018, a razão

de dependência da população brasileira é de 44%. Em 2060, projeta-se que essa razão será de 67,2%<sup>1</sup>.

Projeções como essas voltam as nossas atenções ao desenvolvimento de tecnologias que permitam o melhor entendimento das necessidades do ser humano no que tange a saúde e o conforto térmico durante a permanência no lar. Em particular, os avanços alcançados nas tecnologias de sensores e em Internet das Coisas (IoT), têm possibilitado a construção de redes de monitoramento remoto das condições de saúde de moradores em suas casas, implementando o conceito de Ambiente de Vida Assistida ou, em inglês, Ambient Assisted Living (AAL). Os sistemas AAL têm a finalidade de possibilitar aos usuários, um estilo de vida independente e seguro, tendo como base o monitoramento autônomo e a identificação automática de atividades diárias. Isto possibilita um melhor entendimento das práticas desenvolvidas pelo usuário, a detecção de mudanças de padrões de atividades e a identificação de possíveis situações de risco [3]–[8].

Em particular, o presente projeto teve como objetivo dar os primeiros passos na direção de estudos relacionados ao monitoramento de conforto térmico nas residências debruçando-se sobre o desenvolvimento de uma estação meteorológica *open source*, de baixo custo e com mecanismos de armazenamento de dados (*datalogger*) e eventual monitoramento remoto. Além disso, foi feita a coleta de dados preliminares de casas campineiras utilizando a estação desenvolvida. Com este projeto, pretende-se tornar possível a instalação de várias destas unidades em um grande número de residências campineiras, a fim de alavancarmos pesquisas futuras sobre conforto térmico nas residências e a saúde de seus moradores.

## II. MÉTODO

### A. Estação Meteorológica

Levando em consideração não apenas o baixo custo dos componentes que pretendia-se utilizar mas também o custo energético da estação meteorológica em pleno funcionamento, foi feito um levantamento dos possíveis componentes.

<sup>1</sup>Razão de Dependência =  $100\% * [(População < 14 \text{ anos}) + (População > 65 \text{ anos})] / (População \text{ entre } 15 \text{ e } 65 \text{ anos})$

\*Esse trabalho foi financiado pela agência de fomento a pesquisa CNPQ.

<sup>1</sup>Graduando da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas. ra173691@fee.unicamp.br

<sup>2</sup>Prof.a Dra. do Depto. de Engenharia de Computação e Automação Industrial (DCA), Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC), Universidade Estadual de Campinas. paula@fee.unicamp.br

Lista de componentes utilizados no projeto das estações meteorológicas:

- NODEMCU-ESP8266 - Placa de Desenvolvimento;
- RTC DS3231 (Relógio de Tempo Real);
- HTU21D - Sensor de Temperatura e Umidade;
- Módulo SD Card.

Com os componentes listados é possível realizar a montagem de uma estação meteorológica capaz de aferir dados de temperatura e umidade, monitorá-los remotamente e também armazená-los localmente. De acordo com a pesquisa orçamentária realizada em abril de 2020, o orçamento do projeto da estação meteorológica, com valores de referência em dólar, é apresentado na Tabela I.

Componentes	NODEMCU-ESP8266	RTC-DS3231	HTU21D	Módulo SD Card	Outros	Total
Valor Mínimo [US\$]	1.61	1.18	1.15	0.62	0.03	5.19
Valor Máximo [US\$]	2.45	1.49	1.58	1.17	0.03	6.72

Tabela I  
PLANO ORÇAMENTÁRIO.

Além dos componentes da Tabela I, também são necessários 3 resistores de 10 kΩ e 1 capacitor eletrolítico de 5 μF na montagem do circuito. A soma de seus valores está explicitado como “Outros” por conta do baixo valor unitário.

O diagrama de blocos da Figura 1 ilustra o funcionamento do circuito:

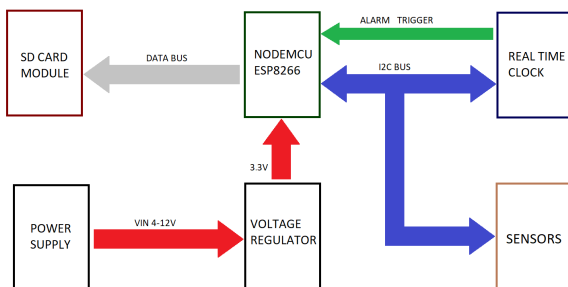


Figura. 1. Diagrama de blocos.

Por fim, o esquemático da Figura 2 é sugerido para a montagem.

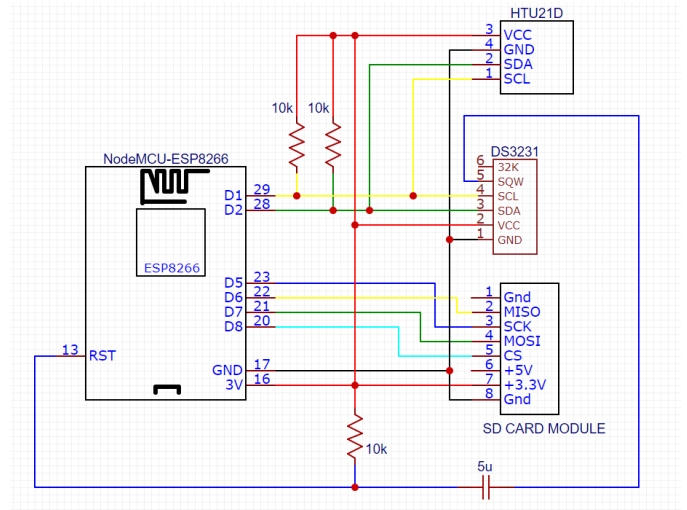


Figura. 2. Esquemático.

Este projeto está disponível em repositório online e pode ser visitado em [9].

### B. Análise Exploratória

Utilizando a estação meteorológica desenvolvida, foi feita a coleta de dados de temperatura e umidade entre os dias 3 de agosto e 3 de setembro de 2020 em um domicílio localizado no bairro Vila Proost de Souza de Campinas. O objetivo desta etapa é realizar uma análise comparativa entre a temperatura interna e externa ao domicílio em questão. Os dados de temperatura externa foram obtidos por meio do sistema Qualar-CETESB utilizando a estação Campinas-Taquaral cuja distância à residência é de aproximadamente 7 km. O sensor foi posicionado a aproximadamente 1 metro de altura do chão do cômodo mais frequentado pelos moradores. Durante o período de coleta não foi realizado nenhum tipo de controle do isolamento do cômodo ao ambiente externo, isto é, janelas e portas foram abertas conforme a necessidade dos moradores. Além disso, nenhum aparelho de ar-condicionado foi utilizado no cômodo durante esse período.

A fim de analisar, também de forma exploratória, a sensibilidade da residência a fenômenos extremos de temperatura foi realizada uma análise de ondas de temperatura. Neste estudo foi escolhido utilizar o método descrito em [10] para a identificação de ondas de calor e frio. O método define uma onda de calor como um período de 3 ou mais dias consecutivos em que ambas as temperaturas máxima e mínima diária estão acima dos limiares calculados para aqueles dias. Os limiares são calculados com base em uma normal climática escolhida. No contexto de ondas de calor, uma normal climática é um período de 30 anos de perfil climático de uma dada região. Neste procedimento, um limiar diferente para cada dia do ano deve ser calculado. O limiar para temperatura máxima diária de um dado dia do ano é definido como o percentil 90 da temperatura máxima calculado em uma janela de 30 dias centrada no dia em questão. O limiar para a temperatura

mínima diária é calculado de forma idêntica. Ondas de frio são calculadas de forma semelhante, porém, para os cálculos dos limiares é utilizado o percentil 10.

III. RESULTADOS

Primeiramente, a fim de analisar a sensibilidade da residência a fenômenos extremos, foi feita uma análise de ondas de calor e frio. Para esta análise foi escolhida a normal climática de 1981 a 2010. Nas Figuras 3 e 4 temos os gráficos de ondas de calor.

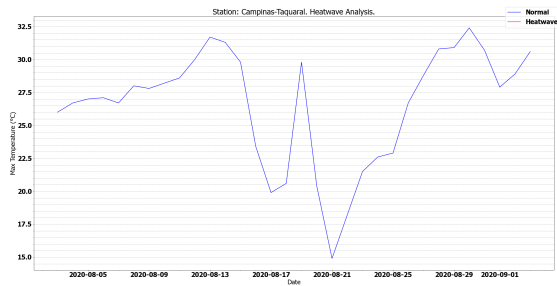


Figura. 3. Ondas de Calor em Campinas

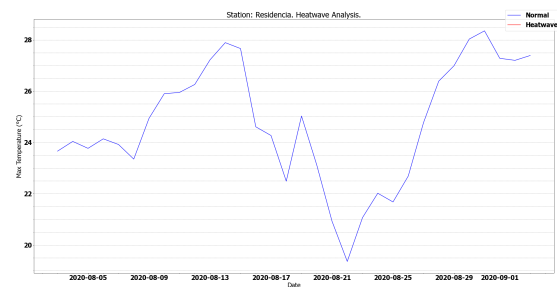


Figura. 4. Ondas de Calor na Residência

Nas Figuras 5 e 6 temos os gráficos de ondas de frio.

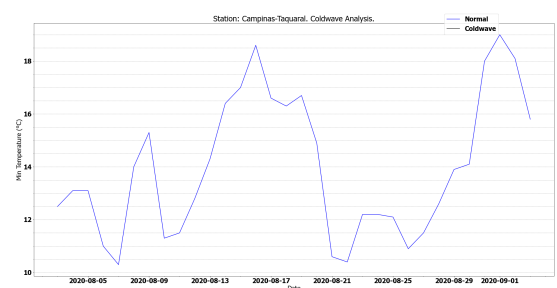


Figura. 5. Ondas de Frio em Campinas

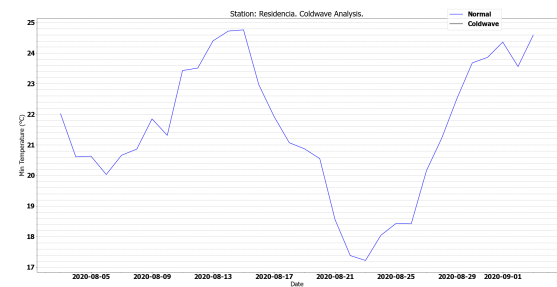


Figura. 6. Ondas de Frio na Residência

Como podemos observar, não houveram ondas de temperatura com base na normal climática escolhida.

Das Figuras 7 e 8 podemos observar que, de fato, não ocorreram períodos de 3 ou mais dias em que as temperaturas máxima e mínima ultrapassaram os limiares calculados para ondas de calor.

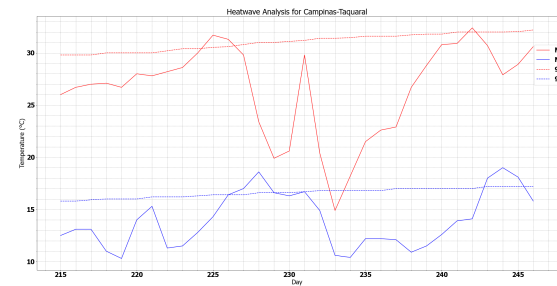


Figura. 7. Ondas de Calor em Campinas

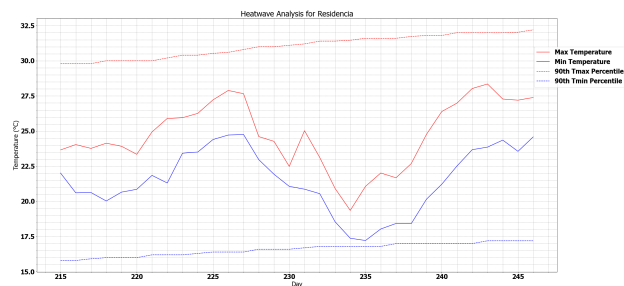


Figura. 8. Ondas de Calor na Residência

Das Figuras 9 e 10 notamos também que realmente não ocorreram períodos de 3 ou mais dias em que as temperaturas máxima e mínima estiveram abaixo dos limiares calculados para ondas de frio.

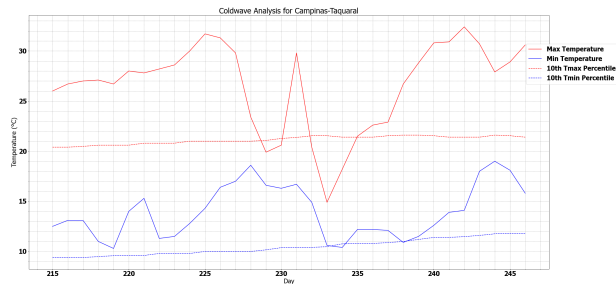


Figura. 9. Ondas de Frio em Campinas

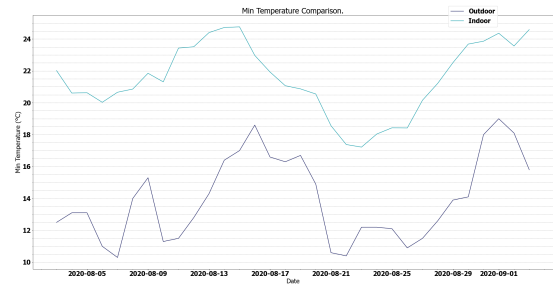


Figura. 12. Temperatura Mínima Interna e Externa

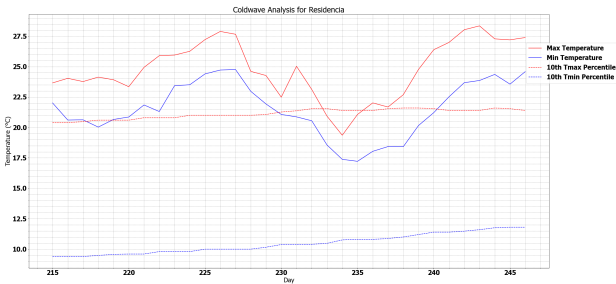


Figura. 10. Ondas de Frio na Residencia

Da Figura 11, vemos que a temperatura máxima interna à residência (Indoor) teve menores variações em comparação com a temperatura externa (Outdoor), conforme esperado. Já da Figura 12, notamos que a temperatura mínima interna sempre se manteve mais elevada em relação à temperatura mínima externa. Estas características observadas aqui são desejadas para todo domicílio, pois ao desempenhar a função de abrigo, deseja-se que a residência proteja os moradores de sensações indesejadas, como calor e frio extremo.

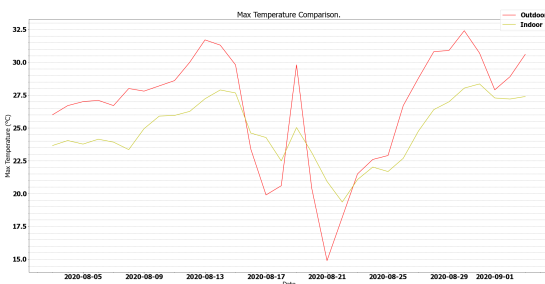


Figura. 11. Temperatura Máxima Interna e Externa

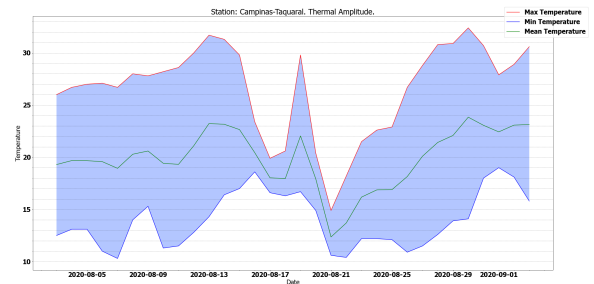


Figura. 13. Amplitude Térmica Externa

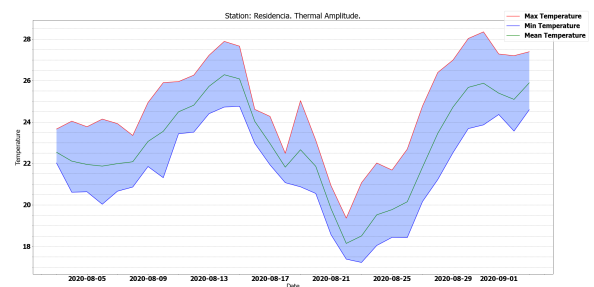


Figura. 14. Amplitude Térmica Interna

A amplitude térmica diária é um parâmetro extremamente importante de monitoramento pois ele implica diretamente

na saúde dos moradores, podendo provocar desconfortos respiratórios ou até mesmo agravar problemas cardíacos [11], [12]. Assim, espera-se que com a implantação de uma rede destas estações meteorológicas seja possível avaliar a resiliência térmica das moradias campineiras no que diz respeito ao conforto térmico. Com a rede implantada, também será possível realizar um estudo comparativo sobre diferenças entre os padrões de construções em Campinas quanto ao assunto. Deseja-se ainda investigar quais características dos domicílios campineiros possibilitam um maior conforto térmico com base nos parâmetros apresentados aqui.

Os resultados preliminares nos mostram que, de certa forma, a moradia em questão foi capaz de amenizar os danos causados pelas mudanças bruscas da temperatura externa.

#### IV. CONCLUSÃO

É importante pontuar novamente que esta é uma pesquisa exploratória que visa alavancar futuros estudos no que diz respeito à avaliação do conforto térmico e da saúde de moradores brasileiros. O custo total médio dos componentes da estação meteorológica projetada foi de US\$5,95. Considerando que a estação afere apenas temperatura e umidade, este valor era esperado. Porém, devemos notar que o projeto prevê a adição de mais sensores caso seja desejado, pois mais componentes podem compartilhar o barramento I2C com o sensor já presente.

A estação projetada foi instalada em uma residência campineira e foi capaz de medir dados de temperatura e umidade durante um período de 32 dias. Foi possível realizar uma análise de ondas de temperatura na residência em questão, assim como uma comparação com a temperatura externa ao domicílio. Apesar de, atualmente, a estação não possuir uma ferramenta de monitoramento online, podemos considerar possível a implantação deste dispositivo em maior escala para a coleta de dados em domicílios campineiros.

#### REFERÊNCIAS

- [1] M. Barroso. Número de idosos cresce 18% em 5 anos e ultrapassa 30 milhões em 2017. [Online]. Available: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/20980-numero-de-idosos-cresce-18-em-5-anos-e-ultrapassa-30-milhoes-em-2017>
- [2] Estratégia brasil amigo da pessoa idosa. [Online]. Available: <http://mds.gov.br/assuntos/brasil-amigo-da-pessoa-idosa/estrategia-1#:~:text=O%20avan%C3%A7o%20dos%20n%C3%BAmeros%20ultrapassou,30%2C3%20milh%C3%B5es%20de%20pessoas.>
- [3] A. Dohr, R. Mdre-Opsrian, M. Drobits, D. Hayn, and G. Schreier, "The internet of things for ambient assisted living," *2010 Seventh International Conference on Information Technology: New Generations*, 2010.
- [4] A. Mannini and A. Sabatini, "Machine learning methods for classifying human physical activity from on-body accelerometers," *Sensors*, vol. 10(2), pp. 1154–1175, 2010.
- [5] H. Monkaresi, R. Calvo, and H. Yan, "A machine learning approach to improve contactless heart rate monitoring using a webcam," *IEEE J Biomed Heal Informatics*, vol. 18(4), pp. 1153–1160, 2014.
- [6] L. Subirats, E. Piñeiro, J. Conesa, and M. Armayones, "Towards the analysis of self-rated health using supervised machine learning and business intelligence," *In: Springer, Cham*, pp. 245–254, 2019.
- [7] C. Hsieh, W. Shi, H. Huang, K. Liu, S. Hsu, and C. Chan, "Machine learning-based fall characteristics monitoring system for strategic plan of falls prevention," *Proc 4th IEEE Int Conf Appl Syst Innov 2018, ICASI 2018*, pp. 818–821, 2018.

- [8] C. Stauffer and W. Grimson., "Learning patterns of activity using real-time tracking," *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*, vol. 22(8), pp. 818–821, 2000.
- [9] G. B. Abreu. low-cost-weather-station. [Online]. Available: <https://github.com/climate-and-health-datasci-Unicamp/low-cost-weather-station>
- [10] J. L. Geirinhas, R. M. Trigo, R. Libonati, and L. de Faria Peres1, "Caracterização climática de ondas de calor no brasil," *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, pp. 333–350, 2018.
- [11] S. E, S. ESC, C. AA, P. AC, T. E, K. FC, C. FFM, R. FRR, W. GF, C.-N. HJ, M. J. JF, S. LR, R. MC, M. MM, R. F. NA, R. NPM, M. O, C. PA, R. R, G. RN, P. SN, S. T, A.-L. WT, and S. D, "Iv consenso brasileiro sobre rinites – 2017," *Documento conjunto da Associação Brasileira de Alergia e Imunologia, Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial e Sociedade Brasileira de Pediatria*, 2017.
- [12] G. M. D. SANTOS and N. B. CHIOCHETI, "Alterações extremas de temperatura e seus efeitos no sistema cardiovascular," *15º CONIC - CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 2015.