ISSN: 2674-9270
Volume. 8, n. 1, jan./jun. 2026

ARTIGO

Recital
Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG.

Central de bem-estar off-grid para monitoramento ambiental em tempo real

Luis Cadiz
Colégio Objetivo DF
E-mail: lfscadiz@gmail.com

Murillo Oliveira
Colégio Objetivo DF
E-mail: murilloji@hotmail.com

DOI: *https://doi.org/10.46636/recital.v8i1.743*

Como citar este artigo: CADIZ, Luis; OLIVEIRA, Murillo. Central de bem-estar off-grid para monitoramento ambiental em tempo real. **Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 8, n. 1, p. 171–178, 2026. DOI: 10.46636/recital.v8i1.743. Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/recital/article/view/743.

Recebido: *27 Ago. 2025*

Aceito*: 04 Abr. 2026*

Está obra está licenciada sobre uma Creative Commons Attribution 4.0 International License. Nenhuma parte desta revista poderá ser reproduzida ou transmitida, para propósitos comerciais, sem permissão por escrito. Para outros propósitos, a reprodução deve ser devidamente referenciada. Os conceitos emitidos em artigos assinados são de responsabilidade exclusiva de seus autores.

Central de bem-estar off-grid para monitoramento ambiental em tempo real

RESUMO

O presente trabalho propõe a concepção e aplicação de uma Central de Bem-Estar equipada com sensores ambientais, projetada para funcionar em regime off-grid e transmitir dados em tempo real. O sistema coleta informações sobre temperatura, umidade, luminosidade, níveis de dióxido de carbono (CO_2) e detecção de chuva, utilizando comunicação via rádio LoRa na frequência de 433 MHz. A plataforma é controlada por uma placa Arduino Uno R3 e integrada a uma rede web desenvolvida para exibição instantânea dos dados. O experimento foi aplicado no parque de Águas Claras-DF, possibilitando a análise dinâmica das condições ambientais locais. O projeto demonstra o potencial de tecnologias sustentáveis de baixo custo para monitoramento em eventos de grande porte, contribuindo para a gestão ambiental, a promoção do bem-estar coletivo e a disseminação de práticas tecnológicas acessíveis. Além disso, o sistema foi planejado para garantir autonomia energética, utilizando fontes renováveis e estratégias eficientes de consumo de energia. Sua arquitetura modular permite fácil expansão e adaptação a diferentes contextos e necessidades ambientais, ampliando suas possibilidades de uso em outras localidades e aplicações semelhantes. Reforçando sua relevância prática e científica.

Palavras-chave: Arduíno Uno. Clima. Tecnologia.

Off-grid environmental monitoring and wellness center with real-time data capabilities

ABSTRACT

This work proposes the design and implementation of a Well-Being Center equipped with environmental sensors, created to operate in an off-grid mode and transmit data in real time. The system collects information on temperature, humidity, light intensity, carbon dioxide (CO_2) levels, and rain detection, using LoRa radio communication at a frequency of 433 MHz. The platform is controlled by an Arduino Uno R3 board and integrated into a web-based network developed for instant data visualization. The experiment was carried out in Águas Claras Park, Federal District, enabling a dynamic analysis of local environmental conditions. The project highlights the potential of low-cost sustainable technologies for monitoring large-scale events, contributing to environmental management, the promotion of collective well-being, and the dissemination of accessible technological practices. In addition, the system was designed to ensure energy autonomy by using renewable sources and efficient energy consumption strategies. Its modular architecture allows easy expansion and adaptation to different contexts and environmental needs, increasing its applicability in other locations and similar scenarios. This reinforces both its practical and scientific relevance in modern environmental monitoring solutions today.

Keywords: Arduino Uno. Climate. Techonology.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano e a intensificação de eventos de grande porte têm gerado novos desafios no monitoramento das condições ambientais em espaços públicos. A qualidade do ar, a variação climática e a poluição são fatores que impactam diretamente o bem-estar coletivo e a saúde humana. Nesse contexto, torna-se essencial o desenvolvimento de soluções acessíveis, sustentáveis e capazes de fornecer dados em tempo real. O projeto da Central de Bem-Estar off-grid propõe uma alternativa inovadora, unindo tecnologias de baixo custo com sistemas de monitoramento inteligentes. A proposta envolve sensores ambientais conectados a um microcontrolador Arduino Uno R3, comunicação via LoRa e disponibilização em rede web, criando um modelo replicável e educativo de gestão ambiental em tempo real.

REFERENCIAL TEÓRICO

O monitoramento ambiental tem se consolidado como uma prática estratégica fundamental para o controle de impactos urbanos e para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à sustentabilidade. De acordo com Pereira et al. (2018), a coleta sistemática de dados ambientais permite identificar padrões de poluição, mudanças microclimáticas e riscos à saúde pública, contribuindo diretamente para a gestão inteligente das cidades. Nesse contexto, a utilização de sensores de baixo custo vem se destacando como solução viável e acessível, principalmente quando integrados a redes sem fio de longo alcance, como a tecnologia LoRa (Long Range). Essa, permite a comunicação de dados em longas distâncias com baixo consumo energético, sendo ideal para aplicações em áreas remotas ou de difícil infraestrutura, conforme destacam Augustin et al. (2016). Tem sido amplamente empregada em sistemas de Internet das Coisas (IoT), permitindo o desenvolvimento de redes de monitoramento ambiental distribuídas com alta eficiência operacional. Paralelamente, microcontroladores como o Arduino Uno R3 têm sido amplamente utilizados em projetos de automação e monitoramento devido à sua simplicidade, baixo custo e flexibilidade. Segundo Banzi e Shiloh (2014), a placa educacional representa uma plataforma robusta para prototipagem rápida, com capacidade de integração com diversos sensores ambientais, como temperatura, umidade, CO_2 e luminosidade. A programação aberta e a grande comunidade de desenvolvedores facilitam a implementação de soluções personalizadas, mesmo por usuários com conhecimento técnico intermediário.

Além disso, o avanço das tecnologias energéticas off-grid tem possibilitado a operação autônoma de sistemas eletrônicos em regiões sem acesso à rede elétrica convencional. Jacobson (2007) relata que, soluções baseadas em painéis solares fotovoltaicos, baterias e controladores de carga vêm sendo aplicadas com sucesso para alimentar sensores e estações remotas. A junção desses equipamentos, sensores de baixo custo, comunicação LoRa, microcontroladores acessíveis e sistemas energéticos off-grid, cria uma infraestrutura favorável ao desenvolvimento de sistemas inteligentes de monitoramento ambiental, com alta adaptabilidade e escalabilidade. Como apontam Gubbi et al. (2013), a convergência entre IoT e sustentabilidade representa um passo decisivo na criação de cidades mais resilientes e conectadas.

Portanto, o uso integrado dessas soluções tecnológicas permite ampliar o alcance da coleta de dados ambientais, garantindo maior precisão na tomada de decisões e promovendo uma gestão urbana mais eficiente e sustentável.

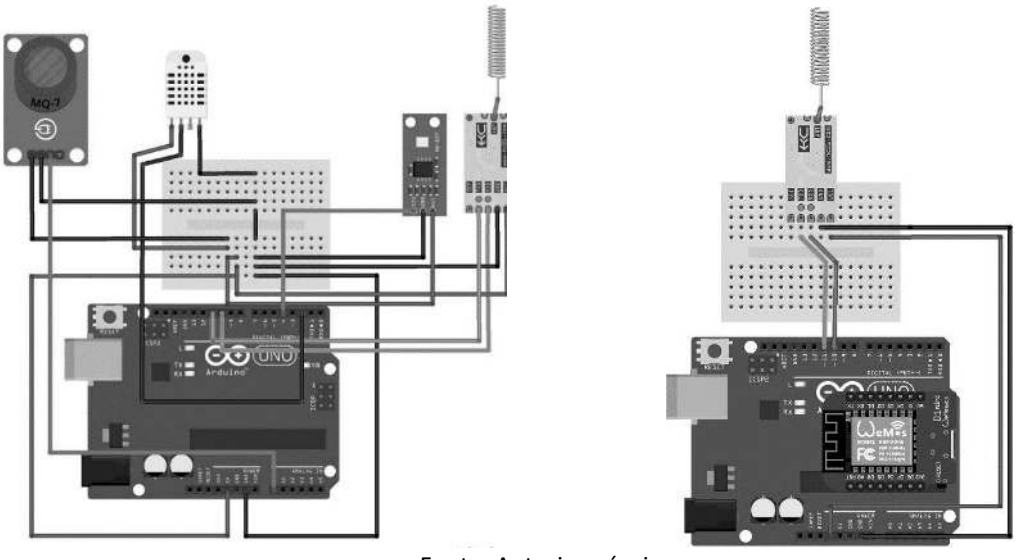
MATERIAIS E MÉTODOS

Para a implementação da Central de Bem-Estar off-grid, foram utilizados componentes eletrônicos de baixo custo, priorizando a simplicidade de montagem, confiabilidade na coleta de dados e autonomia energética. A plataforma principal do sistema é a placa microcontroladora educacional, Arduino Uno R3, responsável por processar os sinais recebidos pelos sensores e organizar as informações para transmissão. O conjunto de sensores incluiu o DHT-22 para medição de temperatura e umidade relativa do ar, o LDR para monitoramento de luminosidade, o MQ-135 para detecção de níveis de dióxido de carbono (CO_2) e o sensor de chuva YL-83, que possibilita o registro de precipitação no ambiente monitorado.

A transmissão dos dados coletados foi realizada através de um módulo LoRa SX1278 operando na frequência de 433 MHz, garantindo comunicação de longo alcance mesmo em ambientes com obstáculos físicos. Para alimentar o sistema de forma autônoma, utilizou-se um painel solar de 20W conectado a uma bateria recarregável de 9V/7Ah, caracterizando o funcionamento off-grid. O desenvolvimento do sistema envolveu a integração física e lógica dos sensores à placa, demonstrado na (FIGURA 1), seguida da programação para leitura, tratamento e envio das informações via LoRa.

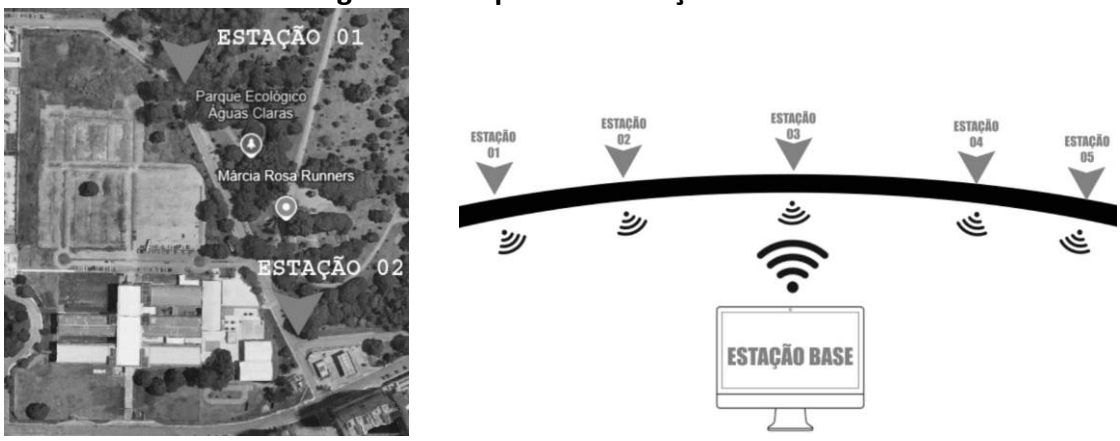
A central foi instalada no espaço do no espaço do Colégio Objetivo Águas Claras - DF, de acordo com o mapa de localização das unidades (FIGURA 2) possibilitando a coleta contínua de dados em 24h. Os parâmetros monitorados incluíram temperatura (ºC), umidade (%), luminosidade (lux), níveis de CO_2 (ppm) e detecção de chuva, bem como o desempenho do sistema energético, verificando a autonomia da bateria (h) e a geração do painel solar. Ao final do ciclo de coleta, os dados foram organizados e exportados para análise, permitindo a avaliação do desempenho do sistema e a validação de sua eficiência para monitoramento ambiental em tempo real. Paralelamente, foi desenvolvida uma plataforma web dedicada (FIGURA 3), na qual os dados coletados eram apresentados em tempo real, permitindo o acompanhamento das condições ambientais de forma instantânea.

Figura 1 – Circuito da Central de Bem-Estar off-grid.



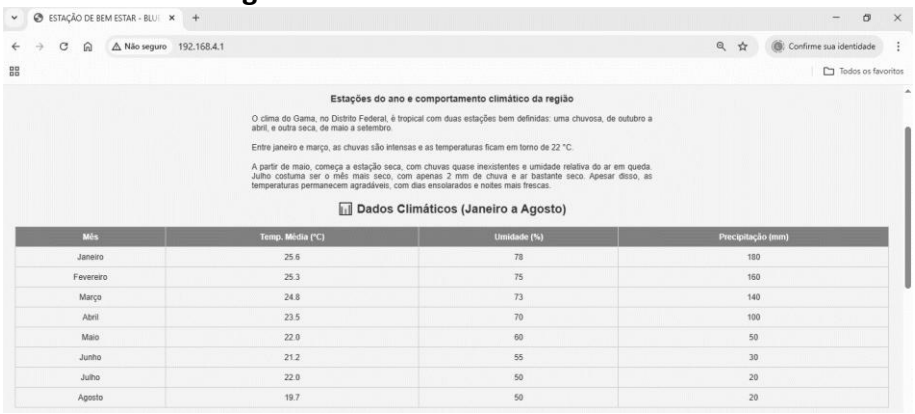
Fonte: Autoria própria.

Figura 2 – Mapa de localização das unidades



Fonte: Autoria própria.

Figura 3 – Plataforma web dedicada



Fonte: Autoria própria.

RESULTADOS

A implementação do protótipo possibilitou a coleta contínua de dados ambientais e energéticos ao longo de um ciclo completo de 24 horas. As informações obtidas foram sistematicamente organizadas em tabelas e armazenadas em um banco de dados, facilitando a análise comparativa dos parâmetros monitorados. A Tabela 1 reúne os principais indicadores climáticos registrados durante o período de testes, como temperatura, umidade e radiação solar. Já a Tabela 2 apresenta o desempenho do sistema energético off-grid, evidenciando sua capacidade de operação autônoma. Além disso, foi elaborado um gráfico (GRÁFICO 1) com base nos dados de horário, temperatura, luminosidade e concentração de CO_2, permitindo uma visualização mais clara das variações ambientais ao longo do dia. Os dados demonstram a eficiência do sistema em manter o fornecimento energético ininterrupto, mesmo em condições variáveis. A análise também permite identificar padrões de consumo e geração, contribuindo para futuras otimizações. O armazenamento estruturado dos dados garante maior confiabilidade e acessibilidade para estudos posteriores. A abordagem adotada valida a funcionalidade do protótipo e reforça sua viabilidade técnica. Esses resultados são fundamentais para o aprimoramento e escalabilidade do sistema.

Tabela 1 – Indicadores climáticos recebidos.

Horário	Temp. (ºC)	Umidade (%)	Luminosidade (lux)	Chuva (sim/não)	CO_2
00:00	21.5	85	0	Não	405
01:00	21.0	86	0	Não	405
02:00	20.8	87	0	Não	406
03:00	20.5	88	0	Não	406
04:00	20.3	88	0	Não	406
05:00	20.0	87	5	Não	408
06:00	21.0	85	50	Não	409
07:00	23.0	80	150	Não	406
08:00	25.0	75	400	Não	410
09:00	27.0	70	600	Não	411
10:00	29.0	65	900	Não	415
11:00	30.5	60	1100	Não	430
12:00	31.5	58	1200	Não	435
13:00	32.0	55	1250	Não	437
14:00	32.0	54	1200	Não	440
15:00	31.0	55	1000	Não	442
16:00	29.5	58	800	Não	440
17:00	28.0	62	500	Não	439
18:00	26.0	68	200	Não	435
19:00	24.0	72	100	Não	433
20:00	23.0	75	20	Não	430
21:00	22.7	78	5	Não	435
22:00	22.0	80	0	Não	440
23:00	21.5	83	0	Não	442

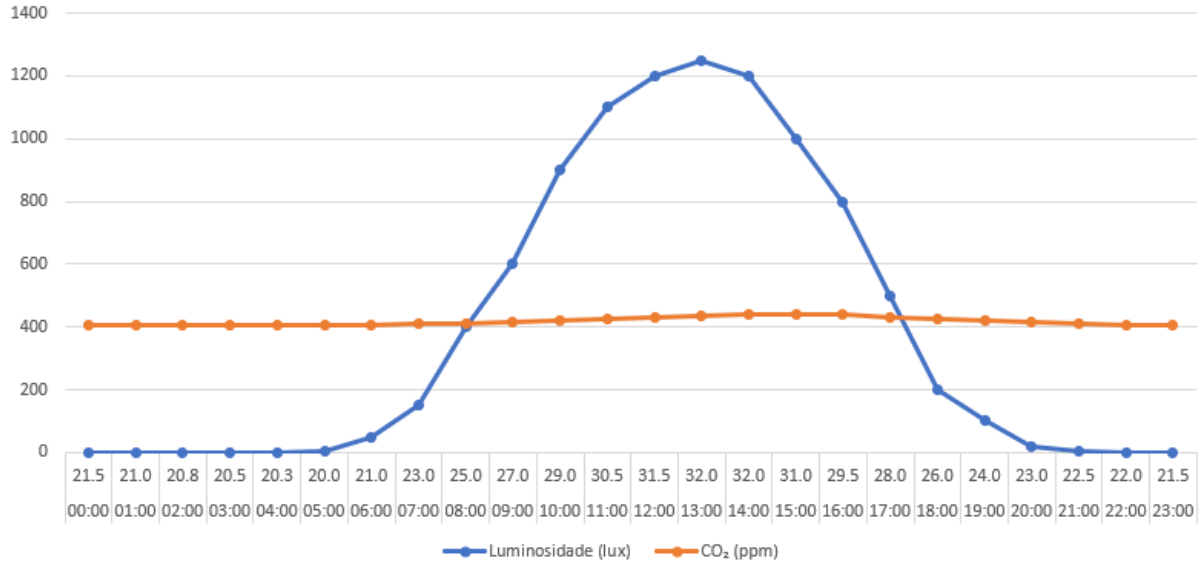
Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 – Disponibilidade energética Off-Grid.

Horário	Geração Solar	Tensão da Bateria (v)	Autonomia Estimada (h)
00:00	0.0	8.9	24
02:00	12.0	9	24
04:00	16.0	9	23
06:00	20.0	9	23
08:00	19.5	9	23
10:00	18.0	9	24
12:00	20.0	9	24
14:00	20.0	9	23
16:00	18.0	9	24
18:00	0.0	9	23
20:00	0.0	9	22
22:00	0.0	9	22

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 1 – Dados armazenados.

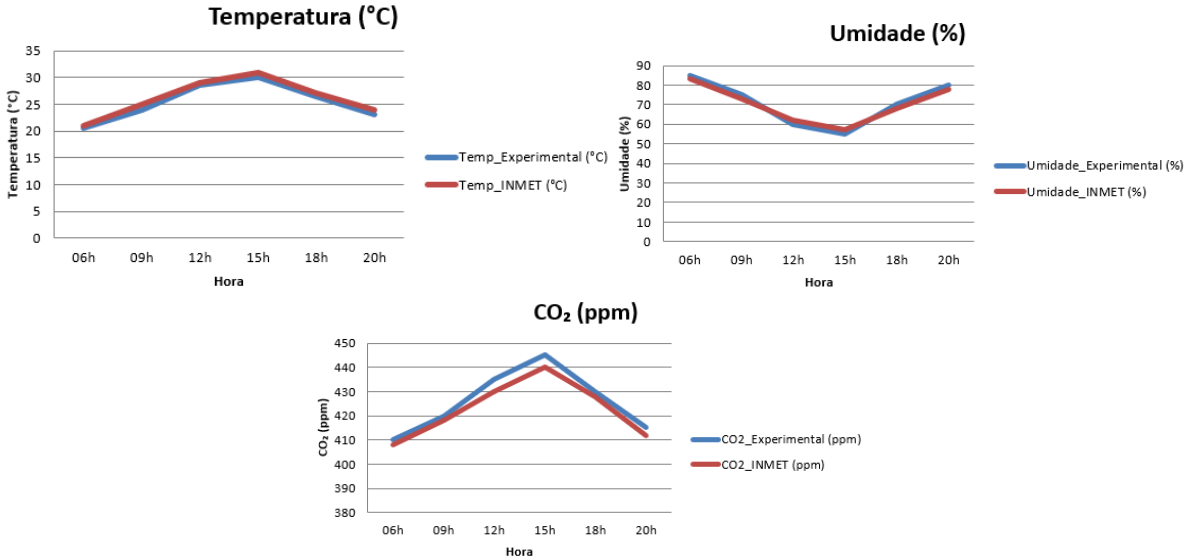


Fonte: Autoria própria

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A validação dos dados obtidos pela Central de Bem-Estar foi realizada por meio da comparação com os registros oficiais disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia para Brasília-DF. O procedimento consistiu na aquisição de parâmetros ambientais – temperatura, umidade relativa do ar e concentração de dióxido de carbono (CO_2) – ao longo de um período de 14 horas, com intervalos de coleta a cada 3 horas. Os valores obtidos pela estação experimental foram organizados em planilha comparativa e confrontados com os dados fornecidos pelo INMET para o mesmo intervalo temporal (FIGURA 4).

Figura 4 – Circuito da Central de Bem-Estar off-grid.



Fonte: Autoria própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Central de Bem-Estar off-grid demonstrou ser uma solução inovadora, sustentável e de baixo custo para monitoramento ambiental em tempo real. A integração de sensores, Arduino, comunicação LoRa e energia solar possibilitou o acompanhamento contínuo das condições climáticas e da qualidade do ar. Além do caráter científico e tecnológico, o projeto apresenta potencial educativo, podendo ser utilizado em escolas, universidades e espaços públicos. Recomenda-se a expansão do sistema para integrar novos sensores (partículas em suspensão, poluentes específicos) e a implementação de inteligência artificial para previsão de tendências ambientais. O modelo se mostrou replicável, eficiente e alinhado às necessidades atuais de cidades mais inteligentes e sustentáveis.

REFERÊNCIAS

AUGUSTIN, A. et al. A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. Sensors, v. 16, n. 9, p. 1466, 2016. DOI: https://doi.org/10.3390/s16091466.

BANZI, M.; SHILOH, M. Arduino: A hands-on introduction with 65 projects. 2. ed. San Francisco: Maker Media, 2014.

GUBBI, J. et al. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010.

JACOBSON, A. et al. The economics of solar electricity for the rural poor. Energy Policy, v. 35, n. 7, p. 3507–3517, 2007. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.002.

PEREIRA, L. C. et al. Monitoramento ambiental urbano com sensores de baixo custo: desafios e perspectivas. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 11, n. 6, p. 1762–1780, 2018. DOI: https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.6.p1762-1780