

# Jardim Simbiótico com Computação ubíqua

*Angelica Santos      André Ferreira      Anibal González*  
*Juliana Freitag Borin*

Technical Report - IC-24-02 - Relatório Técnico  
December - 2024 - Dezembro

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO

The contents of this report are the sole responsibility of the authors.  
O conteúdo deste relatório é de única responsabilidade dos autores.

# Jardim Simbiótico com Computação ubíqua

Angelica Cunha dos Santos \*      André Luiz Vasconcelos Ferreira †

Anibal José Hernández González ‡      Juliana Freitag Borin §

## Resumo

O relatório técnico apresenta o projeto *Jardim Simbiótico*, uma iniciativa de computação ubíqua baseada em tecnologias de Internet das Coisas (IoT), desenvolvida como parte da disciplina MO629 - Internet das Coisas do Instituto de Computação da Unicamp. O objetivo principal é criar um ambiente interativo que promova o cuidado com a flora local, alinhado ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11, que visa cidades e comunidades sustentáveis. O sistema integra sensores e atuadores, como medidores de umidade, temperatura e ruído, além de dispositivos interativos, como regadores virtuais e telas LED. A comunicação entre os dispositivos é viabilizada pelo protocolo MQTT, com análise local dos dados antes de seu envio à nuvem. A proposta explora a integração da tecnologia ao cotidiano por meio de interações humanas, despertando comportamentos sustentáveis e ampliando a conscientização ambiental. O projeto também sugere a escalabilidade para outros contextos, como hortas comunitárias, praças e parques, consolidando sua aplicação como uma solução inicial para o desenvolvimento de cidades inteligentes.

## 1 Introdução

Desde o início do século, a comunidade científica internacional tornou-se cada vez mais consciente da necessidade de desenvolver tecnologias sustentáveis para resolver os problemas sociais e econômicos mais prementes a nível global [9]. Para responder a este problema, em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) propôs a Agenda 2030, que apresenta uma série de 17 objetivos que a comunidade internacional pretende alcançar antes da data fixada [15].

Para atingir os diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, destaca-se a Ciência da Computação, e em particular as áreas da Internet das Coisas, em inglês *Internet of Things* (IoT), e Computação Ubíqua como ferramentas propulsoras no desenvolvimento de soluções, especialmente o objetivo 11 - Cidades e comunidades sustentáveis [1]. Entre as definições de IoT, a de Minerva et al. [12] descreve-a como uma rede que conecta “coisas” identificadas de forma única à internet. Esses “objetos inteligentes” devem possuir sensores, atuadores e a capacidade de serem programáveis [18]. A computação ubíqua, por sua vez, visa integrar dispositivos físicos e digitais, de forma que sejam imperceptíveis, que se fundem ao ambiente e à maneira como são utilizados no cotidiano [6, 19]. A IoT é um meio que pode ser utilizado para implementação de um ambiente de computação ubíqua, o que leva a tecnologia para além de grandes coletas de dados e automações, fazendo-a focar no humano como um atuador disso.

---

\*Inst. de Computação, UNICAMP, 13083-852 Campinas, SP. a290207@gmail.com

†Inst. de Pesquisas Eldorado, 13083-898 Campinas, SP. andreluizvf123@gmail.com

‡Inst. de Computação, UNICAMP, 13083-852 Campinas, SP. ajhg1ez99@gmail.com

§Inst. de Computação, UNICAMP, 13083-852 Campinas, SP. jufborin@unicamp.br

Utilizando-se da computação ubíqua, este trabalho propõe a criação de uma solução que desperte o interesse das pessoas no cuidado da flora local, assim como no trabalho de Nakajima and Lehdonvirta [14]. É sugerido que a construção de instalações artísticas personalizadas podem ser um meio de influenciar a mudança comportamental, bem como a atenção aos desafios apresentados pelo cuidado e manutenção de lugares nos espaços urbanos, enfatizando isso como uma solução aos objetivos da agenda 2030 da ONU.

Embora existam muitas aplicações IoT para projetos de grande escala, projetos menores tem surgido como alternativas para atingir os objetivos da Agenda 2030, como por exemplo estudos focados em dados de saúde, acessibilidade e monitoramento de água local [3, 4, 7]. Assim como estes, o presente trabalho possui escala menor. Apesar disso, formas de adaptá-lo para maiores escalas serão apresentadas.

Diante disso, este projeto propõe uma revitalização do espaço do Instituto de Computação da Unicamp com um jardim interativo, denominado Jardim Simbiótico, onde será utilizada a computação ubíqua e a IoT em forma de arte interativa. O sistema contará com diversos sensores como medidor de umidade do solo, temperatura, ruído e uma câmera com inteligência artificial embutida capaz de reconhecer objetos de estudo como computadores, tablets e cadernos. No campo de atuadores teremos irrigadores, interruptores para ligar e desligar equipamentos como ventiladores e ar-condicionado, luzes de LED, motores para abrir e fechar as janelas, e um giroscópio embutido em um regador interativo, que será a peça chave para atuação humana. Além dos itens informados, os vasos de planta irão possuir uma tela LCD que irá transmitir com rostos animados o humor da planta conforme a umidade do solo. Dessa forma é esperado transformar o espaço em um ambiente mais agradável para sua utilização, além de incentivar o cuidado com o ambiente público, trazendo a atuação humana.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte maneira: na Seção 2, são apresentados alguns trabalhos similares aplicados no Brasil e no mundo; na Seção 3, é descrito o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho; na Seção 4, é descrita a aplicação IoT proposta em maiores detalhes. Finalmente, na Seção 5, são apresentadas as conclusões e oportunidades a serem consideradas em trabalhos futuros.

## 2 Trabalhos relacionados

A Interação Humano-Computador (IHC) é uma área de estudo em constante evolução, acompanhando as mudanças tecnológicas e as necessidades da sociedade [17]. Tem sido definida como a área preocupada com o design, avaliação e implementação de sistemas computacionais interativos para uso humano. Recentemente pesquisas focadas em fenômenos que cercam as pessoas também tem tido destaque na área de IHC [8].

Com a emergência do design de interação, a integração do pensamento de design com preocupações centradas no usuário passou a não ser considerado suficiente para os estudos de IHC com as tecnologias atuais [5, 17]. Neste momento, é possível perceber o início da terceira onda de IHC, com a computação ubíqua e pervasiva, em que o design centrado no usuário se transforma em design centrado no humano. Assim sendo, o sucesso não se dá apenas no cumprimento tarefas, mas também em aspectos humanísticos, como sentimentos, pertencimento e fenômenos antes, durante e depois do uso da tecnologia [10]. Nessa onda, a interação não se limita mais a uma tela ou a um teclado, ela se estende para objetos do dia a dia, espaços inteligentes por meio da IoT e interfaces naturais [5].

Dessa forma, a computação ubíqua não só transforma a interação cotidiana com a tecnologia, mas também revoluciona o design de instalações interativas [5]. Em museus, exposições, eventos

culturais e comerciais essas instalações oferecem uma forma inovadora de engajamento e aprendizagem que permite conexão dos visitantes com o conteúdo de maneiras novas e de forma que suas emoções sejam afetadas[16]. A integração invisível da tecnologia nesses ambientes exemplifica como a computação ubíqua está moldando o futuro das experiências interativas [19].

Na literatura pode-se encontrar como o uso da computação ubíqua pode ser útil em diversos setores da vida, como no trabalho de Liao et al. [11], em que foi implantado um sistema de monitoramento de saúde interligado a sensores. O experimento demonstrou que ainda há desafios em implantar sistemas pervasivos em ambientes reais, mas mesmo assim foi considerado útil para os profissionais de saúde.

A computação ubíqua também pode ser usada para despertar interesses e emoções, como descrito no trabalho de Rajcic and McCormack [16]. Pode-se perceber uma interação entre um objeto comum ao uso diário das pessoas, o espelho, que se utiliza dos conceitos de *Affordance* Gibson [6], e a teoria da emoção de Barrett [2]. O Espelho utiliza uma IA embutida que apresenta um poema de acordo com a pessoa que está à sua frente e o estado emocional da mesma. O estudo revelou que os participantes dos experimentos foram capazes de se envolver afetivamente com o espelho.

Seguindo a linha de arte e tecnologia, pode-se encontrar o trabalho de Morgan and Gunes [13]. O projeto apresenta uma instalação que capta os movimentos das pessoas e modificava, com isso, a animação das luzes da roda gigante de Londres, a London Eye. Este estudo explorou, através da arte o comportamento humano não verbal, a forma como os humanos podem expressar suas emoções e interações através de gestos.

Para além das emoções, a arte e computação ubíqua também podem afetar o comportamento das pessoas. No estudo de Woźniak et al. [20], o SubRosa é um sistema que responde imediatamente aos ruídos de um ambiente. Quando o ruído está acima do nível aceitável, um Tomate, exibido como arte em uma tela, começa a apodrecer imediatamente. O feedback imediato do Tomate foi uma estratégia considerada boa para os participantes do experimento, que consistia de um grupo de usuários dinâmico com alta rotatividade de membros. O resultado do trabalho foi uma influência positiva nas condições de ruído ambiente.

### 3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a viabilidade de construir um ambiente de computação ubíqua com IoT, que contribua para o ODS 11 da ONU. Os objetivos específicos, alinhados com a promoção de cidades e comunidades sustentáveis, são:

- Criar um ambiente decorado e esteticamente agradável que inspire um comportamento de cuidado com o bem coletivo.
- Utilizar tecnologias de IoT para a implementação do Jardim Simbiótico.
- Construir um protótipo do Jardim Simbiótico para testar sua viabilidade.
- Documentar uma proposta detalhada de implementação do ambiente de IoT e computação ubíqua.

É importante salientar que, além do alinhamento primário dos objetivos específicos com o ODS 11, a criação de um ambiente bonito e saudável também se alinha com a melhoria da qualidade de vida e o aumento da conscientização da população sobre a sustentabilidade.

## 4 Metodologia

Esta sessão estará dividida em duas partes principais, a primeira parte discorrerá sobre o projeto Jardim simbiótico e sua implementação no Jardim interno do IC3. A segunda parte discorrerá sobre o protótipo construído para analisar a viabilidade da construção do jardim.

### 4.1 Jardim simbiótico - implementação e IoT

O Jardim Simbiótico será uma instalação no espaço comum do IC3, que contará com sensores de ruídos, temperatura, umidade do solo, telas de LEDs, luzes de LED, plantas, caixas de som, microfones e monitoramento por câmeras. O Jardim reagirá à ocupação, utilização e manutenção do espaço, modificando a animação das luzes de LED conforme a atividade reconhecida e os níveis de ruídos. Nas plantas, haverá uma tela de LED que exibirá um "emoji" que ficará feliz quando a planta estiver com a rega saudável e triste quando estiver precisando ser regada. O regador virtual terá LEDs que indicarão o nível de água disponível, que encherá conforme a necessidade de rega da planta e esvaziará durante a rega. Este regador contará com um microfone que captará os sons emitidos no momento da rega, enviando-os para um computador central, que os armazenará. Este som será reproduzido em forma de música para a próxima pessoa que regar a planta. Além disso, quando a sala estiver com poucas pessoas e o Jardim estiver calmo, as plantas "cantarão" a música de rega, que será um compilado dos sons deixados pelas pessoas que as regaram. A Figura 1 mostra o ecossistema de IoT a ser utilizado neste projeto, e a Figura 2 mostra o mapa e os dispositivos usados. As funções e configurações de cada dispositivo serão descritas a seguir:

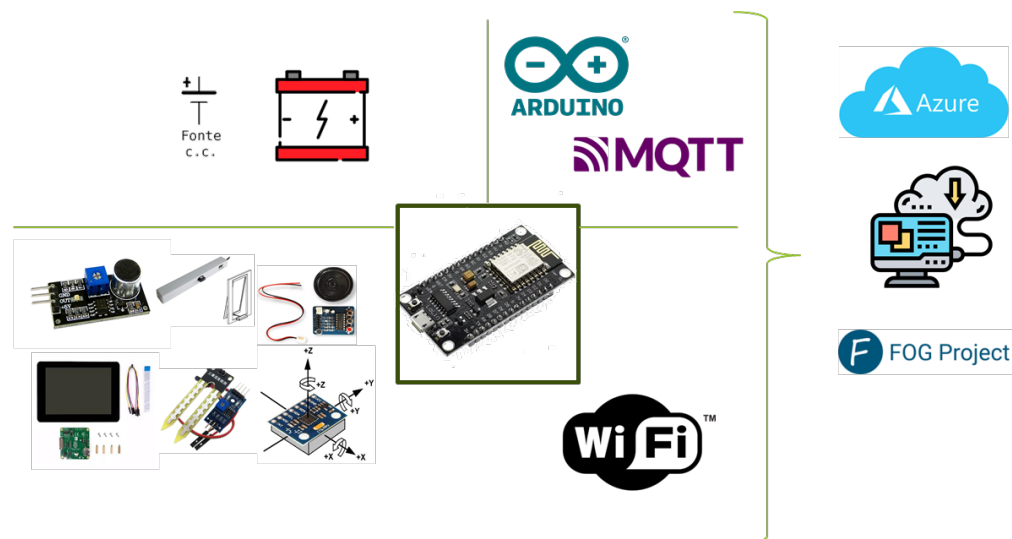


Figura 1: Ecossistema de IoT

1. **Câmera de monitoramento:** Captará as imagens do que está ocorrendo no local. Será conectada aos ESPs 8266 com inteligência artificial. Esta IA deverá ser capaz de reconhecer e contar a entrada e saída de pessoas, apenas identificando a presença humana (sem reconhecimento facial). Também deverá reconhecer objetos como livros, cadernos, notebooks e tablets. Será avaliado o uso de uma tecnologia de IA como o TensorFlow para o reconhecimento de objetos. As imagens e dados de presença serão publicados no tópico `jardim/camera`.

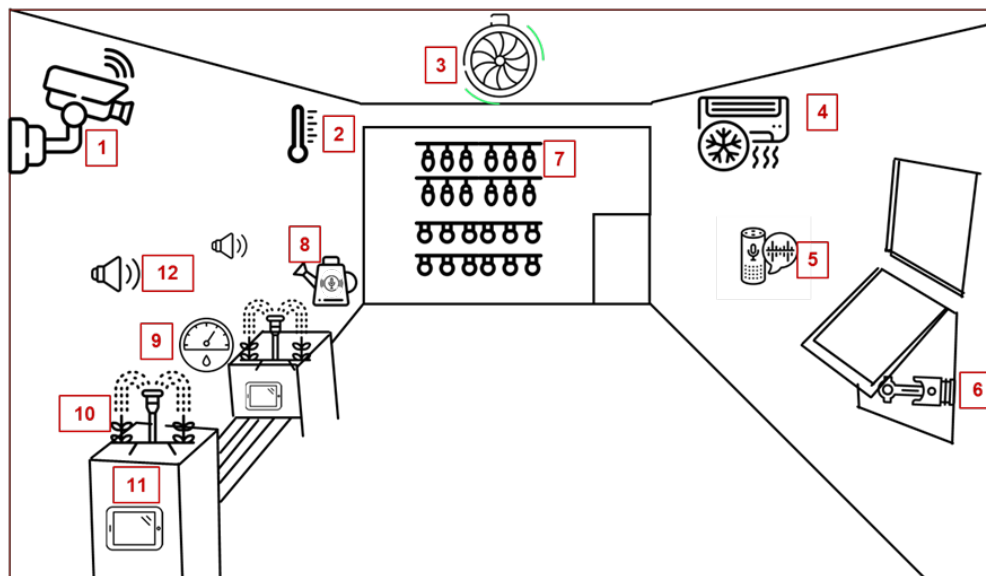


Figura 2: Mapa dos Dispositivos

2. **Termômetro:** Realizará a medição da temperatura, conectado aos ESPs 8266 que analisarão a temperatura do ambiente a cada 3 minutos. Os dados de temperatura serão publicados no tópico `jardim/temperatura`.
3. **Ventiladores:** Conectados aos ESPs 8266, ativarão e desativarão conforme a temperatura captada pelo termômetro e publicada no tópico `jardim/temperatura`.
4. **Ar-condicionado:** Conectado aos ESPs 8266, será ativado e desativado conforme a temperatura captada pelo termômetro e publicada no tópico `jardim/temperatura`.
5. **Sensores de ruído:** Conectados aos ESPs 8266, captarão e armazenarão a cada 3 minutos os níveis de ruídos da sala. Os dados de ruído serão publicados no tópico `jardim/ruído`.
6. **Motores da Janela:** Conectados aos ESPs 8266, ativarão e desativarão para abrir e fechar a janela conforme a temperatura captada pelo termômetro e publicada no tópico `jardim/temperatura`.
7. **Cascatas de luzes LED:** Localizadas entre a grade com plantas trepadeiras, conectadas aos ESPs 8266. Os ESPs enviarão padrões de animação para as luzes conforme os níveis de ruídos, clima, atividade dentro da sala e saúde das plantas, publicadas nos tópicos relevantes como `jardim/ruído`, `jardim/camera`, `jardim/temperatura` e `jardim/umidade`.
8. **Regador virtual:** Um objeto em forma de regador com luzes LED indicando o nível de água, possui um giroscópio para captar o movimento de "regar a planta" e um microfone para captar o som durante a rega. O objeto é conectado aos ESPs 8266, que emitirão dados sobre a necessidade de rega e receberão informações do giroscópio para ativar os irrigadores. Os dados de som e movimento serão publicados nos tópicos `jardim/regador/som` e `jardim/regador/rega`.
9. **Higrômetro de solo:** Realizará a medição dos níveis de umidade do solo, conectado aos ESPs 8266. Captará e armazenará os dados de umidade do solo quatro vezes ao dia e publicará no tópico `jardim/umidade`.

10. **Irigadores:** Conectados aos ESPs 8266, serão ativados conforme os ESPs enviarem um sinal de que ocorrerá a rega, baseado nos dados publicados no tópico `jardim/regador/rega`.
11. **Telas LED:** Conectadas aos ESPs 8266, exibirão uma animação conforme o nível de umidade do solo publicado no tópico `jardim/umidade`.
12. **Auto-falantes:** Conectados aos ESPs 8266, emitirão os sons gravados durante as regas realizadas anteriormente. Os sons são aqueles que foram publicados no tópico `jardim/regador/som`.

Cada sensor e atuador será integrado ao Wi-Fi utilizando ESP8266, que permitirá a comunicação com os dispositivos via MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*). Será utilizado um *broker* MQTT para comunicação entre dispositivos IoT e a nuvem. As vantagens de usar MQTT neste projeto incluem:

- Baixa latência na comunicação entre dispositivos.
- Eficiência no uso de banda, ideal para ambientes com largura de banda limitada.
- Suporte a uma grande quantidade de dispositivos conectados de forma escalável.

### Configuração de Tópicos MQTT

- **Publicadores (*Publishers*):**
  - Sensores de ruído, temperatura, umidade do solo, câmera, microfone (regador virtual) e regador virtual.
- **Assinantes (*Subscribers*):**
  - Ventiladores, ar-condicionado, motores da janela, cascatas de luzes LED, irrigadores, telas LED e auto-falantes.
- **Tópicos:**
  - `jardim/ruído`
  - `jardim/temperatura`
  - `jardim/umidade`
  - `jardim/camera`
  - `jardim/regador/som`
  - `jardim/regador/rega`

#### 4.1.1 Camadas de rede

No projeto do Jardim Simbiótico, várias camadas de rede são utilizadas, cada uma desempenhando um papel crucial na comunicação e no funcionamento eficiente do sistema, como mostra na Figura 3. A seguir serão descritos a função de cada camada e a motivação de sua escolha.

A **camada de aplicação** é representada pelo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), que é um protocolo leve de comunicação de mensagens voltado para dispositivos IoT. O MQTT é considerado essencial para o Jardim Simbiótico pois permite que uma comunicação eficiente, em tempo real e assíncrona, seja estabelecida entre os sensores, atuadores e o sistema de controle central. Isso garante que as informações sejam transmitidas de forma rápida e confiável.

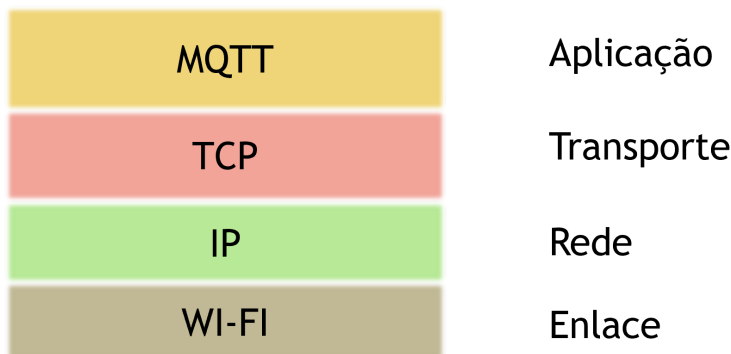


Figura 3: Camadas de rede

Na **camada de transporte**, o TCP (*Transmission Control Protocol*) é utilizado. O TCP é responsável por garantir que os dados sejam entregues de forma confiável e na ordem correta. Para o Jardim Simbiótico, isso significa que os dados críticos coletados dos sensores, como níveis de umidade do solo ou temperatura, cheguem ao destino sem perdas ou duplicações, o que é vital para a precisão das operações automatizadas.

A **camada de rede** é representada pelo IP (*Internet Protocol*), que cuida do endereçamento e roteamento dos pacotes de dados pela rede. No contexto do Jardim Simbiótico, o IP permite que todos os dispositivos se comuniquem entre si através de uma rede unificada, independentemente da localização física dentro da instalação, assegurando que os dados possam ser trocados de maneira eficiente.

Na **camada de enlace**, o Wi-Fi é utilizado como a tecnologia de rede sem fio. A escolha pelo Wi-Fi se deve à infraestrutura já disponível e ao fácil acesso aos dispositivos compatíveis. O Wi-Fi é considerado crucial para o Jardim Simbiótico porque permite que a mobilidade dos dispositivos e a flexibilidade na instalação dos sensores e atuadores sejam possíveis, sem a necessidade de cabos, o que facilita a manutenção e a escalabilidade do sistema.

Cada uma dessas camadas é vista como fundamental para garantir que o Jardim Simbiótico funcione de forma eficiente e integrada, permitindo que uma comunicação robusta e precisa seja estabelecida entre os diversos componentes do sistema.

#### 4.1.2 Armazenamento e análise de dados

Deverá ser implementado uma camada de *Fog computing* local, e um *broker* Mosquitto local. Para esta etapa será avaliado o uso de um dispositivo de borda, como Raspberry Pi, que funcionará como computador central. O objetivo desta camada é analisar os dados com maior agilidade e filtrar dados errôneos e ruídos antes de levá-los para o armazenamento em nuvem.

Será avaliado o uso de Microsoft Azure para o armazenamento dos dados coletados em nuvem. Azure oferece escalabilidade, segurança e ferramentas avançadas para análise de dados, o que é ideal para um projeto de IoT e computação ubíqua como este. Será avaliado também a disponibilização de um *dashboard* para a comunidade do Instituto de Computação da UNICAMP, com os dados analisados do uso do Jardim Simbiótico pelas pessoas.

Nesta etapa serão confrontados e analisados os dados quantitativos coletados depois da instalação do ambiente, a fim de verificar a frequência e cuidado das pessoas com o Jardim Simbiótico. É importante destacar que para análise dos dados serão observados os dias de eventos, conforme o calendário universitário, e também os dias chuvosos, pois o espaço é coberto, o que pode acarretar



em uma frequência de uso maior, sem ter necessariamente relação com a instalação do ambiente de computação ubíqua.

## 4.2 Protótipo - Jardim simbiótico

Para o estudo de viabilidade do projeto, um protótipo foi construído. Este protótipo implementará os seguintes dispositivos, conforme descrito na Figura 2 na seção anterior:

**Termômetro (2):** Será utilizado para medir a temperatura ambiente e para ativar e desativar o ventilador. A arquitetura de ligação está ilustrado na Figura 4. Materiais usados:

- ESP8266
- Termistor 10k
- Resistor 10k $\Omega$

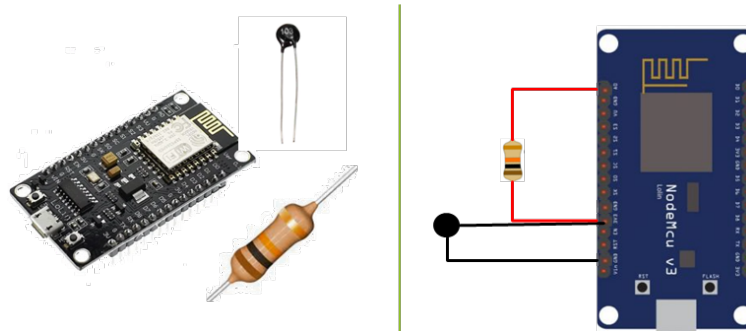


Figura 4: Termômetro - protótipo

Para construção do termômetro, foram utilizados uma ESP8266, um termistor 10k, um resistor 10k $\Omega$ . O termistor recebe calor do ambiente, o calor é então calculado com auxílio da resistência do resistor e por fim o resultado é enviado à ESP8266. A ESP8266 faz uma publicação ao *broker* no tópico “temperatura” com a informação obtida.

**Ventiladores (3):** Ativado ou desativado conforme temperatura recebida. A arquitetura de ligação está ilustrado na Figura 5. Materiais usados:

- ESP8266
- Servo Motor

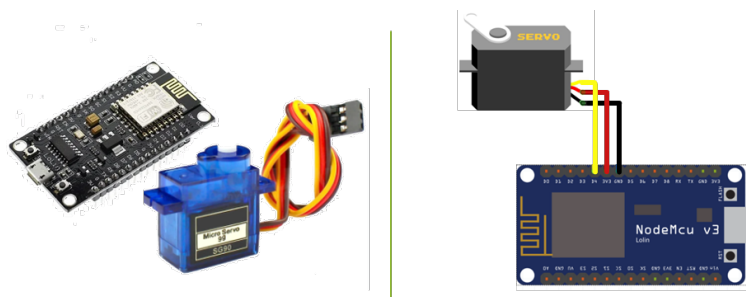


Figura 5: Ventilador - protótipo

Para construção do ventilador, os materiais utilizados foram uma ESP8266 e um servo-motor. A ESP8266 é subscrita ao tópico “temperatura” do *broker* e, dependendo do valor de temperatura publicado pelo termômetro, ela envia um comando ao servo-motor para que ligue e represente o movimento de um ventilador.

**Regador virtual (8):** Usado para ativar e desativar a rega. A arquitetura de ligação está ilustrado na Figura 6. Materiais usados:

- ESP8266
- Giroscópio

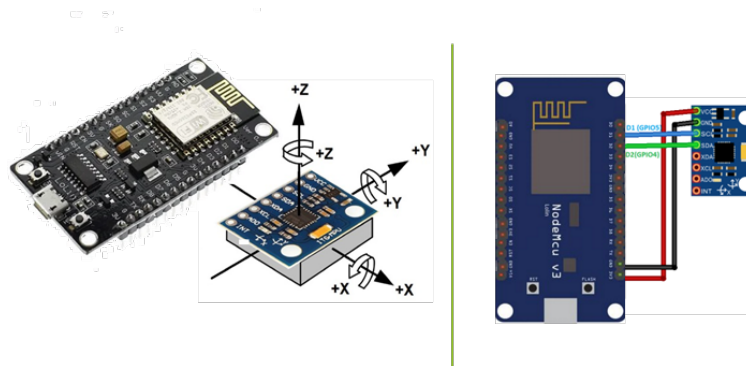


Figura 6: Regador - protótipo

Para a construção do regador interativo, foram utilizados uma ESP8266 e um giroscópio. Quando o giroscópio é rotacionado, um sinal de rotação é enviado à ESP8266. Por sua vez, quando a ESP8266 recebe um sinal de que o giroscópio está sendo rotacionado ela faz uma publicação no tópico “rega”.

**Telas LED (11):** Por meio de expressões faciais sinaliza as necessidades da planta que carrega: Feliz, Triste, Irritada, Regando e PARAAAA. A arquitetura de ligação está ilustrado na Figura 7. Materiais usados:

- ESP8266
- LCD 16X2
- Higrômetro

Para construção do vaso de planta interativo, os materiais utilizados foram uma ESP8266, uma tela LCD 16x2 e um higrômetro. O higrômetro faz a leitura do nível de umidade do solo e envia esses dados para a ESP8266. Com os dados recebidos, a ESP8266 compara os dados de umidade com um certo limite e, dependendo do resultado, imprime um feedback na tela LCD. Além disso, a ESP8266 está subscrita no tópico MQTT “rega” e dependendo das publicações que recebe ela também imprime um feedback na tela LCD. Os feedbacks implementados para a aplicação estão listados na Tabela 1.

#### 4.2.1 Rede e comunicação

A interação dos módulos se dá por meio do protocolo MQTT. O esquema do *broker* utilizado no protótipo pode ser conferido da Figura 8.

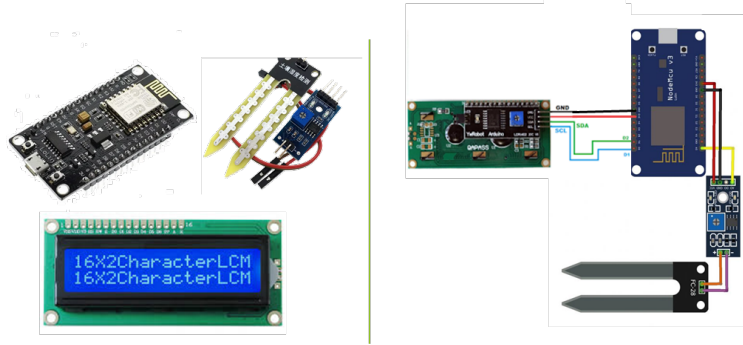


Figura 7: Regador - protótipo

| Feedback           | Significado   |
|--------------------|---|
| :)                 | O vaso de planta está na margem de umidade desejada                         |
| :(                 | O vaso de planta está abaixo da margem de umidade desejada                  |
| >:(                | O vaso de planta está acima da margem de umidade desejada                   |
| Mensagem “Regando” | O vaso de planta está dentro do nível de umidade limite e está sendo regado |
| Mensagem “Paraaa”  | O vaso de planta ultrapassou o nível de umidade limite e está sendo regado  |

Tabela 1: Tabela das expressões da tela da planta - protótipo

## 5 Conclusão

O *Jardim Simbiótico* representa uma aplicação inovadora de computação ubíqua e IoT, unindo sustentabilidade e tecnologia para transformar espaços urbanos em ambientes interativos e colaborativos. A instalação demonstrou a viabilidade de integrar sensores e atuadores para monitorar e interagir com o ambiente, promovendo o cuidado coletivo e o engajamento social.

Com a adoção de soluções tecnológicas escaláveis, como a troca de ESP8266 por ESP32 com LoRa ou ESP32-S3 com BLE, o projeto se mostra adaptável a contextos maiores e mais complexos, permitindo uma ampliação de seu impacto. O uso do protocolo MQTT, aliado a outras tecnologias de comunicação como o LoRa, pode reforçar a eficiência e a robustez do sistema, tornando-o mais adequado para aplicações em larga escala. Assim, o *Jardim Simbiótico* pode ser usado como base para uma computação pervasiva acessível, oferecendo uma abordagem prática para a implementação de cidades inteligentes.

## 6 Trabalhos Futuros

- **Adaptação e escalabilidade tecnológica:** Explorar a viabilidade de substituir os ESP8266 por ESP32 com LoRa ou ESP32-S3 com BLE para maior alcance e eficiência energética. Considerar também módulos com LTE para cenários que exigem alta conectividade e mobilidade.
- **Expansão de aplicações:** Avaliar a implantação de sistemas similares em hortas comunitárias, praças, parques e instalações artísticas em museus a céu aberto, ampliando o impacto social e ambiental do projeto.
- **Integração com outras ODSs:** Incorporar funcionalidades que atendam a outros Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, como educação de qualidade (ODS 4) em espaços públicos e ações contra mudanças climáticas (ODS 13) por meio de monitoramento ambiental.

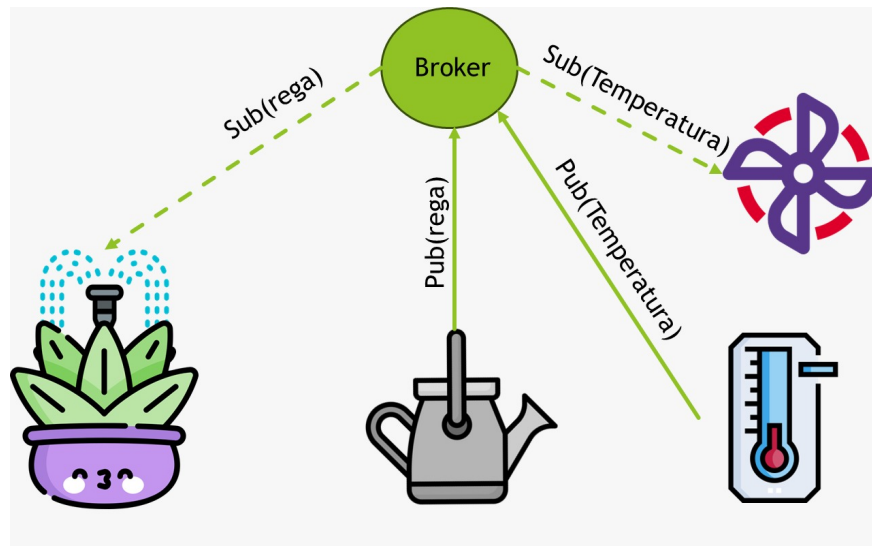


Figura 8: Broker - protótipo

- **Estudo de impacto social:** Realizar pesquisas para mensurar o impacto do *Jardim Simbiótico* no comportamento humano, promovendo mudanças sustentáveis e avaliando a aceitação pública de tecnologias pervasivas.
- **Desenvolvimento de *dashboards* públicos:** Criar interfaces acessíveis para visualização dos dados coletados, incentivando a transparência e o engajamento comunitário.

Esses passos possibilitarão que o projeto evolua de uma instalação local para uma escala municipal no desenvolvimento de *Smart Cities*.

## Referências

- [1] Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Cartilha das cidades, 2024. URL <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/db27849e-dd37-4fbd-9046-6fda14b53ad0/produto-13-cartilha-das-cidades-publicada.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m7tz8bf>. Acesso em: 30 set. 2024, Capítulo 1.3 na página 11.
- [2] Lisa Feldman Barrett. The theory of constructed emotion: an active inference account of interoception and categorization. *Social cognitive and affective neuroscience*, 12(1):1–23, 2017.
- [3] Jaime Ferreira do Nascimento and Ederson Cichaczewski. Internet das coisas (iot) aplicada ao monitoramento do nível de água em reservatórios domésticos. *Caderno Progressus*, 1(2): 34–48, 2021.
- [4] Mailson Piedade dos Santos and João Soares de Oliveira Neto. Protótipo para a avaliação de acessibilidade no espaço urbano sob a ótica de cidades inteligentes. In *Anais da XXIII Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe*, pages 57–64. SBC, 2023.
- [5] Daniel Fallman. The new good: exploring the potential of philosophy of technology to contribute to human-computer interaction. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, pages 1051–1060, 2011.

- [6] James J Gibson. The theory of affordances. *Hilldale, USA*, 1(2):67–82, 1977.
- [7] Amelie Gyrard, Seyedali Mohammadi, Manas Gaur, and Antonio Kung. Iot-based preventive mental health using knowledge graphs and standards for better well-being. *arXiv preprint arXiv:2406.13791*, 2024.
- [8] Thomas T Hewett, Ronald Baecker, Stuart Card, Tom Carey, Jean Gasen, Marilyn Mantei, Gary Perlman, Gary Strong, and William Verplank. *ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction*. ACM, 1992.
- [9] Iberdrola. O que é a agenda 2030, 2024. URL <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/comprometidos-objetivos-desenvolvimento-sustentavel/o-que-e-agenda-2030>. Acesso em: 21 set. 2024.
- [10] Rob Kling and Susan Leigh Star. Human centered systems in the perspective of organizational and social informatics. *Acm Sigcas Computers and Society*, 28(1):22–29, 1998.
- [11] Chun-Feng Liao, Yu-Chun Yen, Yu-Chiao Huang, and Li-Chen Fu. An empirical study on engineering a real-world smart ward using pervasive technologies. *IEEE Systems Journal*, 12(1):240–249, 2016.
- [12] Roberto Minerva, Abyi Biru, and Domenico Rotondi. Towards a definition of the internet of things (iot). *IEEE Internet Initiative*, 1(1):1–86, 2015.
- [13] Evan Morgan and Hatice Gunes. Human nonverbal behaviour understanding in the wild for new media art. In *Human Behavior Understanding: 4th International Workshop, HBU 2013, Barcelona, Spain, October 22, 2013. Proceedings 4*, pages 27–39. Springer, 2013.
- [14] Tatsuo Nakajima and Vili Lehdonvirta. Designing motivation using persuasive ambient mirrors. *Personal and ubiquitous computing*, 17:107–126, 2013.
- [15] Organização das Nações Unidas no Brasil. 17 objetivos de desenvolvimento sustentável, 2024. URL <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 21 set. 2024.
- [16] Nina Rajcic and Jon McCormack. Mirror ritual: An affective interface for emotional self-reflection. In *Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems*, pages 1–13, 2020.
- [17] Christian Remy, Oliver Bates, Alan Dix, Vanessa Thomas, Mike Hazas, Adrian Friday, and Elaine M Huang. Evaluation beyond usability: Validating sustainable hci research. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–14, 2018.
- [18] Jean-Philippe Vasseur and Adam Dunkels. *Interconnecting smart objects with ip: The next internet*. Morgan Kaufmann, 2010.
- [19] Mark Weiser. The computer for the 21st century. *ACM SIGMOBILE mobile computing and communications review*, 3(3):3–11, 1999.
- [20] Paweł Woźniak, Bartosz Koczorowicz, Morten Fjeld, and Andrzej Romanowski. Subrosa: supporting a proper learning atmosphere through subtle cues with immediate feedback. In *Persuasive Technology: 9th International Conference, PERSUASIVE 2014, Padua, Italy, May 21-23, 2014. Proceedings 9*, pages 279–290. Springer, 2014.