



# TheraLink — Etapa 4

**Alunos:** Wagner Junior e Pedro Henrique

**Plataforma:** BitDogLab (Raspberry Pi Pico W / RP2040)

O **TheraLink** é um sistema **offline**, **de baixo custo** e de **instalação imediata** que roda **completamente** na BitDogLab. A placa cria um **AP Wi-Fi**, lê o **MAX30102** (BPM) e o **TCS34725** (cor), coleta **autoavaliações** (energia, humor, ansiedade) via **OLED + joystick**, calcula um **nível de risco** e armazena **estatísticas em RAM**. A visualização acontece no **OLED** e em um **painel web local** acessado pelo celular/notebook conectado diretamente ao AP do dispositivo (**sem internet**).

---

## Sumário

1. Problema e Motivação
2. Visão Geral do Sistema
3. Arquitetura, Modelagem e Decisões
4. Hardware e Ligações
5. Diagramas e Leitura
6. Software: Módulos, Estado e Dados
7. UX e Interação
8. Endpoints HTTP

9. Instalação, Build e Execução
  10. Calibração e Ajustes de Ambiente
  11. Testes, Validação e Métricas
  12. Segurança, Privacidade e Ética
  13. Limitações e Roadmap
  14. Referências
- 

## 1) Problema e Motivação

### 1.1 Contexto

Ambientes escolares e sociais nem sempre têm **internet confiável**. Em muitos casos, educadores e profissionais precisam iniciar atividades com grupos médios (10–30 pessoas) **sem uma leitura rápida** do “estado do grupo”, o que gera **atrito operacional** e decisões menos informadas (ex.: escolher dinâmicas inadequadas para um grupo mais ansioso naquele dia).

Relatórios **UNICEF/ITU** indicam que **cerca de dois terços** das crianças e jovens **não têm internet em casa**, reforçando a necessidade de **soluções offline**, especialmente para inclusão digital e atividades de campo. O TheraLink foi desenhado para **funcionar 100% local**, sem nuvem, com **entrada rápida** de dados e **visualização imediata**.

### 1.2 Inspirações (linhas-guia)

O desenho do TheraLink combina três pilares práticos:

1. **Autorrelato organizado** em eixos simples (energia/valência), inspirado em **RULER/Mood Meter** do **Yale Center for Emotional Intelligence**; transforma **sensações subjetivas** em **indicadores acionáveis**.
2. **Sinal fisiológico básico** (BPM via **MAX30102**); a literatura sobre **HRV/BPM** explora a relação com **arousal/estresse** — não é diagnóstico, mas compõe um **alerta rápido**.
3. **Prioridade por cores** (verde/amarelo/vermelho), similar a esquemas de **triagem** (ex.: START), de comunicação **instantânea** e compreensível por qualquer público.

**Resultado prático:** em ~30 s por participante, o profissional obtém **visão geral** para **ajustar a sessão**, sem depender de conectividade externa.

---

## 2) Visão Geral do Sistema

1. **Boot & Rede local.** Ao ligar, a BitDogLab sobe um **AP Wi-Fi** (SSID **TheraLink**, IP **192.168.4.1**) e inicia **DHCP/DNS/HTTP** (lwIP). Tudo roda **na placa**.
2. **Leitura fisiológica.** O participante posiciona o dedo no **MAX30102**; o firmware coleta batimentos, filtra picos e calcula **BPM final** (há também BPM “ao vivo” para feedback).
3. **Autoavaliação.** No **OLED**, com o **joystick**, informa **Energia, Humor e Ansiedade** (escala 1–3).
4. **Triagem.** **triage\_decide** combina **BPM + escalas** e recomenda **uma cor** (verde/amarelo/vermelho) como **prioridade**.
5. **Validação de cor.** Aproxima a pulseira do **TCS34725**; o sistema **normaliza** a leitura (canal clear) e **classifica por razão** (ex.: R/G) — abordagem mais estável que comparar apenas maior componente.
6. **Registro & Visualização.** Estatísticas **em RAM** (média robusta de BPM, contagens por cor, médias das escalas). **OLED** confirma; **painel web** atualiza via **/stats.json**.
7. **Repetição.** Retorna ao início para o próximo participante. Ao final, exporta-se um **CSV agregado** (**/download.csv**).

**Privacidade:** tudo **local** e **anônimo**; o CSV é **agregado**.

---

## 3) Arquitetura, Modelagem e Decisões

### 3.1 Camadas (IoT em 6 níveis)

1. **Sensor** — MAX30102 (PPG/BPM), TCS34725 (RGB/clear), botões A/B e joystick.
2. **Conectividade** — Wi-Fi AP do Pico W; **DHCP/DNS/HTTP** locais.

3. **Borda/Processamento** — filtragem PPG, detecção de picos (BPM final), coleta de escalas, **triage\_decide** (BPM + escalas → cor), classificação de cor por **razões** após normalização.
4. **Armazenamento** — estatísticas em **RAM**: média robusta de BPM, contagem por cor, médias de energia/humor/ansiedade, N.
5. **Abstração/Serviços** — endpoints HTTP: / (painel), /display, /oled.json, /stats.json (?color=), /download.csv.
6. **Exibição** — OLED (4 linhas) e **Painel Web** responsivo.

### 3.2 Por que um único nó?

- **Implantação simples** (ligar e usar).
- **Resiliência offline** (não depende de internet da escola).
- **Baixa latência** (coleta → processamento → exibição em tempo real).

### 3.3 Princípios de design

- **Offline by design**; zero dependências externas.
- **Regras simples e explicáveis** (educacional).
- **Feedback imediato** (OLED + LEDs) mantém engajamento.
- **Separação de camadas** facilita manutenção e evolução.

---

## 4) Hardware e Ligações

### 4.1 Pinagem e barramentos (conforme firmware)

Componente / Função	Pinos / Endereço
OLED SSD1306 (I <sup>2</sup> C1)	SDA GP14, SCL GP15, addr 0x3C

<b>I<sup>2</sup>C0 (sensores externos)</b>	<b>SDA GP0, SCL GP1</b>
<b>MAX30102</b>	<b>I<sup>2</sup>C0, addr 0x57, conector J3</b>
<b>TCS34725</b>	<b>I<sup>2</sup>C0, addr 0x29, conector J4</b>
<b>Botões A/B</b>	<b>GP5, GP6</b>
<b>Joystick (SW, X, Y)</b>	<b>SW GP22, X ADC1/GP27, Y ADC0/GP26</b>
<b>Matriz WS2812 (5×5)</b>	<b>GP7 (DIN)</b>
<b>LED RGB discreto</b>	<b>R GP13, G GP12, B GP11</b>
<b>Buzzers A/B</b>	<b>GP21, GP10</b>

Use **extensor I<sup>2</sup>C** no I<sup>2</sup>C0, com **J3 → MAX30102** e **J4 → TCS34725** (SDA/SCL/3V3/GND). **GND comum** sempre.

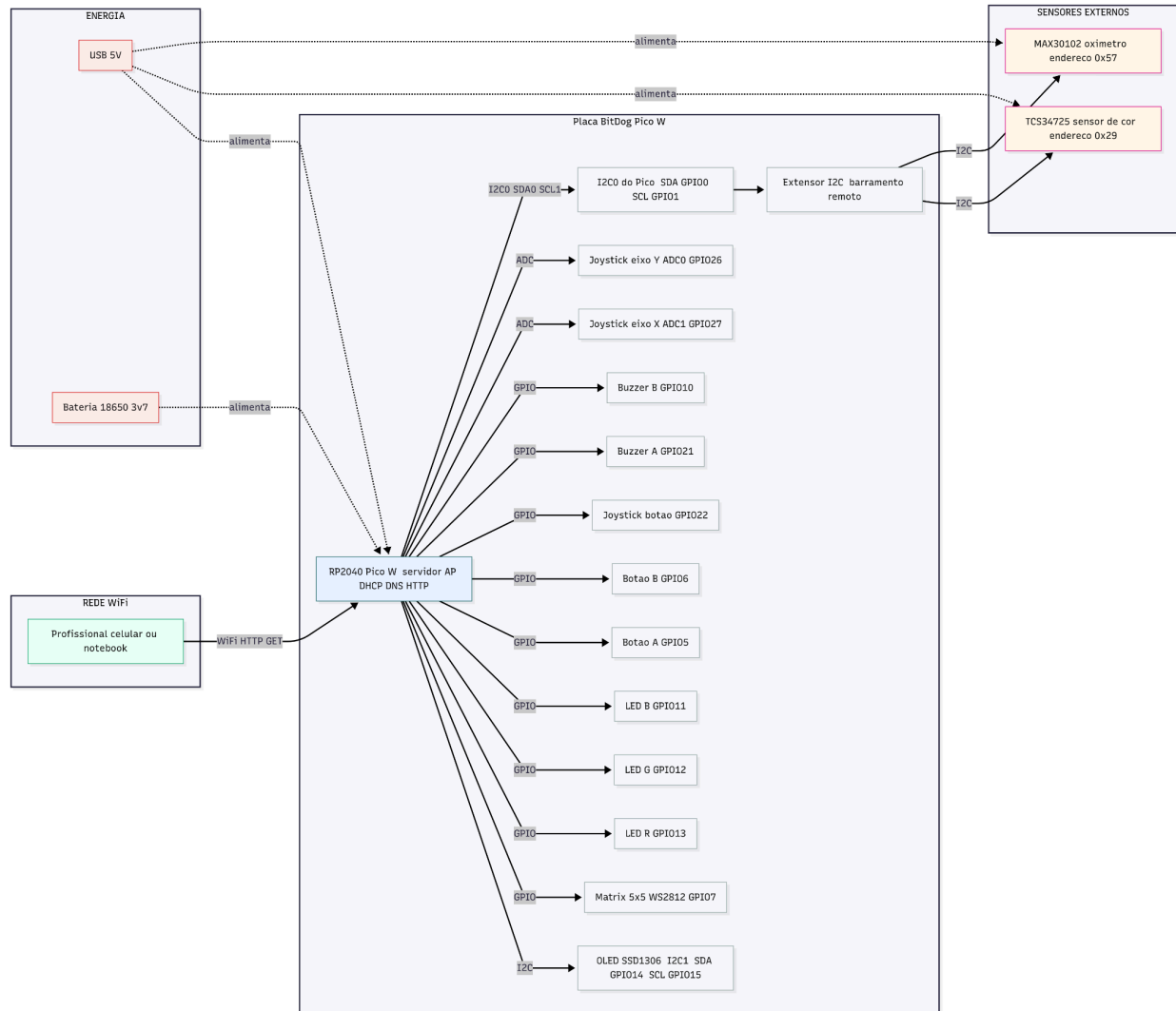
## 4.2 Alimentação e dicas elétricas

- **USB 5 V → 3V3** (estável para longas demos) ou **bateria 18650 3,7 V → 3V3** (mobilidade).
- Lógica em **3,3 V**; **WS2812** em **5 V** aceita nível lógico de **3,3 V** do RP2040.
- Cabos I<sup>2</sup>C curtos; conferir **pull-ups** (muitos módulos já trazem).
- Fixar sensores com **fita dupla face** (estabilidade mecânica melhora leituras).

---

## 5) Diagramas e Leitura

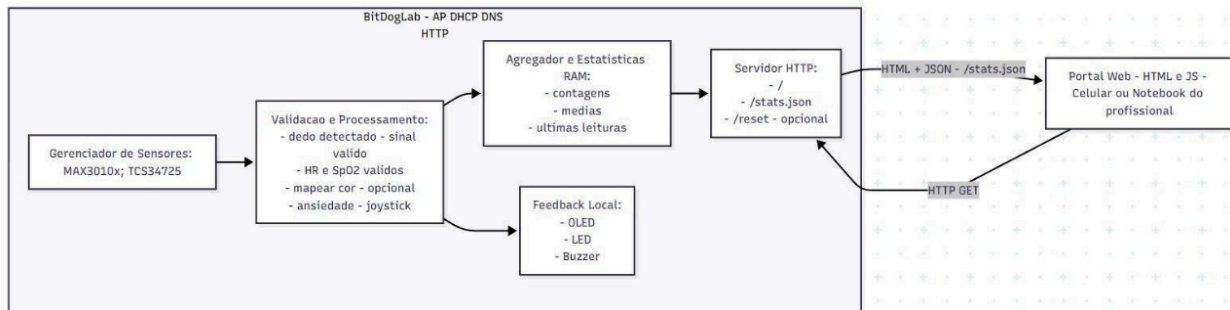
### 5.1 Diagrama de Hardware



- **Rede local/AP:** a própria BitDogLab atua como **AP** e hospeda **DHCP/DNS/HTTP**; o dispositivo do profissional conecta **diretamente** a ela.
- **Placa:** RP2040 integra periféricos on-board (OLED, matriz, LEDs, botões/joystick) e fala com os sensores externos no **I<sup>2</sup>C0**.
- **Sensores externos:** **MAX30102** (PPG/BPM) e **TCS34725** (RGB/clear) compartilham SDA/SCL e **3V3/GND**.
- **Energia:** USB 5 V ou bateria regulada (→ 3V3).

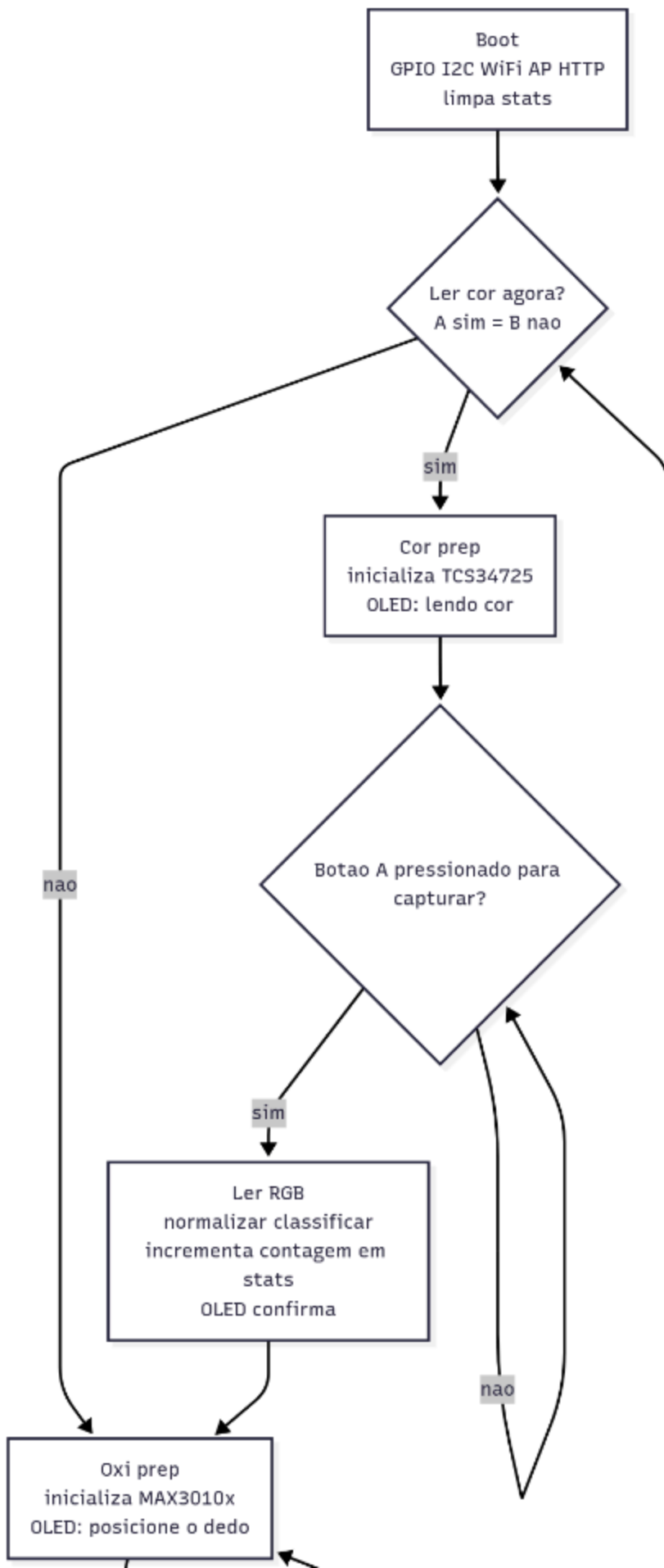
## 5.2 Diagrama de Blocos

## Diagrama de Blocos Funcionais



1. **Gerenciador de Sensores** consolida leituras do **MAX30102** e do **TCS34725**.
2. **Processamento** valida dedo (sinal), filtra PPG, detecta picos (BPM final), normaliza RGB/clear e classifica a cor; recebe as **três escalas** do joystick.
3. **Agregador/Stats** mantém **médias e contagens** em RAM (robustas a outliers).
4. **Feedback local** no **OLED/LEDs**.
5. **Servidor HTTP** publica JSON/CSV e serve o **Painel**.
6. **Portal Web** consome `/stats.json` e exibe **em tempo real**.

### 5.3 Fluxograma de Software





1. **Oxi prep** → mede **BPM final**
  2. **Escalas** no OLED (energia, humor, ansiedade)
  3. **Triagem** → cor recomendada (verde/amarelo/vermelho)
  4. **Validação de cor** com TCS34725 (normalização + razão)
  5. **Salvar** em stats (RAM), **atualizar** OLED + painel web
  6. **Relatório rápido** no OLED → **repetir** ou **finalizar**
- 

## 6) Software: Módulos, Estado e Dados

### 6.1 Organização por arquivos (núcleo)

- **main.c** — orquestra o fluxo (máquina de estados), renderiza OLED, integra sensores/stats, mantém espelho em **/display**.
- **src/oximetro.c/.h** — driver e máquina de estados do **MAX30102**; **BPM ao vivo** e **BPM final**.
- **src/cor.c/.h** — driver do **TCS34725**; leitura, **normalização** e **classificação por razão**.
- **src/stats.c/.h** — agregação: **média robusta** de BPM, contagens por cor, médias de energia/humor/ansiedade; gera **CSV**.
- **src/ssd1306\_i2c.c/.h + ssd1306.h** — driver do **OLED** (texto 4 linhas).
- **src/web\_ap.c/.h** — **AP + DHCP + DNS + HTTP** (lwIP): páginas / e **/display**; APIs **/oled.json**, **/stats.json**, **/download.csv**.

### 6.2 Máquina de estados (alto nível)

ST\_OXI\_PREP → ST\_OXI\_RUN → ST\_SHOW\_BPM → ST\_ENERGY\_ASK → ST\_HUMOR\_ASK  
→ ST\_ANS\_ASK → ST\_TRIAGE\_RESULT → ST\_COLOR\_INTRO → ST\_COLOR\_LOOP →  
ST\_SAVE\_AND\_DONE → ST\_REPORT (→ repetir)

## 6.3 Modelo de dados (agregado)

- **BPM** — média robusta (trim) + **n**.
  - **Escalas** — médias de energia/humor/ansiedade + **n**.
  - **Cores** — contagem acumulada por **verde/amarelo/vermelho**.
  - **Snapshot JSON** — `/stats.json` (com filtro `?color=`).
  - **CSV agregado** — `/download.csv` (para arquivar sessão).
- 

## 7) UX e Interação

### 7.1 OLED/Joystick

- **Mensagens claras** (“posicione o dedo”, “mostrando BPM”, “selecione energia 1–3”...).
- **Confirmações**: botão A confirma escolhas; tempo de retorno à tela base.
- **Relatório rápido** ao final (média de BPM, cores, médias das escalas).

### 7.2 Painel Web (rota `/`)

- **Gráfico curto** de BPM, **KPIs** das escalas e **barras por cor**.
  - **Filtro `?color=`** (verde/amarelo/vermelho) para olhar subgrupos.
  - **`/display`** espelha as **4 linhas** do OLED para projetor/TV.
- 

## 8) Endpoints HTTP

Método	Rota	Descrição
--------	------	-----------

GET	/	Painel do profissional (HTML/JS/CSS). O JS consulta <code>/stats.json</code> periodicamente.
GET	/display	Página leve que <b>espelha</b> as 4 linhas do OLED.
GET	/oled.json	Retorna <code>{"l1":"...", "l2":"...", "l3":"...", "l4":"..."}</code> .
GET	/stats.json	Snapshot agregado; suporta <code>?color=verde</code>
GET	/download.csv	CSV <b>agregado</b> (médias/contagens) para arquivar a sessão.

#### Exemplo `/stats.json`:

```
{
  "bpm_live": 0.0,
  "bpm_mean": 78.2,
  "bpm_n": 12,
  "cores": {"verde":7, "amarelo":3, "vermelho":2},
  "ans_mean": 2.0,  "ans_n": 12,
  "energy_mean": 2.2, "energy_n": 12,
  "humor_mean": 2.4,  "humor_n": 12
}
```

Observação: `bpm_live` pode ficar 0 quando não há medição ativa (painel usa fallback da média).

**Nota técnica:** implementação didática com **1 conexão por vez** e **buffer global**.

## 9) Instalação, Build e Execução

### 9.1 Materiais (versão atual)

- BitDogLab (Pico W) com OLED, matriz 5×5, joystick e Wi-Fi
- MAX30102 (oxímetro I²C)

- **TCS34725** (sensor de cor I<sup>2</sup>C)
- **Extensor I<sup>2</sup>C** (para levar I<sup>2</sup>C0 até J3/J4)
- **Jumpers Dupont, fita dupla-face, power-bank / fonte 5 V**

## 9.2 Ligações

- Conectar o **extensor I<sup>2</sup>C** na **entrada I<sup>2</sup>C0** (SDA **GP0** / SCL **GP1**).
- **J3** → **MAX30102** (SDA/SCL/3V3/GND).
- **J4** → **TCS34725** (SDA/SCL/3V3/GND).
- Conferir **GND comum**, polaridade e cabos firmes.

## 9.3 Build (Pico SDK + cyw43 + lwIP)

```
mkdir build && cd build
cmake .. -DPICO_BOARD=pico_w
ninja
```

Grave o arquivo **.uf2** no Pico W (drive **BOOT**), reinicie, conecte ao AP **TheraLink** e acesse <http://192.168.4.1/>.

---

# 10) Calibração e Ajustes de Ambiente

## 10.1 Oxímetro (MAX30102)

- **Posicionamento:** dedo firme; evitar movimento.
- **Luz ambiente:** prefira sombra/luz difusa.
- **Estabilização:** aguardar alguns segundos antes de confirmar BPM.

## 10.2 Sensor de Cor (TCS34725)

- **Distância:** ~1–3 cm do pulso/pulseira.
- **Normalização:** divisão por “clear” (ou soma) reduz efeito da luz ambiente.
- **Razões:** thresholds por **R/G** ou **G/R** aumentam robustez.
- **Ambiente:** se a luz variar muito, ajuste ângulo e distância.

**Futuro:** página [/calib](#) para mexer em limiares e salvar em flash.

---

## 11) Testes, Validação e Métricas

### 11.1 Roteiro de testes

- **Funcional** (ciclo completo): BPM → escalas → triagem → validação de cor → painel.
- **Carga leve** (10–20 pessoas em sequência): observar estabilidade do AP e atualização do painel.
- **Iluminação:** validar cor sob luz baixa, média e forte.
- **Recuperação:** power cycle e retomada do AP/painel.

### 11.2 Indicadores de sucesso

- **Tempo por pessoa** próximo de **30 s**.
  - **Taxa de validação de cor** alta (ajustável por limiar).
  - **Painel** fluido, sem travamentos perceptíveis.
- 

## 12) Segurança, Privacidade e Ética

- **Sem nuvem:** tudo local (**offline by design**).

- **Dados anônimos e agregados:** `/download.csv` traz médias/contagens, não identidades.
  - **Uso educacional:** não é dispositivo médico; BPM e escalas ajudam a **organizar a sessão**.
  - **Consentimento e transparência:** explicar o que é medido, finalidade e uso (somente na sessão).
- 

## 13) Limitações e Roadmap

### 13.1 Limitações atuais

- **AP aberto** por padrão (para simplificar demonstração).
- **Uma conexão por vez** no HTTP (buffer global).
- **Sem persistência** após reboot (dados em RAM).

### 13.2 Próximos passos

- **WPA2** no AP (mostrar senha no OLED).
  - Expor `bpm_live` real em `/stats.json`.
  - **Persistência em flash** (histórico curto com rotação).
  - Página de **calibração da cor** (ajuste de limiares).
  - **“Modo fila”** com identificação simples por token.
- 

## 14) Referências

1. **UNICEF & ITU (2020)** — “Two thirds of the world’s school-age children have no internet access at home.”  
Press release:

<https://www.unicef.org/press-releases/two-thirds-worlds-school-age-children-have-no-internet-access-home-new-report>

Relatório (PDF):

[https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/UNICEF/How-many-children-and-young-people-have-internet-access-at-home-2020\\_v2final.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/UNICEF/How-many-children-and-young-people-have-internet-access-at-home-2020_v2final.pdf)

2. **Yale Center for Emotional Intelligence — RULER (institucional)**

<https://medicine.yale.edu/childstudy/services/community-and-schools-programs/center-for-emotional-intelligence/ruler/>

3. **RULER Approach — Mood Meter (recursos)**

<https://rulerapproach.org/ruler-resources-for-families/>

4. **Shaffer, F.; Ginsberg, J. (2017)** — “An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms.” *Frontiers in Public Health*.

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2017.00258/full>

5. **Kim, H. G., et al. (2018)** — “Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature.” *Psychiatry Investigation*.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5900369/>

6. **FEMA — CERT Basic Training Participant Manual (2011)** — “Simple Triage and Rapid Treatment (START)” (PDF)

[https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema-cert\\_basic-training-participant-manual\\_01-01-2011.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema-cert_basic-training-participant-manual_01-01-2011.pdf)

7. **CERT-LA — START (folheto) (PDF)**

<https://www.cert-la.com/downloads/education/english/start.pdf>