

2. Documento de requisitos

2.1. Introdução

Mini-mundo: ambiente real e delimitado onde o PoC será validado — calçadas urbanas, áreas internas (salas, corredores), e trechos curtos de rua com fluxo moderado de pedestres. Cenários prioritários: obstáculos baixos (cadeiras, degraus), obstáculos suspensos (fios, galhos), pessoas em movimento, portas/aberturas. Condições: iluminação diurna e noturna urbana típica (iluminação pública), piso irregular e ruído sonoro ambiente moderado. Testes serão feitos com usuários com deficiência visual e/ou cegueira total, usando bengala como baseline.

Resumo do mini-mundo:

- Espaço físico: calçada pública e ambiente interno controlado (sala/corredor).
- Tipos de obstáculos: degraus, cadeiras, postes, fios, portas, pedestres/animais.
- Condições ambientais: iluminação variada, ruído ambiente, trânsito moderado.
- Uso esperado: caminhada normal (1–5 km/h), paradas comuns para inspeção.

2.2. Descrição do Propósito do Sistema

O sistema tem por finalidade **aumentar a percepção espacial** de pessoas com deficiência visual através de um wearable (óculos + pulseira vibratória + app), detectando perigos e comunicando alertas táteis e/ou sonoros em tempo real para prevenir colisões e incidentes. No PoC de 6 semanas o objetivo é demonstrar viabilidade técnica, usabilidade e métricas mínimas de desempenho (acurácia, latência, autonomia).

Objetivos práticos:

- Detectar obstáculos próximos e emitir vibração proporcional.
- Reconhecer 5 classes prioritárias com modelo leve (TFLite) e emitir TTS via app.
- Validar integração entre hardware e app com latência aceitável para navegação.

2.3. Descrição do Minimundo

Entidades do mini-mundo

- **Usuário** (pessoa com deficiência visual)
- **Óculos inteligente** (dispositivo embarcado)
- **Pulseira vibratória** (atuador tátil)
- **Smartphone Android** (app + TTS)
- **Obstáculo** (objetos físicos no ambiente)
- **Operador / Testador** (configura e observa testes)

2.4. Requisitos de Usuário

Requisitos Funcionais

Identificador	Descrição	Prioridade	Depende de
RF01	Medição de Distância: O sistema deve medir distância em frente ao usuário usando HC-SR04 e disponibilizar leitura atual a cada 200–500 ms.	Alta	-
RF02	Alerta Tátil Proporcional: Ao detectar distância abaixo de thresholds configuráveis, o dispositivo deve acionar o vibracall com intensidade proporcional (fraco/médio/alto) em ≤ 100 ms após leitura.	Alta	RF01

RF03	Captura de Imagem: O sistema deve capturar imagens a cada X segundos (configurável) e disponibilizar para inferência local ou envio ao app quando solicitado.	Alta	RF02
RF04	Reconhecimento de Objetos (5 classes prioritárias): O sistema deve inferir localmente (ou via app) as classes: fio/ramo, degrau, cadeira/obstáculo baixo, pessoa, porta. Para o PoC, acurácia mínima alvo: 70% em ambiente controlado.	Alta	RF02
RF05	Comunicação com App (BLE): Enviar eventos (tipo, distância, timestamp, confidence) via BLE para app Android e receber comandos de calibração.	Alta	RF04
RF06	TTS no App: O app deve reproduzir mensagem curta correspondente ao evento (ex.: “fio à frente, 1,2 metros”) em ≤ 400 ms após recebimento do evento	Média	RF05
RF07	Registro/Logs: Registrar localmente eventos com campos: timestamp, tipo, distância, confidence, bateria.	Alta	RF03
RF08	Gestos/Botões de Controle: Permitir ligar/desligar alertas via botão físico no wearable.	Médio	
RF09	Fallback de processamento: Caso a inferência local não alcance metas de latência ou acurácia, permitir offload da imagem para o smartphone para inferência.	Médio	
RF10	Atualização de Parâmetros via App: Permitir ajustes em thresholds de distância, sensibilidade de vibração, taxa de captura de imagem e volume de TTS pelo app.	Médio	
RF11	Verificar dispositivos pelo App: O aplicativo deve exibir o status da conexão BLE (Conectado/Desconectado), o nível de bateria restante do wearable (em porcentagem) e o status operacional dos sensores principais.	Médio	RF05

RF12	Alerta de Bateria Baixa: O sistema deve notificar ativamente o usuário (via vibração específica no wearable e alerta sonoro/TTS no app) quando o nível de bateria do wearable atingir um nível crítico (ex: 20%).	Alta	RF05, RF07
RF13	Confirmação de Inicialização (Auto-Teste): Ao ser ligado, o wearable deve executar um auto-teste (verificar conexão do HC-SR04 e da câmera) e emitir um sinal claro de "Sistema Pronto" (ex: uma vibração longa e duas curtas, ou um TTS "Sistema Ativo").	Alta	RF01, RF03, RF06
RF14	Modo de Silêncio Temporário: O usuário deve poder pausar (silenciar) temporariamente todos os alertas (táteis e sonoros) através de um comando no wearable (ex: um clique duplo no botão RF08) ou no App (via RF10).	Média	RF08, RF10
RF15	Exportação de Logs de Teste: O App deve possuir uma função (acessível pelo Operador/Testador) para exportar os logs de eventos (RF07) em um formato padrão (ex: CSV ou JSON) para análise de desempenho offline.	Média	RF05, RF07

Regras de Negócio

Identificador	Descrição	Prioridade	Depende de
RN01	Se a distância medida for ≤ 0.8 m → vibração alta + alerta TTS prioritário.	Alta	RF02

RN02	Se a distância estiver entre 0.8 m e 1.5 m → vibração média.	Alta	RF05
RN03	Se a distância > 1.5 m e detector de objeto identificar classe prioritária (fio/ramo) dentro do campo de visão → vibração fraca + TTS.	Média	RF05
RN04	Em caso de conflito (múltiplos eventos simultâneos), priorizar evento de menor distância; se distância similar, priorizar evento classificado como “perigo suspenso” (fio/ramo).		
RN05	odos os eventos registrados devem ter timestamp e tipo salvo localmente para posterior exportação.		
RN06	Se a bateria < 15% → notificar no app e reduzir frequência de captura de imagem para economizar energia.		
RN07	Comunicação BLE é padrão; se BLE indisponível e Wi-Fi disponível, usar Wi-Fi. Se ambos indisponíveis, armazenar eventos localmente (fallback).		

Requisitos Não Funcionais

Identificador	Descrição	Categoria	Escopo	Prioridade	Depende de
RNF01	Latência ponta-a-ponta (detecção → vibração/TTS) média ≤ 400 ms; vibração acionada em ≤ 100 ms a partir da leitura do microcontrolador.	Desempenho	Global	Alta	-
RNF02	Acurácia mínima por	Precisão	Global	Alta	-

	classe no PoC \geq 70% em ambiente controlado; taxa de falso positivo \leq 20%.				
RNF03	Autonomia mínima de prova \geq 2 horas com ciclo de uso típico (captura periódica de imagem + vibração esporádica).	Energia	Autenticação	Alta	RF02
RNF04	Interface de calibração acessível no app com opções de volume, intensidade de vibração, e modo silencioso.	Usabilidade	Global	Médio	
	Disponibilidade do sistema durante sessão de teste \geq 95% (tempo sem falhas).	Confiabilidade	Global		
	Dados de usuários e logs armazenados localmente devem ser acessíveis somente por aplicativo com autenticação local (senha/pin simples).	Segurança	Global		

	O firmware deve poder rodar em ESP32/ESP32-S3 e ter alternativa de execução parcial no smartphone.	Portabilidade	Global		
	Peso do conjunto (óculos + eletrônica) deve ser confortável para uso contínuo curto (meta \lesssim 150–200 g, dependendo da estrutura).	Peso/Ergonomia	Global		

2.5. Casos de Teste

Id	Requisitos relacionados	Descrição	Pré-condições	Entradas	Fluxo	Resultados esperados	Pós-condições
CT01	RF01, NFR2	Medição HC-SR04 (Bench)	Sensor conectado ao ESP32, bancada com régua.	Leitura ± 10 cm do valor real em 90% das tentativas.	Posicionar objeto a 0.5 m, 1.0 m, 1.8 m; ler valores.	Validar leitura correta do HC-SR04	
CT02	RF02	PWM e Intensidade de Vibração	Vibracall conectado e instrumentado (medir vibração qualitativa)	Três níveis perceptíveis e estáveis.	Enviar PWM para níveis fraco/médio/alto; observar motor.	Verificar intensidade proporcional ao PWM.	
CT03	RF3, RF5	Captura de Imagem (ESP32-CAM)		Imagem legível transferida com sucesso	Capturar imagem, salvar local, enviar via BLE.	Garantir snapshots e envio ao buffer.	
CT05		Testes de Integração					