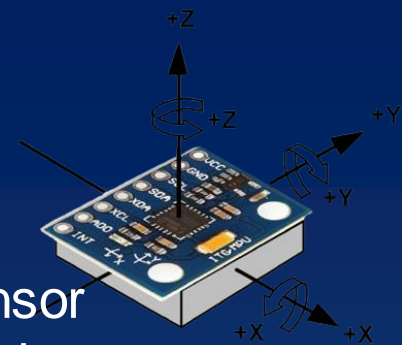




# Monitoramento e Assistência Homecare – Pulseira Vestível

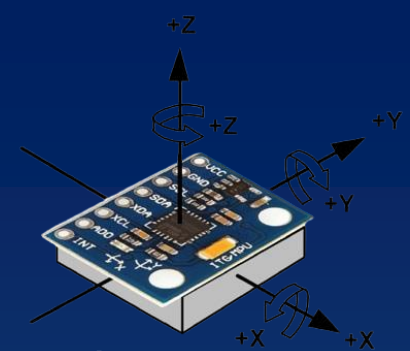




Ao longo do desenvolvimento do projeto, surgiu a necessidade de integrar o sensor MPU6050, que combina acelerômetro e giroscópio, para possibilitar a detecção de quedas de forma precisa. Para alcançar esse objetivo, foi necessário implementar ajustes e estratégias que permitissem obter alarmes confiáveis, reduzindo falsos positivos e garantindo parametrizações adequadas para um melhor resultado.

Para isso, realizamos um levantamento experimental de dados por meio do Serial Monitor, registrando valores de aceleração e gravidade em diferentes situações do cotidiano. As coletas foram feitas em intervalos de 1 minuto, contemplando condições como: andando, correndo, sentado, deitado, levantando-se e abaixando-se.

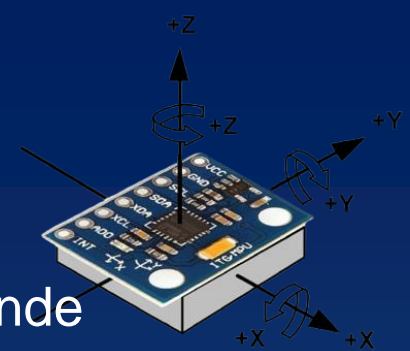
- Correndo: variações elevadas e rápidas no acelerômetro, giroscópio indicando movimentos angulares intensos
- Andando: valores intermediários, sem picos abruptos.
- Sentado/deitado em cama e chão: valores estáveis, pouca variação angular, porém com semelhança ao índice de uma pessoa desmaiada.



Com a análise realizada, identificamos os limiares de variação do sensor e concluímos que a simples leitura dos valores brutos do acelerômetro e giroscópio não seria suficiente para distinguir uma queda real de movimentos cotidianos. Esse tipo de abordagem geraria falsos alarmes, uma vez que atividades normais como sentar, levantar ou se deitar também produzem variações significativas.

Para evitar esse problema, definimos uma sequência de eventos obrigatórios que precisam ocorrer em ordem para que o alarme de queda seja disparado. Essa lógica, baseada em thresholds (limiares), permite transitar entre diferentes estados de detecção, tornando o sistema mais confiável.

Essas grandezas são usadas para diferenciar o movimento normal do corpo de um evento potencial de queda. Durante atividades comuns ou mesmo em repouso (sentado ou deitado), as variações permanecem dentro dos limites esperados, e o sistema mantém o estado NORMAL.



Somente quando ocorre um encadeamento de condições — começando por uma grande variação (instabilidade), seguida de um impacto (pico de aceleração), e finalmente um período de imobilidade — o sistema considera que houve uma queda real e aciona o alerta.

No início, o sistema permanece no estado NORMAL, apenas monitorando o usuário. Nesse estado, ele calcula constantemente: A magnitude da aceleração (`acc_mag`), a magnitude do giroscópio (`gyro_mag`) e a variação recente das leituras (`variation`). Se a variação ultrapassar um limiar pré-definido (`INSTABILITY_THRESHOLD`), o sistema passa para o estado PRE\_FALL (PRÉ-QUEDA).

### Condição PRE-QUEDA:

- Indica instabilidade detectada.
- O sistema aguarda ocorrência de um impacto.
- Se houver impacto  $> 1,8g$  dentro de até 3 segundos, passa para o estado Impacto.

### Thresholds principais:

- Impacto  $> 1,8g$
- Janela de verificação: 3s
- Se nada acontecer, volta para Normal.

## Condição IMPACTO:

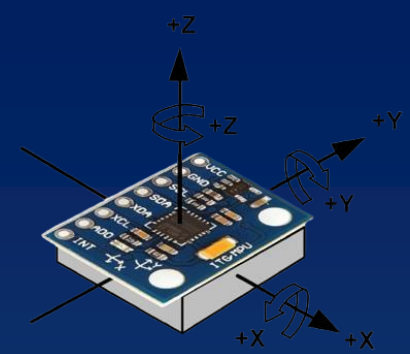
- Após o impacto, o sistema espera 2 segundos.
- Verifica se o corpo permanece imóvel:
  - Variação da aceleração  $< 0,55g$
  - Movimento angular (giroscópio)  $< 70^\circ/s$
- Se estiver imóvel  $\rightarrow$  queda confirmada.
- Se houver movimento  $\rightarrow$  descarta evento.

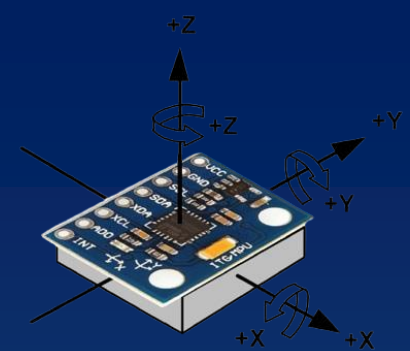
## Condição PÓS-QUEDA:

Quando todos os eventos de detecção são atendidos (instabilidade + impacto + imobilidade), o sistema entra em estado PÓS-QUEDA.

## Thresholds principais:

- Imobilidade (variação)  $< 0,55g$
- Giroscópio  $< 70^\circ/s$
- Tempo de verificação: 2s





## Condição PÓS-QUEDA:

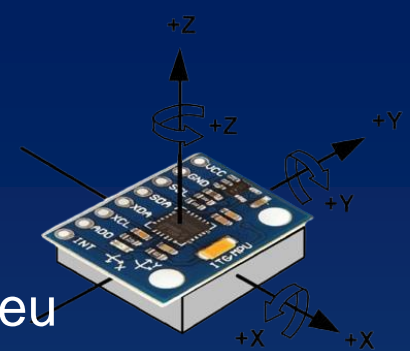
Quando todos os eventos de detecção são atendidos (instabilidade + impacto + imobilidade), o sistema entra em estado PÓS-QUEDA. Inicia-se uma contagem de 10 segundos:

- Durante esse tempo, o usuário pode interagir com o botão A para cancelar o alarme (caso não tenha sido uma queda real).
- Se não houver interação → a queda é confirmada.

## Ações ao confirmar queda:

- Mensagem de alerta no display OLED.
- LED RGB em vermelho para sinal visual.
- Buzzer ativado para alerta sonoro.
- Estado de alarme é mantido por alguns segundos antes de retornar ao modo de monitoramento.





Com relação à implementação do sensor MAX30102, o principal desafio ocorreu quando tentamos realizar medições precisas utilizando um bracelete posicionado na altura do pulso do usuário. Mesmo após a aplicação de alguns filtros, as leituras obtidas ainda não se aproximaram do esperado. A comparação foi realizada com um relógio de pulso, que utiliza um LED verde, o qual possui maior capacidade de penetração na pele, proporcionando assim uma leitura de pulsação significativamente mais precisa. A solução adotada foi manter o sensor fixado diretamente no dedo, o que exigiu o desenvolvimento de um suporte específico, que será produzido em uma impressora 3D de filamento.

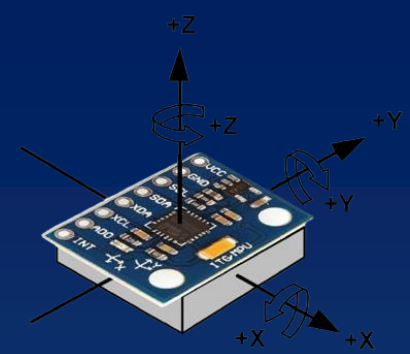
Após essa pequena quebra de expectativa, o maior desafio passou a ser a implementação conjunta de todas as soluções utilizando o FreeRTOS. Esse desafio não se caracteriza pela dificuldade em si, mas sim pela complexidade, já que envolve múltiplas possibilidades e diversos controles atuando simultaneamente. Nesse contexto, foi necessário alterar o barramento I2C no qual o sensor de batimentos cardíacos estava conectado, uma vez que, quando utilizado em conjunto com o acelerômetro, havia interferências que prejudicavam a identificação correta de quedas.

A comunicação entre a Raspberry Pi Pico W e o ESP32 — que atuará como periférico de borda — será realizada por meio do protocolo MQTT. O ESP32 será responsável por incorporar a funcionalidade de *broker* e *publisher*, viabilizando a transmissão eficiente dos dados coletados.

Além disso, serão definidas as diretrizes para a integração do banco de dados, garantindo que os dados obtidos em tempo real pelos sensores de monitoramento (detecção de queda, batimentos cardíacos e oxímetro) sejam armazenados de forma estruturada, coerente e segura.

Por fim, será desenvolvido um dashboard interativo, que permitirá a visualização em tempo real dos dados dos sensores, bem como o acesso ao histórico de medições, oferecendo uma interface intuitiva para acompanhamento e análise.

Como próximos passos vejo o aprimoramento da leitura de batimentos, desenvolvendo um agarrador que mantenha o sensor no dedo do usuário em conjunto com definições de alerta em caso de comportamentos inesperados. Além disso segue o desenvolvimento de implementar todas as alternativas pensadas para este projeto em conjunto, para assim ele se tornar um sistema embarcado. Pensando em segurança também é necessário garantir um intertravamento quando uma queda for identificada, assim nenhuma outro evento ocorrerá enquanto o usuário não responder ok.







# Monitoramento e Assistência Homecare - Pulseira

