

VIGIL: DESENVOLVIMENTO DE UM *LOGGER* INERCIAL

ANTONIO GABRIEL MAIA FICKEL¹; LUIZ FABIANO GOMES GULARTE²; LAURA QUEVEDO JURGINA¹; LEOMAR SOARES DA ROSA JÚNIOR¹; MARILTON SANCHOTENE DE AGUIAR¹

¹Universidade Federal de Pelotas – {agmfickel,lqjurgina,leomarjr,marilton}@inf.ufpel.edu.br

²Universidade Federal de Pelotas – luiz.guarte@ufpel.edu.br

1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

As quedas constituem a segunda maior causa de mortes por lesões não intencionais no mundo, com cerca de 684 mil óbitos anuais, concentrados principalmente entre pessoas acima de 60 anos (Organização Mundial da Saúde, 2021). No Brasil, dados do Estudo Longitudinal da Saúde dos Idosos Brasileiros (ELSI-Brasil) mostram que 25,1% dos idosos residentes em áreas urbanas relataram ao menos uma queda nos 12 meses anteriores (Pimentel *et al.*, 2018). Detectar rapidamente esses eventos é essencial, já que o tempo em que a pessoa permanece involuntariamente no chão após cair, sem receber socorro, relaciona-se a consequências físicas e psicológicas de curto e longo prazo (Fleming e Brayne, 2008; Kubitz *et al.*, 2023).

Diante desse quadro, e a partir de uma iniciativa do Prof. Dr. Luiz Fabiano Gualarte, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Pelotas, concebeu-se o Vigil, dispositivo vestível voltado à detecção de quedas em pessoas idosas. O projeto segue em desenvolvimento e em sua fase atual, nomeada Vigil-logger, resume-se a um protótipo para aquisição contínua e portátil de dados inerciais.

Nos *datasets* de dados inerciais já existentes, a variação de dispositivos, frequências de amostragem, posicionamento corporal e protocolos experimentais dificulta a comparação e a generalização das soluções desenvolvidas (Casilari *et al.*, 2017a). O subprojeto Vigil-logger surge como alternativa para produzir um *dataset* próprio, capaz de avaliar algoritmos já testados em conjuntos de dados públicos e, ao mesmo tempo, validar uma plataforma sensorial específica, aproximando os resultados da literatura das condições reais de aplicação do Vigil final.

O protótipo atual é centrado em uma unidade de medição inercial (IMU), composta por acelerômetro, giroscópio, magnetômetro e sensor interno de temperatura, responsável por captar os dados de movimento. Um microcontrolador processa essas leituras e as grava em um cartão microSD, sustentado por uma bateria. Esse circuito fica em um invólucro impresso em 3D planejado para permitir a anexação a diferentes partes do corpo.

Quanto à plataforma sensorial, as frequências de amostragem foram definidas com base nas configurações adotadas nos datasets KFall (Yu *et al.*, 2021), UMAFall (Casilari *et al.*, 2017b) e SisFall (Sucerquia *et al.*, 2017). A frequência escolhida, de 225 Hz, supera as taxas empregadas nesses trabalhos e permite a adequação posterior dos sinais por reamostragem. Nos sensores sujeitos a restrições de *hardware*, optou-se pela maior frequência suportada.

Para otimizar o consumo energético, os dados coletados pelos sensores acumulam-se na memória interna da IMU e do microcontrolador antes de serem gravados no cartão microSD. Esse fluxo reduz o número de leituras e escritas, operações custosas em termos de energia. Cada amostra completa ocupa 20

bytes e é armazenada no formato binário próprio *.vgl*; os arquivos são renovados a cada hora de coleta e podem ser convertidos para *.csv* por meio de um conversor próprio. A gravação em binário reduz em cerca de 70% o espaço ocupado no cartão, se comparada à gravação direta em texto. Em teste de autonomia na bancada, já com essas otimizações, o *Vigil-logger* alcançou 15 horas de funcionamento contínuo com uma bateria de 350 mAh.

O diferencial proposto por esta fase do *Vigil* é conciliar a flexibilidade de uma plataforma acadêmica com características encontradas em *loggers* comerciais. Com um valor preliminar de materiais em torno de R\$ 160,00, o *Vigil-logger* preserva o controle da equipe sobre o *hardware*, o *firmware*, e o posicionamento no corpo, ao mesmo tempo que realiza coletas *offline* e de forma autônoma. Isso dispensa a necessidade de supervisão direta da equipe de pesquisa, além de antecipar requisitos para o funcionamento da versão final do *Vigil*.

2. ANÁLISE DE MERCADO

A relevância social e o potencial de crescimento do projeto encontram respaldo no envelhecimento populacional do país: segundo o Censo Demográfico de 2022 do IBGE (2023), a quantidade de brasileiros com 60 anos ou mais saltou 56% nos doze anos anteriores. No topo, o TAM (mercado total) corresponde aos 32,1 milhões de idosos contabilizados pelo Censo, equivalentes a 15,8% da população brasileira. Dentro desse total, o SAM (mercado endereçável) restringe-se à população idosa do Sul do Brasil, empatada com o Sudeste no maior percentual de idosos do país, 17,6% (IBGE, 2023), totalizando aproximadamente 5,3 milhões de pessoas com 60 anos ou mais. Por fim, o SOM (mercado acessível) concentra-se nos pacientes idosos acompanhados pelo grupo de pesquisa do Prof. Dr. Luiz Fabiano Gularte em Pelotas, o mesmo grupo que constituirá o ambiente de validação do protótipo *Vigil-logger*.

Os concorrentes atuais na detecção de quedas, como *smartwatches* e *smartphones* de marcas líderes, oferecem essa função como recurso secundário dentro de dispositivos multiuso e de custo elevado. Também há um limite de desempenho: a detecção de quedas por dispositivos de pulso, quando submetida a avaliação cega, ainda é parcial. Em estudo com 22 adultos saudáveis sob quedas induzidas, Brew *et al.* (2022) reportaram, para um aplicativo de terceiros executado em três modelos de *smartwatches* comerciais, especificidade de 99% e sensibilidade de 77%. Esses resultados indicam margem relevante de não detecção.

Já entre os dispositivos dedicados de função única, existem exemplos no cenário internacional, como o MyNotifi, mas concentrados em mercados como o norte-americano. É diante desse vácuo que o *Vigil* se posiciona: dispositivo dedicado e de baixo custo, desenvolvido a partir das condições reais da população idosa no Brasil.

3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

Em sua fase atual, o *Vigil* se enquadra como inovação conduzida inteiramente no âmbito acadêmico, financiada por bolsa CNPq e custeio de materiais pelo grupo de pesquisa do Prof. Dr. Luiz Fabiano Gularte. O modelo de negócios e o registro de propriedade intelectual ainda estão em definição.

O projeto está estruturado em quatro etapas:

1. Desenvolvimento e validação do *Vigil-logger*, com coleta de dados em condições reais de uso;
2. Desenvolvimento e avaliação de algoritmos de detecção de quedas, com base no *dataset* próprio e em *datasets* públicos;
3. Desenvolvimento do hardware detector final, com algoritmo embarcado;
4. Validação clínica com os pacientes acompanhados pelo grupo de pesquisa do professor.

No momento, o *Vigil-logger* encontra-se no TRL (Nível de Maturidade Tecnológica) 4, com protótipo funcional validado em ambiente controlado; o Vigil, como produto final, está no TRL 2, com conceito formulado e abordagem tecnológica já identificada. A progressão do projeto enfrenta dois riscos principais. O primeiro é a dependência de aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) para a coleta de dados com idosos, risco que será mitigado com a submissão do projeto ao CEP. O segundo é a ausência de um modelo de negócios, que dificulta expandir a solução para além do SOM validado em Pelotas, risco que permanece em aberto por depender dos resultados práticos do próprio Vigil.

4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

Ao reduzir o tempo de resposta entre a queda e o socorro, o Vigil, uma vez concluído, atua diretamente sobre as consequências físicas e psicológicas do tempo prolongado no chão, já documentadas na literatura (Kubitza *et al.*, 2023). O baixo custo de produção projetado deve, além disso, democratizar o acesso a essa tecnologia, hoje restrita a quem pode pagar por dispositivos multiuso de custo elevado.

No curto prazo, o resultado esperado é o *dataset* próprio gerado pelo *Vigil-logger*, que permitirá desenvolver e avaliar algoritmos de detecção de quedas nas etapas seguintes do projeto. No médio prazo, esse avanço técnico deve conduzir à validação clínica junto ao grupo de pacientes e à consolidação de parcerias com o sistema público de saúde e com instituições cuidadoras de idosos, parcerias que ampliariam o alcance do dispositivo para além do grupo de pesquisa parceiro. No longo prazo, os próprios dados coletados pelo *Vigil-logger* abrem caminho para desenvolvimentos futuros voltados à prevenção ativa de quedas, identificando padrões de risco antes mesmo de a queda ocorrer.

5. CONCLUSÕES

O envelhecimento populacional brasileiro abre uma lacuna para soluções acessíveis para detecção de quedas em pessoas idosas. O *Vigil-logger*, primeira etapa do projeto Vigil, validará a plataforma sensorial e o processo de aquisição contínua de dados inerciais. O protótipo opera de forma autônoma, sem necessidade de supervisão direta da equipe, e atingiu 15 horas de funcionamento contínuo em teste de autonomia. O *dataset* que será gerado nessa etapa permitirá, na sequência do projeto, desenvolver e avaliar algoritmos de detecção de quedas. Esse avanço aproxima o Vigil de sua fase seguinte, voltada à validação clínica.

A equipe convida instituições de saúde, pesquisadores e investidores interessados a conhecer o projeto e a avaliar formas de colaboração nas próximas etapas de desenvolvimento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BREW, B.; FAUX, S.G.; BLANCHARD, E. Effectiveness of a Smartwatch App in Detecting Induced Falls: Observational Study. **JMIR Formative Research**, Toronto, v.6, n.3, p.e30121, 2022.

CASILARI, E.; SANTOYO-RAMÓN, J.A.; CANO-GARCÍA, J.M. Analysis of Public Datasets for Wearable Fall Detection Systems. **Sensors**, Basel, v.17, n.7, p.1513, 2017a.

CASILARI, E.; SANTOYO-RAMÓN, J.A.; CANO-GARCÍA, J.M. UMAFall: A Multisensor Dataset for the Research on Automatic Fall Detection. **Procedia Computer Science**, Amsterdam, v.110, p.32-39, 2017b.

FLEMING, J.; BRAYNE, C. Inability to get up after falling, subsequent time on floor, and summoning help: prospective cohort study in people over 90. **BMJ**, London, v.337, n.7681, p.a2227, 2008.

IBGE. **Censo Demográfico 2022: população por idade e sexo: pessoas de 60 anos ou mais de idade: resultados do universo: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Rio de Janeiro, 2023. Acessado em 06 set. 2026. Online. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/biblioteca/visualizacao/livros/liv102038.pdf>

KUBITZA, J.; SCHNEIDER, I.T.; REUSCHENBACH, B. Concept of the term long lie: a scoping review. **European Review of Aging and Physical Activity**, London, v.20, n.1, p.16, 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Falls**. Genebra, 26 abr. 2021. Fact sheets. Acessado em 06 set. 2026. Online. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/falls>

PIMENTEL, W.R.T. *et al.* Quedas entre idosos brasileiros residentes em áreas urbanas: ELSI-Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.52, supl.2, p.12s, 2018.

SUCERQUIA, A.; LÓPEZ, J.D.; VARGAS-BONILLA, J.F. SisFall: A Fall and Movement Dataset. **Sensors**, Basel, v.17, n.1, p.198, 2017.

YU, X.; JANG, J.; XIONG, S. A Large-Scale Open Motion Dataset (KFall) and Benchmark Algorithms for Detecting Pre-impact Fall of the Elderly Using Wearable Inertial Sensors. **Frontiers in Aging Neuroscience**, Lausanne, v.13, p.692865, 2021.