



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

YAGO COSTA DE OLIVEIRA

STRESSCALENDAR: AFERIÇÃO E INVESTIGAÇÃO DAS CAUSAS DO ESTRESSE
POR MEIO DE SMARTWATCHES

FORTALEZA

2025

YAGO COSTA DE OLIVEIRA

*STRESSCALENDAR: AFERIÇÃO E INVESTIGAÇÃO DAS CAUSAS DO ESTRESSE POR
MEIO DE SMARTWATCHES*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Dr. José Marques Soares

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O52s Oliveira, Yago Costa de.
 StressCalendar : aferição e investigação das causas do estresse por meio de smartwatches / Yago Costa de
 Oliveira. – 2025.
 41 f. : il. color.

 Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
 Curso de Engenharia de Computação, Fortaleza, 2025.
 Orientação: Prof. Dr. José Marques Soares.

 1. Estresse. 2. HRV. 3. Smartwatch. 4. Causas. 5. Saúde. I. Título.

CDD 621.39

YAGO COSTA DE OLIVEIRA

*STRESSCALENDAR: AFERIÇÃO E INVESTIGAÇÃO DAS CAUSAS DO ESTRESSE POR
MEIO DE SMARTWATCHES*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia de
Computação do Centro de Tecnologia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do grau de bacharel em
Engenharia de Computação.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Marques Soares (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (DETI/UFC)

Prof. Dr. Danielo Gonçalves Gomes
Universidade Federal do Ceará (DETI/UFC)

Profa. Dra. Michela Mulas
Universidade Federal do Ceará (DETI/UFC)

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram, em alguns momentos, a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Marques Soares, por aceitar me orientar não só nesse trabalho mas durante o curso. Durante as dificuldades do projeto, comecei a duvidar bastante de mim e do que estava fazendo e você sempre me tranquilizou, sempre irei lembrar da nossa conversa sobre a vida e como você me fez olhar meu futuro de outra maneira, obrigado.

Aos meus amigos Vitor Rosa, Helano Fontenele, Danilo Meireles, Lucas Noronha, Catherine Markert, Marcos Augusto, Matheus Rocha e Vandemberg Júnior que estiveram ao meu lado nesta jornada. Vocês me ajudaram de uma maneira que eu nunca esperava. Diversas vezes cogitei desistir e vocês me apoiaram para seguir em frente, serei eternamente grato, pois com vocês percebi que ninguém se forma sozinho.

Ao meu melhor amigo, Davi Queiroz, por ser meu companheiro dentro e fora da Faculdade. Você foi a pessoa que mais estive do meu lado em cada etapa da faculdade, e sou muito grato por isso. Com você, tive um amigo com quem contar e alguém que me fez perceber que não importava o quão difícil fosse, poderíamos superar juntos e ainda aproveitar ao máximo essa jornada. Obrigado por tudo, sei que você é um amigo que irei levar para a vida toda.

À minha melhor amiga, Vivian Ellen, por ser minha companheira de aventuras e a sempre me incentivar a viver algo novo. Você sempre me ajudou a sair da minha zona de conforto e a enfrentar os meus medos. Obrigado por estar do meu lado quando precisei, você é uma pessoa a qual sempre me esforçarei para ter perto.

À minha melhor amiga, Ana Patricia, por ser uma amiga maravilhosa e continuar com o mesmo carinho de sempre. Você é uma amiga especial e, nos momentos importantes, sempre está lá por mim. Saiba que, mesmo não conseguindo manter contato frequente, sempre terei o mesmo carinho de sempre e isso nunca vai mudar. Sou grato por tudo.

Ao meu melhor amigo, Pedro Paulo, por ser meu amigo e parceiro de Mario kart. Em um dos meus dias mais difíceis, você foi a pessoa que conversou comigo e me acalmou, além das diversas vezes que estava mal e você simplesmente me abraçou. Sou eternamente grato por ter te conhecido e ter você ao meu lado.

À minha melhor e mais antiga amiga, Érica Pilger, por estar sempre do meu lado e me apoiar seja nos melhores ou piores momentos. Sua amizade me deu a confiança de que não importa o que acontecesse, eu não estaria sozinho. O carinho e a admiração que tenho por você vão muito além do que sou capaz de escrever. Obrigado por ser a minha melhor amiga, você é como um sol na minha vida.

Aos meus amigos, que não citei, mas me ajudaram nessa jornada, foram muitas pessoas que estiveram comigo e me ajudaram mesmo que com algo simples, guardo muito carinho, até daqueles com os quais não tenho mais contato. Gostaria de citar todos e mais ainda poder mostrar minha gratidão a cada um de vocês, obrigado por serem meus amigos.

À minha tia, Rosimeire Oliveira, por ser minha segunda mãe, você me deu todo o suporte que eu poderia sonhar. Obrigado por ter cuidado de mim como seu filho, sem você eu não teria como chegar até aqui, sou eternamente grato por tudo que fez por mim.

À minha mãe, Rosileude Oliveira, por sempre se esforçar ao máximo para me apoiar sempre. O tempo me fez perceber um fato que todo mundo conhece, que o amor de mãe é realmente único, sei que você sempre se esforçou ao máximo para me ajudar e me deu todo o carinho do mundo. Obrigado por me ensinar a ser uma pessoa boa e carinhosa. Te amo, mãe.

Ao meu irmão, Igor Oliveira, por ser o maior exemplo que eu poderia ter. Eu cresci te observando e te admirando, tudo o que eu fiz foi inspirado em você, sempre me esforcei para que meu irmão pudesse se orgulhar de mim. Obrigado pelo seu apoio durante essa jornada, eu não teria conseguido sem você do meu lado lá no início. Obrigado por tudo, sempre estarei aqui para te apoiar, da mesma forma que você sempre esteve por mim. Te amo, meu irmão.

Ao meu pai, Edivan Oliveira, por me fazer acreditar que eu poderia chegar tão longe. Desde criança, você me incentivou a estudar e me esforçar ao máximo, pois você sempre acreditou no meu potencial. Obrigado por todo o suporte e apoio que sempre me deu, mesmo à distância. Essa conquista não é minha, e sim nossa, sei que o senhor sempre quis ter a oportunidade de estudar e fez de tudo para eu ter, então saiba que eu consegui por nós dois. Te amo mais do que tudo, obrigado por ser meu herói.

“O esforço vence o talento, quando o talento não
se esforça”

(Tim Notke)

RESUMO

O estresse, quando persistente, pode gerar impactos negativos na saúde física e mental, exigindo abordagens eficazes para seu monitoramento e controle. Embora dispositivos modernos, como *smartwatches*, ofereçam medições fisiológicas, como frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca (HRV), essas informações são geralmente apresentadas isoladamente, sem a correlação com eventos do cotidiano. Diante dessa limitação, propõe-se neste trabalho o desenvolvimento do *StressCalendar*, uma aplicação móvel integrada a *smartwatches* para registro manual de eventos e análise contextualizada do estresse. A solução foi implementada utilizando as tecnologias *Expo*, *React Native* e *Express*, com armazenamento local no banco de dados do *SQLite*. A aplicação permite ao usuário registrar atividades associadas ao estresse, categorizá-las, atribuir um valor, no padrão de estresse determinado, em uma escala de 0 a 4 e visualizar os registros em um calendário interativo e gráficos analíticos. Como resultado, o *StressCalendar* demonstrou ser eficaz na identificação de padrões recorrentes e na investigação de possíveis gatilhos do estresse, proporcionando uma análise mais abrangente e personalizada para o usuário.

Palavras-chave: Estresse. HRV. *Smartwatch*. Causas. Saúde.

ABSTRACT

Persistent stress can have negative impacts on physical and mental health, requiring effective approaches for its monitoring and management. Although modern devices, such as *smartwatches*, offer physiological measurements like heart rate and heart rate variability (HRV), these data are generally presented in isolation, without correlation to daily life events. To address this limitation, this work proposes the development of *StressCalendar*, a mobile application integrated with *smartwatches* for manual event logging and contextualized stress analysis. The solution was implemented using *Expo*, *React Native*, and *Express* technologies, with local storage in an *SQLite* database. The application allows users to record stress-related activities, categorize them, assign a value based on a predefined stress scale ranging from 0 to 4, and visualize the records through an interactive calendar and analytical graphs. As a result, *StressCalendar* proved effective in identifying recurring patterns and investigating potential stress triggers, providing users with a more comprehensive and personalized analysis.

Keywords: Stress. HRV. *Smartwatch*. Causes. Health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Medição de estresse em tempo real	22
Figura 2 – Medição de estresse durante o dia	22
Figura 3 – Arquitetura do <i>StressCalendar</i>	25
Figura 4 – Esquema do <i>StressCalendar</i>	27
Figura 5 – Medição de Batimentos Cardíacos por Minutos	30
Figura 6 – Tela principal do <i>StressCalendar</i>	33
Figura 7 – Tela de listagem de anotações registradas	34
Figura 8 – Tela de detalhes da anotação registradas	34
Figura 9 – Tela de criação de anotação	35
Figura 10 – Gráfico de análise eventos registrados no cenário 1	36
Figura 11 – Gráfico da simulação de estresse no cenário 1	36
Figura 12 – Gráfico de análise eventos registrados no cenário 2	37
Figura 13 – Gráfico da simulação de estresse no cenário 2	37
Figura 14 – Notificação diária para reforço do uso da aplicação	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Métricas no Domínio do Tempo da Variabilidade da Frequência Cardíaca (Variabilidade de Frequência Cardíaca(<i>Heart Rate Variabilty</i>) (HRV)). . . .	19
Tabela 2 – Métricas no Domínio da Frequência da Variabilidade da Frequência Cardíaca (HRV).	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	Interface de Programação de Aplicação (<i>Application Programming Interface</i>)
GSR	Resposta Galvânica da Pele(<i>Galvanic Skin Response</i>)
HRV	Variabilidade de Frequência Cardíaca(<i>Heart Rate Variabilty</i>)
IoT	Internet das Coisas (<i>Internet of Things</i>)
LDA	<i>Linear Discriminant Analysis</i>
QDA	<i>Quadratic Discriminant Analysis</i>
RF	<i>Random Forest</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
VO2	Volume de Oxigênio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contextualização	15
1.2	Motivação e Problemática	16
1.3	Objetivos	16
<i>1.3.1</i>	<i>Objetivo Geral</i>	<i>16</i>
<i>1.3.2</i>	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>17</i>
1.4	Organização do Documento	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	O Conceito do estresse	18
2.2	Relação do estresse com frequência cardíaca	19
2.3	Formas de medição do estresse	20
2.4	Tecnologias Portáteis para Medição do Estresse	21
2.5	Trabalhos relacionados	21
3	STRESSCALENDAR: MEDIÇÃO E REGISTRO DE EVENTOS PARA MONITORAMENTO DO ESTRESSE	23
3.1	Projeto	23
3.2	Arquitetura Geral	25
3.3	Dispositivos Necessários	26
4	IMPLEMENTAÇÃO	27
4.1	Pilha de Software	27
<i>4.1.1</i>	<i>Android Studio</i>	<i>28</i>
<i>4.1.2</i>	<i>Expo</i>	<i>28</i>
<i>4.1.3</i>	<i>Express</i>	<i>29</i>
4.2	Captura de dados	29
4.3	Simulação	29
4.4	Ferramenta para registro de eventos	31
5	RESULTADOS	33
5.1	Interface e Funcionalidades da Aplicação	33
5.2	Análise de Dados e Visualização Gráfica	35
5.3	Considerações finais	38

6	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	39
6.1	Trabalhos Futuros	39
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O estresse é uma resposta natural do organismo diante de desafios e pressões do ambiente. Embora essa reação seja essencial para a sobrevivência em situações de curto prazo, a exposição prolongada ao estresse pode levar a consequências adversas para a saúde física e mental, como doenças cardiovasculares, distúrbios do sono, depressão e problemas metabólicos (SARA *et al.*, 2022; HACKETT; STEPTOE, 2017). Em um cenário social marcado pelo aumento das demandas cotidianas e pelo ritmo acelerado de trabalho e estudo, a identificação precoce e o gerenciamento adequado do estresse tornam-se cruciais para a promoção do bem-estar.

Com a ascensão da Quarta Revolução Industrial, caracterizada pela integração de tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (*Internet of Things*) (IoT) e sensores inteligentes, novas oportunidades surgem para o monitoramento e a análise de dados em tempo real. O avanço da IoT permitiu a criação de dispositivos capazes de capturar dados de maneira não invasiva ao serem integrados a aparelhos que conseguem capturar dados do cotidiano sem precisar expor o indivíduo a exames constantes.

Esses dispositivos inteligentes têm revolucionado a maneira como monitoramos aspectos vitais do corpo, unindo a tradicional funcionalidade de relógios e dispositivos de comunicação com tecnologias avançadas de sensores biométricos. A combinação de IoT com dispositivos de uso diário possibilita a aferição contínua de parâmetros fisiológicos relacionados ao estresse, como frequência cardíaca e variação de frequência (TAELMAN *et al.*, 2009), fornecendo uma base sólida para investigações mais detalhadas sobre o impacto dessa condição.

Nesse contexto, os *smartwatches* e outros vestíveis destacam-se como ferramentas promissoras para o monitoramento do estresse, uma vez que oferecem medições em tempo real e facilitam a coleta de dados de forma não invasiva. No entanto, embora esses dispositivos vestíveis forneçam informações sobre os níveis de estresse momentâneos, eles geralmente carecem de ferramentas para correlacionar essas medições com os eventos cotidianos que podem estar associados aos picos de estresse.

Assim, diversos estudos têm abordado o uso de métricas fisiológicas, como a variabilidade da frequência cardíaca (HRV), para monitorar e classificar o estresse. Giannakakis *et al.* (2019) propuseram um sistema baseado em aprendizado de máquina que alcançou uma precisão de 84,4% na classificação de estados de estresse por meio da análise da HRV. Além

disso, os próprios fabricantes de *smartwatches*, como *Samsung*, *Apple* e *Garmin*, disponibilizam funcionalidades para estimar o estresse em tempo real. No entanto, essas medições geralmente são apresentadas de forma pontual, sem a contextualização dos fatores associados ao estresse.

Essa limitação evidencia uma lacuna: embora os dispositivos possam indicar quando o usuário está estressado, eles não fornecem informações sobre os gatilhos específicos que levaram a esse estado. A identificação de estressores cotidianos exige a correlação entre dados fisiológicos e eventos diários, algo que muitas das ferramentas atuais não oferecem de forma integrada.

1.2 Motivação e Problemática

A principal motivação deste Trabalho de Conclusão do Curso(TCC) surge da necessidade de preencher essa lacuna entre a aferição do estresse e a compreensão de suas causas. A detecção isolada dos níveis de estresse, sem a identificação dos contextos associados, limita a adoção de estratégias preventivas eficazes. Diante disso, torna-se relevante desenvolver uma solução que permita correlacionar eventos cotidianos com picos de estresse, facilitando a identificação de padrões recorrentes e a análise de possíveis gatilhos.

Durante a execução do projeto, também foram observadas limitações nas próprias ferramentas de desenvolvimento, como a indisponibilidade da métrica de HRV em ambiente de desenvolvimento em determinados dispositivos. Esse desafio reforçou a necessidade de complementar a análise fisiológica com registros manuais de eventos percebidos pelo usuário, contribuindo para uma compreensão mais completa do estresse.

1.3 Objetivos

Perante dessa problemática, este trabalho propõe uma abordagem para auxiliar no bem-estar geral, utilizando das ferramentas e tecnologias atuais encontradas comercialmente. Juntamente com o uso de uma plataforma para realizar o gerenciamento de anotações com possíveis estressores.

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema para aferição e investigação das causas do estresse por meio de *smartwatches*, integrando a captura de dados fisiológicos com o registro manual de eventos

para análise contextualizada dos níveis de estresse.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

- Implementar uma aplicação móvel para registro de eventos associados ao estresse;
- Integrar a aplicação com dados capturados por *smartwatches*, como HRV;
- Criar uma interface gráfica para visualização das anotações e dos níveis de estresse ao longo do tempo;
- Implementar funcionalidades para categorização de eventos e inserção de descrições detalhadas;
- Realizar simulações para testar a eficácia da ferramenta na identificação de padrões de estresse.

1.4 Organização do Documento

O restante deste documento está organizado em cinco capítulos, no qual cada um explora aspectos detalhados do projeto. Assim, a pesquisa segue a seguinte disposição:

- **Capítulo 2 – Fundamentação Teórica:** Apresenta os conceitos relacionados ao estresse, sua medição por meio de variáveis fisiológicas, e as tecnologias vestíveis utilizadas para esse propósito.
- **Capítulo 3 – StressCalendar: Medição e Registro de Eventos:** Descreve a proposta do projeto, a arquitetura geral e os dispositivos necessários para a implementação.
- **Capítulo 4 – Implementação:** Detalha as tecnologias utilizadas, a captura de dados, a simulação realizada e o desenvolvimento da ferramenta de registro de eventos.
- **Capítulo 5 – Resultados:** Apresenta as funcionalidades implementadas, os gráficos gerados e a análise dos dados obtidos.
- **Capítulo 6 – Conclusões e Trabalhos Futuros:** Resume os resultados alcançados, as limitações encontradas e as sugestões para aprimoramento do projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são abordados alguns conceitos importantes para o projeto, e a existência de tecnologias e trabalhos correlacionados com o assunto que permitiram o desenvolvimento da proposta e do trabalho feito. Ademais, como o foco está na aplicação de *smartwatches* para aferição do estresse, o objetivo é fornecer uma base que permita compreender as tecnologias utilizadas, os dados coletados e sua interpretação.

2.1 O Conceito do estresse

O reconhecimento e a prevenção de doenças psicológicas têm ganhado destaque nas últimas décadas devido ao seu impacto significativo na qualidade de vida e na produtividade dos indivíduos. O estresse, em particular, tornou-se objeto de interesse de inúmeras pesquisas científicas, dada sua influência direta na saúde física e mental (DALMEIDA; MASALA, 2021) (LEE *et al.*, 2022). A valorização dessas investigações reforça a importância de buscar métodos inovadores para identificar, compreender e mitigar os efeitos do estresse no cotidiano das pessoas.

Embora esteja cada vez mais ganhando foco, a definição do estresse não é algo unânime perante a literatura científica. Assim, existem alguns conceitos atribuídos por diferentes autores, como Han Selye, o qual é conhecido como "pai do estresse", por ser um dos pioneiros nessa área de estudo, em que, segundo ele (SELYE, 1936), o estresse seria uma resposta não específica gerada pelo corpo perante diferentes requisições externas ou internas. Outras abordagens mais recentes ampliam essa definição, como afirma (COHEN *et al.*, 1995), que considera demandas psicológicas, sociais e ambientais que possam exceder a capacidade em que um organismo se adapta, gerando respostas fisiológicas e biológicas que possam gerar riscos de doenças para essa pessoa.

Assim, os efeitos do estresse não se limitam a desconfortos passageiros, estando diretamente associados a diversas condições de saúde. Pesquisas indicam conexões significativas entre o estresse e doenças cardiovasculares (SARA *et al.*, 2022), depressão (MADSEN *et al.*, 2017) e diabetes (HACKETT; STEPTOE, 2017), evidenciando seu impacto abrangente na saúde física e mental. Além disso, há indícios que sugerem correlações entre o estresse e condições específicas, como o Transtorno do Espectro Autista (TEA), onde indivíduos podem apresentar respostas diferenciadas a eventos estressores (LECAVALIER *et al.*, 2006).

2.2 Relação do estresse com frequência cardíaca

De acordo com as pesquisas mencionadas, infere-se que o estresse está relacionado a diferentes condições do corpo humano. Explorando biologicamente sua relação com o corpo humano, nota-se que é uma resposta natural do corpo, que o coloca em estado de alerta, ativando o Sistema Nervoso Autônomo (SNA). Nessas situações, ocorre um aumento da frequência cardíaca e a redução da variabilidade entre os intervalos dos batimentos cardíacos (DALMEIDA; MASALA, 2021).

Dessa maneira, HRV mede a diferença temporal entre batimentos cardíacos consecutivos e é amplamente utilizada como um indicador não invasivo do equilíbrio entre o sistema nervoso simpático (responsável pelo estado de alerta) e o sistema parassimpático (responsável pelo relaxamento) (DALMEIDA; MASALA, 2021).

A análise de HRV pode ser feita utilizando métodos no domínio do tempo, como o cálculo do desvio padrão dos intervalos RR (SDNN) e a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças sucessivas (RMSSD), além de métodos no domínio da frequência, que identificam componentes de baixa e alta frequência associados à atividade do sistema nervoso. Os intervalos RR (ou NN) são obtidos calculando a diferença entre duas ondas R no complexo QRS, refletindo a variabilidade dos batimentos cardíacos (THE *et al.*, 2020). Essas métricas estão representadas nas Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1 – Métricas no Domínio do Tempo da Variabilidade da Frequência Cardíaca (HRV).

Métrica (Inglês)	Métrica (Português)	Descrição
SDNN	DP Intervalos NN	Desvio padrão de todos os intervalos NN
SDANN	DP Médias NN	Desvio padrão das médias dos intervalos NN
AVNN	Média NN	Média dos intervalos NN
RMSSD	Raiz MQ Diferenças RR	Raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças sucessivas dos intervalos RR
pNN50	% Diferenças RR > 50ms	Percentual de diferenças sucessivas dos intervalos RR maiores que 50 ms

Fonte: Dalmeida e Masala (2021) (adaptado).

Constata-se não somente uma associação dos dados, como diferentes maneiras de se trabalhar com estes, uma vez que é possível explorar em diferentes domínios com variadas métricas.

Tabela 2 – Métricas no Domínio da Frequência da Variabilidade da Frequência Cardíaca (HRV).

Métrica (Inglês)	Métrica (Português)	Descrição
TP	Potência Total	Potência espectral total de todos os intervalos NN até 0,004 Hz
LF	Baixa Frequência (BF)	Potência espectral total de todos os intervalos NN com frequência entre 0,04 Hz e 0,15 Hz
HF	Alta Frequência (AF)	Potência espectral total de todos os intervalos NN com frequência entre 0,15 Hz e 0,4 Hz
VLF	Frequência Muito Baixa (FMB)	Potência espectral total de todos os intervalos NN com frequência > 0,004 Hz
ULF	Frequência Ultra Baixa (FUB)	Potência espectral total de todos os intervalos NN com frequência < 0,003 Hz
LF/HF	Razão BF/AF	Razão entre baixa e alta frequência

Fonte: Dalmeida e Masala (2021) (adaptado).

2.3 Formas de medição do estresse

Tradicionalmente, o estresse tem sido medido por meio de questionários subjetivos, e pela verificação das reações externas do indivíduo analisado. No entanto, o avanço das tecnologias permitiu a utilização de sensores para medir sinais fisiológicos, como a frequência cardíaca e a Resposta Galvânica da Pele (*Galvanic Skin Response*) (GSR), de forma contínua e não invasiva (LEE *et al.*, 2022).

Dessa maneira, com a utilização de sinais de saúde cada vez mais complexos, tornou-se necessário definir alguns padrões para determinados indicadores, como o HRV. O tempo da gravação dos dados é uma das padronizações definidas, sendo dividido inicialmente em longa duração, com gravações de 24 horas, e curta duração, para intervalos de 5 minutos (ELECTROPHYSIOLOGY, 1996).

Com o avanço de tecnologias vestíveis, iniciou-se uma demanda para medições em tempo real, fazendo então com que um novo padrão fosse definido. Surgiram, assim, as gravações de ultra curta duração, para medições com intervalos menores do que 5 minutos (ATHAVALÉ; KRISHNAN, 2017).

Desse modo, os *smartwatches* mais modernos oferecem recursos para medir diretamente a HRV, tornando-se uma ferramenta prática para avaliar níveis de estresse em tempo real, uma vez que conseguem obter medidas em intervalos de ultra curta duração e verificar se a frequência da HRV aumenta e diminui. Existem diferentes maneiras de fazer essa verificação, utilizando-se classificadores de *machine learning* como o *Linear Discriminant Analysis* (LDA), *Quadratic Discriminant Analysis* (QDA), *Random Forest* (RF) (SIIRTOLA, 2019) e *Support*

Vector Machine (SVM) (LEE *et al.*, 2022).

2.4 Tecnologias Portáteis para Medição do Estresse

O avanço das tecnologias portáteis permitiu o desenvolvimento de dispositivos capazes de monitorar diversas variáveis fisiológicas associadas ao estresse. Dentre esses dispositivos, destacam-se os *smartwatches*, sendo um dos primeiros a surgir nesse mercado e criando novas maneiras de acompanhar a saúde em tempo real.

Além disso, com a popularização dos *smartwatches*, tornou-se comum procurar por diferentes alternativas de acompanhamento do estresse, visando proporcionar desde um preço mais acessível até um maior conforto para o usuário. Dessa forma, surgiram diversas tecnologias portáteis, como as *smartbands*, que são uma alternativa mais barata aos clássicos relógios, e os *smartrings*, dispositivos mais recentes que permitem um uso mais discreto e confortável para alguns usuários. Além disso, sensores vestíveis (*wearable sensors*), como monitores de frequência cardíaca integrados a faixas peitorais (*chest straps*), também são amplamente utilizados para obter medições mais precisas de variáveis fisiológicas.

Atualmente, existem diversas marcas que comercializam esses dispositivos, incluindo *Apple* (*Apple Watch*), *Samsung* (*Galaxy Watch*), *Garmin*, *Fitbit*, *Polar* e *Whoop*, cada uma oferecendo diferentes recursos para a medição de variáveis como frequência cardíaca, HRV e GSR. Dessa forma, a crescente diversidade de dispositivos portáteis permite um monitoramento contínuo e acessível do estresse, promovendo uma abordagem mais personalizada para a saúde e o bem-estar do usuário.

2.5 Trabalhos relacionados

Nota-se que existem diversos estudos que exploram o uso da HRV para monitorar e classificar o estresse. Giannakakis *et al.* (2019) propõem um sistema de reconhecimento de estresse baseado em aprendizado de máquina, que alcançou uma precisão de 84,4% ao classificar estados de estresse utilizando parâmetros de HRV. Outros estudos indicam que uma combinação de métodos de análise linear e não linear pode melhorar a precisão na detecção de estresse (LEE *et al.*, 2022).

Além disso, há medições realizadas pelas próprias empresas produtoras dos *smartwatches* comerciais, que disponibilizam o acesso ao grau de estresse em tempo real e a aferições

passadas por meio de gráficos, conforme apresentado nas figuras 1 e 2. Sendo essas capturas integradas com aplicativos de saúde da marca, possibilitando o acesso também por celulares.

Figura 1 – Medição de estresse em tempo real



Fonte: Captura de tela do autor a partir de dispositivo Samsung (2025).

Figura 2 – Medição de estresse durante o dia



Fonte: Captura de tela do autor a partir de dispositivo Samsung (2025).

Paralelamente ao uso de *smartwatches*, existem aplicativos voltados para o bem-estar mental. Aplicativos como *Calm* e *Meditopia*, as quais oferecem recursos como meditações guiadas, técnicas de respiração e acompanhamento de humor para ajudar os usuários a reduzir o estresse e melhorar a qualidade do sono.

3 *STRESSCALENDAR*: MEDIÇÃO E REGISTRO DE EVENTOS PARA MONITORAMENTO DO ESTRESSE

Apesar dos avanços nas medições de estresse proporcionados pelos *smartwatches* e aplicativos voltados ao bem-estar mental, ainda há espaço para uma análise contínua da recorrência do estresse e na identificação de padrões ao longo do tempo. Embora esses dispositivos e aplicativos forneçam dados instantâneos sobre o nível de estresse, poucos oferecem ferramentas para correlacionar com eventos estressantes do dia a dia.

Diante dessa necessidade, propõem-se o *StressCalendar*, uma agenda para usuários de *smartwatches* que desejam acompanhar a ocorrência do estresse ao longo do tempo, permitindo a identificação de padrões e possíveis estressores recorrentes em sua rotina. Essa abordagem visa fornecer uma visão mais ampla sobre os gatilhos do estresse, auxiliando o usuário na adoção de estratégias preventivas e no aprimoramento do seu bem-estar.

3.1 Projeto

A aplicação busca oferecer uma abordagem mais abrangente para quem já possui um *smartwatch*, permitindo que suas funcionalidades sejam exploradas de maneira mais aprofundada na detecção do estresse. O sistema se baseia na captura contínua de sinais fisiológicos para identificar padrões associados a essa condição emocional, fornecendo uma avaliação personalizada ao usuário.

Conforme citado anteriormente, mesmo diante das diversas formas de percepção do estresse, algumas variáveis se destacam pela maior precisão na identificação dessa condição. A combinação de alguns desses preditores é uma maneira de alcançar uma aferição ainda mais precisa.

Todavia, considerando os dispositivos atuais de *smartwatches*, a obtenção de múltiplas variáveis pode se tornar um empecilho, uma vez que a ausência de uma delas no dispositivo de um usuário poderia prejudicar a estrutura do projeto. Além disso, a captura múltipla pode exigir muito de um hardware limitado, como o de um relógio, afetando a experiência do usuário.

Dessa maneira, para decidir qual seria um preditor mais adequado, foi realizada uma consulta de mercado, e verificou-se que a maioria dos dispositivos possui sensores de batimentos cardíacos. Assim, definiu-se essa variável como adequada, visando tornar o projeto mais acessível.

Assim, o *smartwatch* é utilizado para capturar dados de HRV e enviá-los para um

servidor, onde serão analisados por diferentes algoritmos de aprendizado de máquina, verificando o que possui melhor precisão, visando realizar a aferição do nível de estresse do usuário.

Com o estresse aferido, os dados são enviados para a aplicação móvel da agenda, possibilitando que o usuário visualize a medição automática do estresse ao longo do tempo por meio de gráficos. A aplicação possui também a funcionalidade de alertar o usuário em medições elevadas, permitindo a visualização da situação de maneira mais abrangente, ao ter consciência do seu estado e poder controlar essa condição.

Além disso, foi definida a funcionalidade de diário para criar um sistema de anotações, ajudando a identificar a causa dessa perturbação. As anotações são registros manuais do usuário relacionados à percepção de estresse, em que o usuário pode inserir informações sobre o acontecimento, para serem então correlacionadas e apresentadas para que se perceba a repetição de uma determinada situação. Os parâmetros registrados incluem uma possível causa, o grau de estresse percebido pela própria pessoa, o intervalo de horas do acontecimento e uma descrição da situação.

Inicialmente, esses parâmetros são definidos por padrão no aplicativo, mas podem ser personalizados pelo usuário. Por exemplo, as causas padrão incluem trabalho, família, saúde e outro. O usuário pode personalizá-las para categorias como alimentação, relacionamento ou rendimento acadêmico, adaptando o sistema às suas necessidades específicas.

Os valores padrão foram definidos empiricamente, baseando-se na observação de outras aplicações que também utilizam categorização de estressores.

O estresse, por padrão, é registrado em um grau de 0 a 4, seguindo uma escala para avaliar aspectos do usuário, a escala de Likert (JOSHI *et al.*, 2015), no qual os níveis possuem 5 graus e variam de extremamente negativa à extremamente positiva, sendo associado a uma cor, variando de verde claro (0) a vermelho escuro (4). O usuário pode ajustar o intervalo de valores, tornando-o maior ou menor, conforme achar mais adequado ao seu contexto.

Ademais, a escolha dessas cores associadas a cada categoria foi feita com o objetivo de facilitar a identificação visual e proporcionar uma experiência mais intuitiva. As cores seguem princípios de psicologia das cores (HELLER, 2022), onde tons quentes, como vermelho e laranja, são associados a estados de alerta ou estresse intenso, enquanto tons mais frios, como azul e verde, remetem à tranquilidade e equilíbrio emocional.

Essa personalização garante que a aplicação seja mais flexível e acessível para diferentes situações, adaptando-se à realidade e às preferências do usuário.

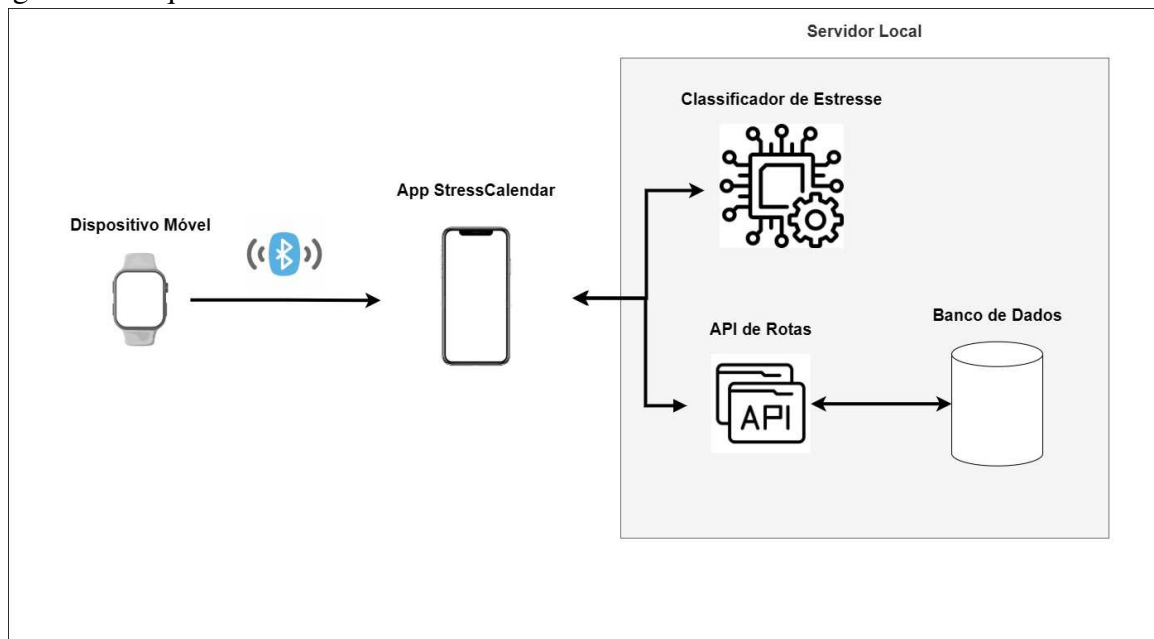
Ao preencher e salvar a anotação, o evento é registrado no banco de dados e fica disponível em uma lista para que o usuário possa revisitar o que aconteceu. No calendário, cada data fica então representada por uma cor, sendo esta de acordo com o maior nível de estresse registrado manualmente naquele dia, facilitando a identificação da repetição de picos de estresse em determinados dias da semana.

Assim, os dados obtidos manualmente ajudam na investigação de estressores comuns, permitindo a análise gráfica da repetição de certas variáveis e dos momentos em que elas ocorrem. Servem também para comparação com os dados automáticos capturados pelo *smartwatch*, permitindo calcular a precisão dessa medida.

3.2 Arquitetura Geral

O fluxo do projeto foi definido seguindo a proposta apresentada na seção 3.1, indo desde a captura de dados no relógio até o *StressCalendar* no celular, passando as informações para um servidor aferir o estresse e, retornando para o dispositivo móvel que utilizaria uma Interface de Programação de Aplicação (*Application Programming Interface*) (API) para armazenar no banco de dados. Utilizando esse fluxo, foi então definida a arquitetura geral do projeto, a qual é ilustrada na Figura 3.

Figura 3 – Arquitetura do *StressCalendar*



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

3.3 Dispositivos Necessários

Embora tenham sido definidas variáveis para tornar o projeto mais acessível, ainda existem algumas exigências para usufruir do *StressCalendar* na versão atual.

É necessário que o usuário tenha um *smartwatch* com o sistema operacional *Wear OS* e sensores que realizem, pelo menos, a captura da HRV. Além disso, para utilizar a agenda, é preciso ter um *smartphone* com o sistema operacional *Android*.

Caso o usuário atenda a esses requisitos, o projeto se torna viável, possibilitando o uso da agenda para auxiliar na investigação da causa do estresse.

4 IMPLEMENTAÇÃO

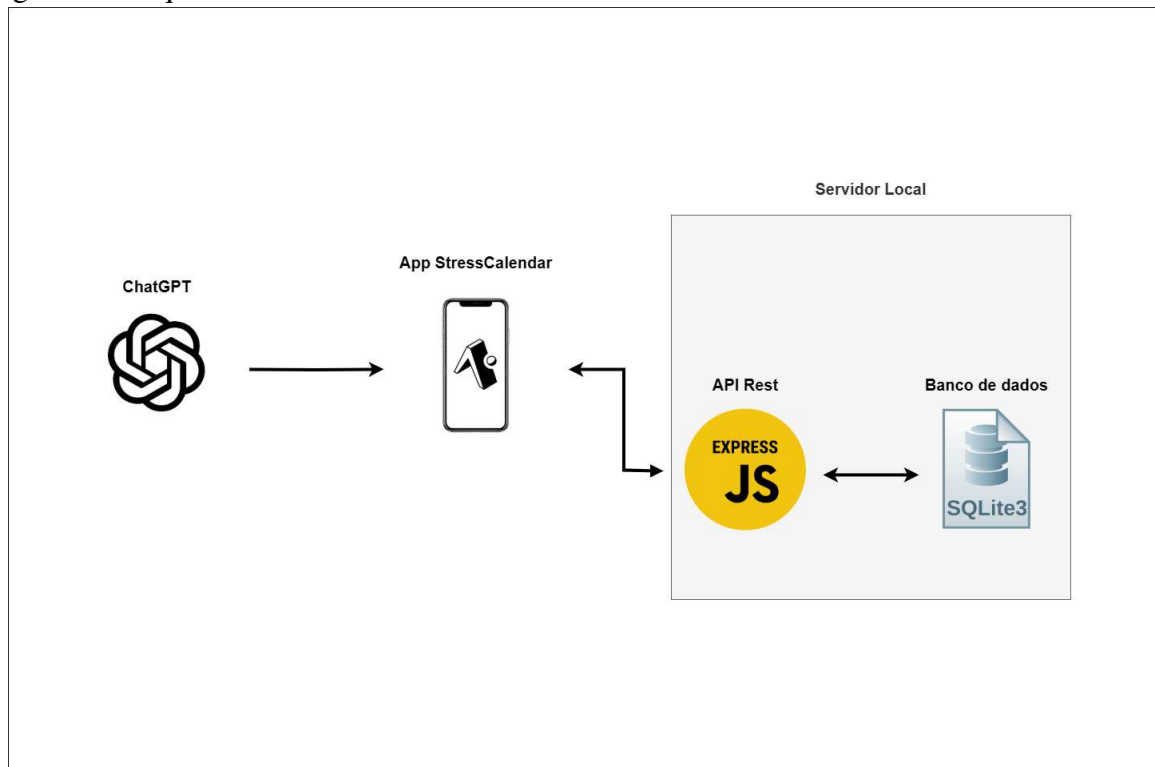
O desenvolvimento do *StressCalendar* foi iniciado com a implementação em múltiplos dispositivos, celular e relógio inteligente, utilizando diferentes tecnologias e *frameworks* para concretizar a solução proposta.

4.1 Pilha de Software

O desenvolvimento deste projeto envolveu o uso de diversas tecnologias que facilitaram a construção da aplicação, desde a interface do usuário até o *backend* e a comunicação com os *smartwatches*. As principais ferramentas utilizadas foram o *Android Studio*, os *frameworks* *Expo*, *Express*, cada uma desempenhando um papel fundamental na implementação do sistema.

Além disso, em razão de limitações do dispositivo disponível para o desenvolvimento deste projeto, não foi possível seguir o esquema proposto, sendo esses contratempos explicados nas seções seguintes, o que exigiu a simulação dos dados de entrada. O esquema geral exibido na Figura 4 apresenta o esquema geral adotado, no qual são especificadas as tecnologias utilizadas.

Figura 4 – Esquema do *StressCalendar*



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

4.1.1 *Android Studio*

O *Android Studio* é o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) oficial para a criação de aplicativos *Android*, baseado na plataforma *IntelliJ IDEA*. Lançado pela *Google* em 2013, ele fornece um conjunto de ferramentas avançadas que permitem o desenvolvimento eficiente de aplicativos para dispositivos móveis com sistema operacional *Android*.

Em 2014, foi lançada a primeira versão do *Android Wear Software Development Kit* (SDK), possibilitando o desenvolvimento de aplicações para *smartwatches* e a integração com sensores embutidos. Em 2018, o *Android Wear* foi renomeado para *Wear OS*, consolidando-se como a plataforma oficial para dispositivos vestíveis baseados em *Android*. Posteriormente, em 2021, o *Google* anunciou uma parceria estratégica com a *Samsung* para unificar o sistema operacional dos dispositivos vestíveis da empresa sob a plataforma *Wear OS*, tornando o *Android Studio* a principal ferramenta para o desenvolvimento de aplicativos para esses dispositivos.

No contexto deste trabalho, o *Android Studio* foi utilizado para a construção do aplicativo para o relógio, com a linguagem de programação *Kotlin*, sendo responsável pela comunicação com os dados gerados pelos *smartwatches*, realizando a captura, armazenamento e exibição desses dados de forma integrada com o auxílio do *framework Jetpack Compose*.

4.1.2 *Expo*

O *Expo* é um *framework* baseado em *React Native* que simplifica e acelera o desenvolvimento de aplicativos móveis. Com uma configuração inicial rápida e uma ampla biblioteca de APIs, o *Expo* permite criar aplicativos sem necessidade de lidar diretamente com configurações nativas complexas, tornando o desenvolvimento mais ágil e acessível.

Entre suas principais funcionalidades, destaca-se o uso do aplicativo *Expo Go*, que possibilita testes em dispositivos reais sem a necessidade de compilar o aplicativo manualmente.

No contexto deste trabalho, o *Expo* foi utilizado para a construção da parte visual do aplicativo móvel devido à sua facilidade de uso e compatibilidade com múltiplas plataformas, por meio da linguagem de programação *JavaScript* e de bibliotecas como *react-navigation* e *react-native-calendars*.

Essa abordagem facilitou o desenvolvimento iterativo e a rápida adaptação do aplicativo às necessidades específicas do projeto, garantindo uma experiência consistente em diferentes dispositivos.

4.1.3 Express

O *Express* é um *framework* web minimalista para *Node.js*, amplamente utilizado no desenvolvimento de APIs *RESTful*. Ele fornece um conjunto essencial de funcionalidades para a criação de servidores HTTP, gerenciamento de rotas e manipulação de requisições e respostas, tornando-se uma ferramenta popular para o desenvolvimento de *backends* escaláveis e eficientes.

No projeto, o *Express* foi utilizado para a criação do servidor que gerencia as informações recebidas pelo aplicativo móvel, criando rotas para as requisições ao banco de dados e garantindo uma transferência segura e organizada das informações capturadas.

4.2 Captura de dados

Para a obtenção dos dados, foi utilizado um *smartwatch* da *Samsung*, o modelo *Galaxy Watch5 Pro*, com a versão do sistema operacional *Wear OS 5.0*, e a versão sem suporte para Módulo Incorporado de Identidade do Assinante (eSIM).

Como abordado anteriormente, utilizou-se a linguagem de programação *Kotlin*, para criar uma aplicação para obtenção dos dados de saúde, mais especificamente, para obter a frequência cardíaca e a HRV. Entretanto, só foi possível obter o primeiro item, em razão de limitações do dispositivo que não disponibilizava as medidas necessárias.

Ademais, visando contornar o problema, realizou-se a tentativa de obter outras variáveis que poderiam ser utilizadas para reconhecimento do estresse, como o Volume de Oxigênio (VO₂) ou GSR. Tais dados, por sua vez, só conseguiam ser medidos pelo aparelho durante o sono, impossibilitando a utilização de seus valores para a finalidade do projeto.

Além disso, por mais que o relógio apresentasse uma medição do estresse, não foi encontrado, em nenhuma documentação, informações de como tal valor foi obtido, ou ainda, a possibilidade de se utilizar desse resultado já processado em ambiente de desenvolvimento.

Desse modo, somente foram utilizados dados de frequência cardíaca padrão, conforme o exemplo apresentado na interface do aplicativo na Figura 5, uma vez que esses dados, isoladamente, não fornecem informações suficientes para a aferição precisa do grau de estresse.

4.3 Simulação

Diante do contratempo encontrado, foi realizada uma simulação para obter valores de estresse que, inicialmente, seriam adquiridos automaticamente pelo *smartwatch*.

Figura 5 – Medição de Batimentos Cardíacos por Minutos



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Para isso, utilizou-se um *chatbot* com inteligência artificial, o *ChatGPT*, para auxiliar na geração dos dados. Primeiramente, foram descritos os cenários desejados, detalhando os limites necessários para a simulação. Em seguida, considerou-se como se os dados capturados pelo relógio já tivessem sido calculados, ou seja, valores com o grau de estresse já aferido.

Especificamente, solicitou-se a criação de dados para duas personas: uma representando um jovem saudável, sem condições médicas que afetassem sua saúde, e outra representando um homem adulto, pai, com histórico de estresse elevado. Ademais, estabeleceu-se o mesmo período de dias para ambas as situações.

O primeiro cenário definido envolvia um estudante universitário durante uma semana de provas, com uma avaliação agendada para uma data específica. O intervalo de medições foi estabelecido para abranger um dia antes e um dia depois da prova.

Já o segundo cenário abrangia um pai com histórico de estresse elevado, cuidando sozinho de seus dois filhos durante a semana, ao mesmo tempo que trabalhava e resolvia imprevistos cotidianos.

Além disso, indicou-se a necessidade de considerar eventos aleatórios que pudessem influenciar a medição do estresse. Foram fornecidos exemplos, como períodos de estudo, perda de transporte público ou conflitos familiares, para tornar os dados mais realistas.

A geração dos valores seguiu o intervalo adotado pela aplicação móvel, variando de 0 a 4, e cada medição foi associada a uma data e a um horário específicos.

Por fim, os dados obtidos foram inseridos na aplicação *StressCalendar* e exibidos

por meio de um gráfico, demonstrando como, em um cenário ideal, a integração com o projeto poderia ocorrer de maneira eficiente.

4.4 Ferramenta para registro de eventos

Para a ferramenta de registro de eventos, foi desenvolvida uma aplicação móvel por meio do *Expo*, utilizando o *framework React Native*. A aplicação foi projetada para permitir que o usuário registre manualmente eventos e situações que possam estar relacionadas ao estresse, como atividades realizadas, momentos de descanso, picos de carga emocional, entre outros.

Adicionalmente, foram integradas funcionalidades para a organização dos eventos registrados, como categorias pré-definidas (por exemplo: trabalho, saúde, lazer e outro) e a possibilidade de adicionar notas descritivas, tornando o registro mais rico em detalhes. Os dados inseridos pelo usuário são armazenados localmente no dispositivo móvel e enviados para a API desenvolvida com o *Express*, garantindo a sincronização e a persistência das informações no banco de dados *SQLite*.

No momento da criação de uma anotação, o usuário pode inserir manualmente um valor de estresse, definido em um intervalo de 0 a 4, no qual cada valor é associado a uma cor seguindo uma escala de verde a vermelho, permitindo uma representação visual clara. Dessa forma, o usuário consegue ter uma noção visual dos registros passados e compreender melhor a frequência de determinados picos de estresse. Esse valor manual foi definido com o objetivo de ser comparado aos valores medidos pelo relógio, possibilitando uma análise de precisão na captura dos dados.

Ademais, foi incluído um parâmetro de tempo, como horário de início e fim, permitindo um registro mais preciso e facilitando a identificação de padrões de repetição de estressores em horários específicos ou em determinados dias da semana.

Para incentivar o uso contínuo da aplicação e garantir um volume consistente de dados para análise, foi implementado um sistema de notificação diária. Essa funcionalidade envia um lembrete ao usuário para registrar seus eventos e o nível de estresse percebido ao final do dia. Esse reforço proativo não apenas auxilia na formação do hábito de registro, mas também assegura que a base de dados contenha informações suficientes para identificar padrões recorrentes e investigar as causas subjacentes ao estresse de maneira mais precisa.

Essa abordagem permite que os eventos registrados sejam comparados com as variáveis fisiológicas obtidas pelo *smartwatch*, proporcionando uma base de dados mais robusta

para a investigação das possíveis causas do estresse. Apesar das limitações encontradas na obtenção de certos parâmetros fisiológicos, o registro manual de eventos complementa a análise, oferecendo informações contextuais valiosas para o projeto.

5 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos com a implementação do *StressCalendar*, incluindo as funcionalidades desenvolvidas e a simulação realizada. O objetivo é demonstrar como a ferramenta permite o registro e análise de eventos estressores ao longo do tempo, auxiliando na identificação de padrões e na correlação entre medições fisiológicas e eventos cotidianos.

5.1 Interface e Funcionalidades da Aplicação

A aplicação *StressCalendar* foi desenvolvida para proporcionar uma experiência intuitiva e visualmente clara para o usuário. Como mostrado na Figura 6, a tela principal da aplicação apresenta um calendário, onde cada data pode conter indicadores que representam eventos registrados pelo usuário. Esses pontos sinalizam a ocorrência de anotações, permitindo uma rápida identificação do maior nível de estresse para cada data e também, possibilitando verificar se em um determinado dia da semana, existe a repetição de um nível de estresse.

Figura 6 – Tela principal do *StressCalendar*



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

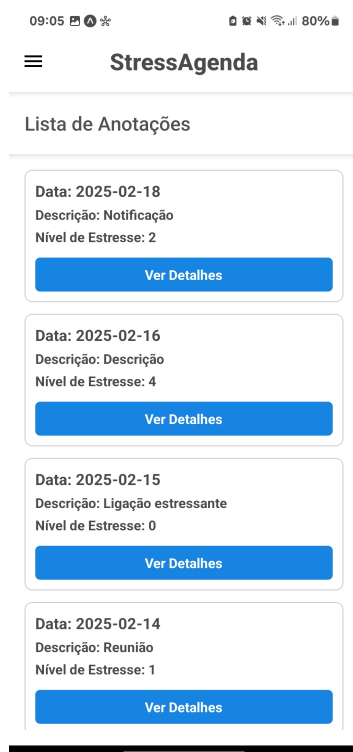
Para cada dia, o usuário pode acessar uma lista detalhada com os eventos registrados,

conforme exemplificado na Figura 6. Nessa listagem, cada anotação é representada pela cor do grau de estresse, juntamente com a indicação numérica desta. Além disso, é apresentada a provável causa, o intervalo temporal em que está inclusa e uma breve descrição da situação.

Ademais, existe também a possibilidade de alteração de algum parâmetro, caso ocorra algum erro na criação, ou até mesmo a exclusão do registro realizado.

É disponibilizada também uma tela específica para visualização de todas as anotações, apresentada nas Figuras 7 e 8, sendo essas organizadas cronologicamente, exibindo informações como o nível de estresse atribuído pelo usuário e uma breve descrição, permitindo a expansão para visualização total das informações associadas. Essa funcionalidade possibilita a análise retrospectiva dos estressores e sua recorrência ao longo do tempo.

Figura 7 – Tela de listagem de anotações registradas



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 8 – Tela de detalhes da anotação registrada



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A funcionalidade de criação de anotações, apresentada na Figura 9, permite ao usuário inserir manualmente eventos relevantes para sua rotina, associando-os a um nível de estresse de 0 a 4. Além disso, pode-se definir o horário de início e fim do evento, bem como adicionar observações detalhadas. Essa abordagem busca complementar os dados fisiológicos, fornecendo um contexto mais rico para a análise do estresse e auxiliando na investigação dos estressores.

Figura 9 – Tela de criação de anotação

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

5.2 Análise de Dados e Visualização Gráfica

Além da interface para registro de eventos, a aplicação incorpora funcionalidades para a visualização gráfica das anotações, permitindo ao usuário identificar padrões e tendências relacionadas ao estresse.

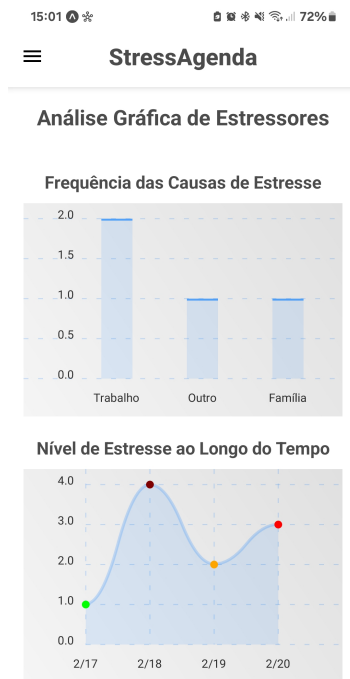
Apresentando gráficos para os dois cenários abordados anteriormente na explicação da simulação, o de um jovem universitário em semana de prova, e um pai tendo que cuidar de dois filhos sozinho, enquanto trabalha.

Para o primeiro contexto, na figura 10, observam-se dois gráficos gerados a partir das anotações registradas pelo usuário. Sendo a primeira, para exibir a frequência das causas selecionadas, permitindo ao usuário avaliar os tópicos que mais estão influenciando nessa perturbação emocional. Enquanto a segunda visualização apresenta a variação dos níveis de estresse ao longo do tempo, possibilitando a análise de períodos com maior incidência de eventos estressores. Assim, a representação gráfica facilita a percepção de padrões recorrentes e auxilia o usuário na adoção de estratégias para mitigar situações de estresse.

Além da análise baseada em registros manuais, foi realizada uma apresentação das simulações citadas anteriormente, em que o comportamento do estresse em um cenário específico

foi analisado. A Figura 11 ilustra um gráfico contendo os valores simulados para um estudante universitário durante um período de provas. Esse experimento permitiu testar a capacidade da aplicação de armazenar e visualizar dados em diferentes contextos, e permitir observar como seria a integração de uma aplicação do *smartwatch*.

Figura 10 – Gráfico de análise eventos registrados no cenário 1



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 11 – Gráfico da simulação de estresse no cenário 1

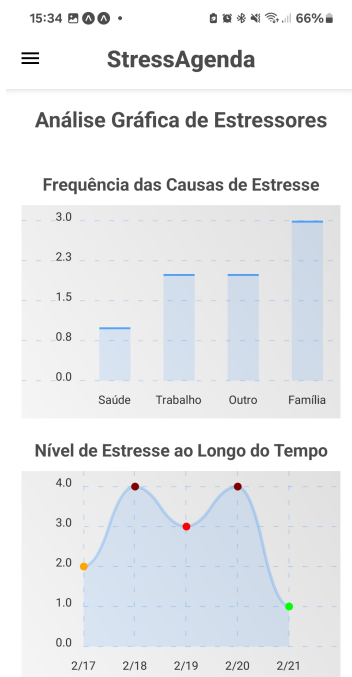


Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Enquanto, nas figuras 12 e 13, são apresentados os gráficos criados para o segundo cenário estabelecido, permitindo uma visualização para diferentes cenários, o que permite compreender a aplicação funcionando para usuários variados.

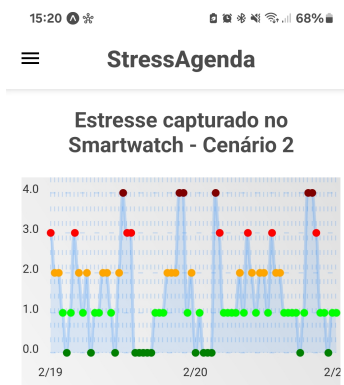
Para reforçar o uso contínuo da aplicação e garantir a consistência das informações registradas, foi implementada uma funcionalidade de notificação diária. Essa notificação, ilustrada na Figura 14, é enviada ao usuário em um horário predefinido, lembrando-o de registrar eventos e o nível de estresse percebido ao longo do dia. Essa abordagem visa aumentar a frequência de uso da aplicação, assegurando que a base de dados contenha informações suficientes para identificar padrões recorrentes e investigar as causas do estresse de maneira mais eficaz.

Figura 12 – Gráfico de análise eventos registrados no cenário 2



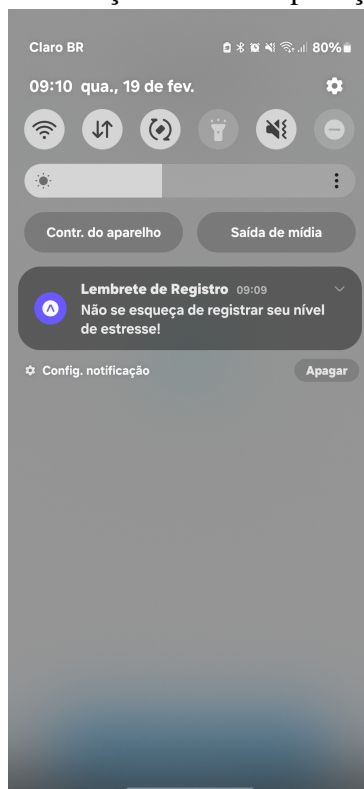
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 13 – Gráfico da simulação de estresse no cenário 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 14 – Notificação diária para reforço do uso da aplicação



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

5.3 Considerações finais

A implementação do *StressCalendar* demonstrou que a ferramenta é funcional para o registro e análise de eventos estressores, permitindo ao usuário identificar padrões em sua rotina. Apesar das limitações encontradas na captura automática de variáveis como HRV, o registro manual de eventos e a visualização gráfica das informações forneceram um meio eficiente para monitoramento do estresse e investigação das possíveis causas.

Todavia, a impossibilidade de obter diretamente a métrica de estresse calculada pelo *smartwatch* da *Samsung* evidenciou que o projeto ainda pode ser expandido com futuras melhorias. Desse modo, no capítulo seguinte são apresentadas as conclusões do trabalho e as sugestões de melhorias futuras.

O código-fonte do *StressCalendar*, incluindo as implementações do aplicativo móvel, *backend* e os dados simulados, está disponível publicamente no repositório GitHub, acessível pelo site.¹

¹ <https://github.com/YagoOliveira852/StressCalendar>

6 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho propôs e desenvolveu o *StressCalendar*, uma aplicação voltada para a aferição e investigação das causas do estresse por meio de *smartwatches*, integrando a captura de dados fisiológicos com o registro manual de eventos diários. A aplicação foi projetada para permitir que os usuários identifiquem padrões e estressores recorrentes em sua rotina, correlacionando medições fisiológicas com anotações contextuais.

Ademais, foi implementada uma simulação de dados de estresse, possibilitando a validação das funcionalidades da aplicação e a visualização de como a integração entre medições fisiológicas e eventos registrados poderia ocorrer em um cenário ideal.

Os resultados obtidos sugerem que o *StressCalendar* é funcional para o registro e análise de eventos estressores, permitindo ao usuário identificar padrões em sua rotina. A interface gráfica, as funcionalidades de categorização e o sistema de escalas de estresse de 0 a 4 facilitaram a compreensão das ocorrências e a identificação de momentos críticos. A análise gráfica dos dados registrados mostrou-se eficaz na visualização de tendências e na identificação de possíveis gatilhos para o estresse.

Apesar das limitações enfrentadas, a aplicação atingiu seu objetivo principal ao proporcionar uma ferramenta prática para o monitoramento do estresse, complementando as medições fisiológicas com informações contextuais. A combinação de dados automáticos e registros manuais mostrou-se uma abordagem promissora para uma compreensão mais ampla das causas do estresse.

6.1 Trabalhos Futuros

Embora o *StressCalendar* tenha alcançado resultados satisfatórios, algumas melhorias podem ser implementadas em trabalhos futuros para ampliar sua eficácia e aplicabilidade:

- **Dispositivos avançados:** Implementar uma aplicação para coletar os dados fisiológicos em dispositivos que disponibilizem os dados de saúde necessário para aferir o estresse, garantindo a automação do processo.
- **Automatização da correlação de dados:** Implementar algoritmos de aprendizado de máquina para correlacionar automaticamente os picos de estresse com eventos registrados, reduzindo a dependência da análise manual pelo usuário.
- **Alertas em tempo real:** Adicionar alertas personalizados para informar o usuário sobre

aumentos significativos nos níveis de estresse, sugerindo ações preventivas, como pausas para descanso ou práticas de respiração.

- **Estudos de caso e validação clínica:** Conduzir estudos com usuários reais em diferentes cenários para validar a eficácia do *StressCalendar* na identificação de estressores e na promoção de estratégias para o gerenciamento do estresse.

Essas melhorias podem ampliar o impacto do projeto, tornando-o ainda mais robusto e aplicável em contextos diversos, como ambientes de trabalho, instituições de ensino e práticas de saúde. Dessa forma, o *StressCalendar* pode evoluir para uma plataforma mais completa e eficiente na promoção do bem-estar por meio do monitoramento personalizado do estresse.

REFERÊNCIAS

- ATHAVALA, Y.; KRISHNAN, S. Biosignal monitoring using wearables: Observations and opportunities. **Biomedical Signal Processing and Control**, v. 38, p. 22–33, 2017. ISSN 1746-8094. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1746809417300617>>.
- COHEN, S.; KESSLER, R. C.; GORDON, U. L. Strategies for measuring stress in studies of psychiatric and physical disorder. In: COHEN, S.; KESSLER, R. C.; GORDON, U. L. (Ed.). **Measuring Stress: A Guide for Health and Social Scientists**. New York, NY: Oxford University Press, 1995. p. 3–26.
- DALMEIDA, K. M.; MASALA, G. L. Hrv features as viable physiological markers for stress detection using wearable devices. **Sensors**, v. 21, n. 8, 2021. ISSN 1424-8220. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/21/8/2873>>.
- ELECTROPHYSIOLOGY, T. F. of the European Society of Cardiology the North American Society of P. Heart rate variability. **Circulation**, v. 93, n. 5, p. 1043–1065, 1996. Disponível em: <<https://www.ahajournals.org/doi/abs/10.1161/01.CIR.93.5.1043>>.
- GIANNAKAKIS, G.; MARIAS, K.; TSIKNAKIS, M. A stress recognition system using hrv parameters and machine learning techniques. In: **2019 8th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction Workshops and Demos (ACIIW)**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 269–272.
- HACKETT, R.; STEPTOE, A. Type 2 diabetes mellitus and psychological stress — a modifiable risk factor. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 13, p. 547–560, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nrendo.2017.64>>.
- HELLER, E. **A psicologia das cores: como as cores afetam a emoção e a razão**. [S.l.]: Editora Olhares, 2022.
- JOSHI, A.; KALE, S.; CHANDEL, S.; PAL, D. K. Likert scale: Explored and explained. **British journal of applied science & technology**, Sciencedomain International, v. 7, n. 4, p. 396, 2015.
- LECAVALIER, L.; LEONE, S.; WILTZ, J. The impact of behaviour problems on caregiver stress in young people with autism spectrum disorders. **Journal of Intellectual Disability Research**, v. 50, n. 3, p. 172–183, 2006. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2788.2005.00732.x>>.
- LEE, S.; HWANG, H. B.; PARK, S.; KIM, S.; HA, J. H.; JANG, Y.; HWANG, S.; PARK, H.-K.; LEE, J.; KIM, I. Y. Mental stress assessment using ultra short term hrv analysis based on non-linear method. **Biosensors**, v. 12, n. 7, 2022. ISSN 2079-6374. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2079-6374/12/7/465>>.
- MADSEN, I. E. H.; NYBERG, S. T.; HANSON, L. L. M.; FERRIE, J. E.; AHOLA, K.; ALFREDSSON, L.; BATTY, G. D.; BJORNER, J. B.; BORRITZ, M.; BURR, H.; AL. et. Job strain as a risk factor for clinical depression: systematic review and meta-analysis with additional individual participant data. **Psychological Medicine**, v. 47, n. 8, p. 1342–1356, 2017.
- SARA, J. D. S.; TOYA, T.; AHMAD, A.; CLARK, M. M.; GILLIAM, W. P.; LERMAN, L. O.; LERMAN, A. Mental stress and its effects on vascular health. **Mayo**

Clinic Proceedings, v. 97, n. 5, p. 951–990, 2022. ISSN 0025-6196. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025619622001045>>.

SELYE, H. A syndrome produced by diverse nocuous agents. **Nature**, v. 138, n. 3479, p. 32–32, 1936.

SIIRTOLA, P. Continuous stress detection using the sensors of commercial smartwatch. In: **Adjunct Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. (UbiComp/ISWC '19 Adjunct), p. 1198–1201. ISBN 9781450368698. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3341162.3344831>>.

Taelman, J.; Vandeput, S.; Spaepen, A.; Huffel, S. V. Influence of mental stress on heart rate and heart rate variability. In: Sloten, J. V.; Verdonck, P.; Nyssen, M.; Haueisen, J. (Ed.). **4th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. p. 1366–1369. ISBN 978-3-540-89208-3.

The, A. F.; Reijmerink, I.; Laan, M. van der *et al.* Heart rate variability as a measure of mental stress in surgery: a systematic review. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 93, p. 805–821, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00420-020-01525-6>>.